

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Уфимский государственный авиационный технический университет»

# МАВЛЮТОВСКИЕ ЧТЕНИЯ

*XVI Всероссийская молодежная научная конференция*

Том 5



Уфа 2022

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Уфимский государственный авиационный технический университет»

# **МАВЛЮТОВСКИЕ ЧТЕНИЯ**

*XVI Всероссийская молодежная научная конференция*

Том 5

Научное электронное издание сетевого доступа

© УГАТУ  
**ISBN 978-5-4221-1643-0**  
**ISBN 978-5-4221-1648-5 (Т. 5)**

Уфа 2022

Мавлютовские чтения : материалы XVI Всероссийской молодежной научной конференции : в 6 томах [Электронный ресурс] / Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. – Уфа : УГАТУ, 2022.

Том 5. Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. – URL: [https://www.ugatu.su/media/uploads/MainSite/Ob%20universitete/Izdateli/El\\_izd/2022-203.pdf](https://www.ugatu.su/media/uploads/MainSite/Ob%20universitete/Izdateli/El_izd/2022-203.pdf)

Содержатся статьи, включенные в программу XVI Всероссийской молодежной научной конференции, состоявшейся в УГАТУ 25–27 октября 2022 г.

### **Организационный комитет конференции:**

#### **Председатель оргкомитета:**

Новиков С. В. – ректор ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет» (УГАТУ), канд. экон. наук, доцент (г. Уфа, Россия).

#### **Зам. председателя оргкомитета:**

Еникеев Р. Д. – первый проректор по науке УГАТУ, д-р техн. наук, профессор (г. Уфа, Россия);

Агеев Г. К. – проректор по инновационной деятельности УГАТУ, канд. техн. наук, доцент (г. Уфа, Россия).

#### **Члены оргкомитета:**

Вдовина И. В. – и. о. декана ФЗЧС, канд. хим. наук, доцент (г. Уфа, Россия);

Ахмедзянов Д. А. – декан ФАДЭТ, д-р техн. наук, профессор (г. Уфа, Россия);

Ларцева С. А. – директор ИНЭК, канд. экон. наук, доцент (г. Уфа, Россия);

Хусаинов Ю. Г. – директор ИАТМ, канд. техн. наук, доцент (г. Уфа, Россия);

Уразбахтина Ю. О. – декан АВИАЭТ, канд. техн. наук, доцент (г. Уфа, Россия);

Ковтуненко А. С. – и. о. декана ФИРТ, канд. техн. наук, доцент (г. Уфа, Россия);

Разяпов Т. В. – начальник отдела проектных инициатив (г. Уфа, Россия);

Бикбулатова О. Ф. – начальник УИТ (г. Уфа, Россия).

#### **Отв. секретарь оргкомитета:**

Никонова А. И. – аналитик отдела проектных инициатив (г. Уфа, Россия).

При подготовке электронного издания использовались следующие программные средства:

- Adobe Acrobat – текстовый редактор;
- Microsoft Word – текстовый редактор.

*Материалы публикуются в авторской редакции*

Ответственный за выпуск *Т. В. Разяпов*

Предпечатная подготовка *Л. А. Вяземская*

Программирование и компьютерный дизайн *О. М. Толкачёва*

*Все права защищены. Книга или любая ее часть не может быть скопирована, воспроизведена в электронной или механической форме, в виде фотокопии, записи в память ЭВМ, репродукции или каким-либо иным способом, а также использована в любой информационной системе без получения разрешения от издателя. Копирование, воспроизведение и иное использование книги или ее части без согласия издателя является незаконным и влечет уголовную, административную и гражданскую ответственность.*

Подписано к использованию: 20.10.2022

Объем: 34,0 Мб.

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет»

450008, Уфа, ул. К. Маркса, 12.

Тел.: +7-908-35-05-007

e-mail: rik@ugatu.su

**СЕКЦИЯ 5.1**  
**АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ**  
**ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ**

УДК 004.41

Е. В. АЛЕКСАНДРОВА

*aleksandrovaekaterina19@gmail.com*

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. Ф. И. ЭМИНОВ

*Казанский национальный исследовательский технический университет  
им. А. Н. Туполева*

**АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ  
УЩЕЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ**

*Аннотация.* В статье рассматривается результат проектирования информационной системы для сотрудников электроэнергетической компании, позволяющей выявлять коммерческие потери электроэнергии точек учета энергопотребления, представлена модель поведения процессов системы, определены математические задачи и методы их решения, приведена логическая модель базы данных.

*Ключевые слова:* информационная система, потери электроэнергии.

***Введение***

Главными финансовыми потерями в сфере энергетики являются потери при передаче и распределении электричества в сетях. Несмотря на то, что наличие таких потерь считается показателем исправного функционирования электросетей, их увеличение говорит о возникновении проблем, требующих безотлагательного решения.

Разработка и успешное осуществление мероприятий по снижению потерь электроэнергии не возможны без детального рассмотрения всех составляющих потерь и факторов их возникновения. Возникает необходимость проектирования информационной системы для отдела анализа потерь электроэнергии предприятия энергоснабжения, с помощью которой будет осуществляться выявление отклонений показателей энергопотребления точек учета и построение маршрута их обхода сотрудниками ремонтной службы [1].

К недостаткам работы отдела учета электроэнергии без использования данной информационной системы в бизнес-процессах предприятия можно от-

нести некорректные результаты ручного расчета разницы показателей и неравномерную нагрузку ремонтной службы в случае нахождения нерационального маршрута обхода [2]. Цель разработки информационной системы - повышение прибыли компании за счет своевременного определения потерь электроэнергии и рациональной организации работы ремонтной бригады.

### ***Бизнес-процесс системы***

Проектирование функциональных моделей было произведено на основе стандарта IDEF0 [3,4].

Задача предотвращения хищения электроэнергии включает 5 этапов: расчет нормы потребления электроэнергии, расчет потребления электроэнергии, сравнение полученных результатов с нормой, определение координат трансформаторных подстанций, составление маршрута обхода.

Модель поведения представлена на рисунке 1.

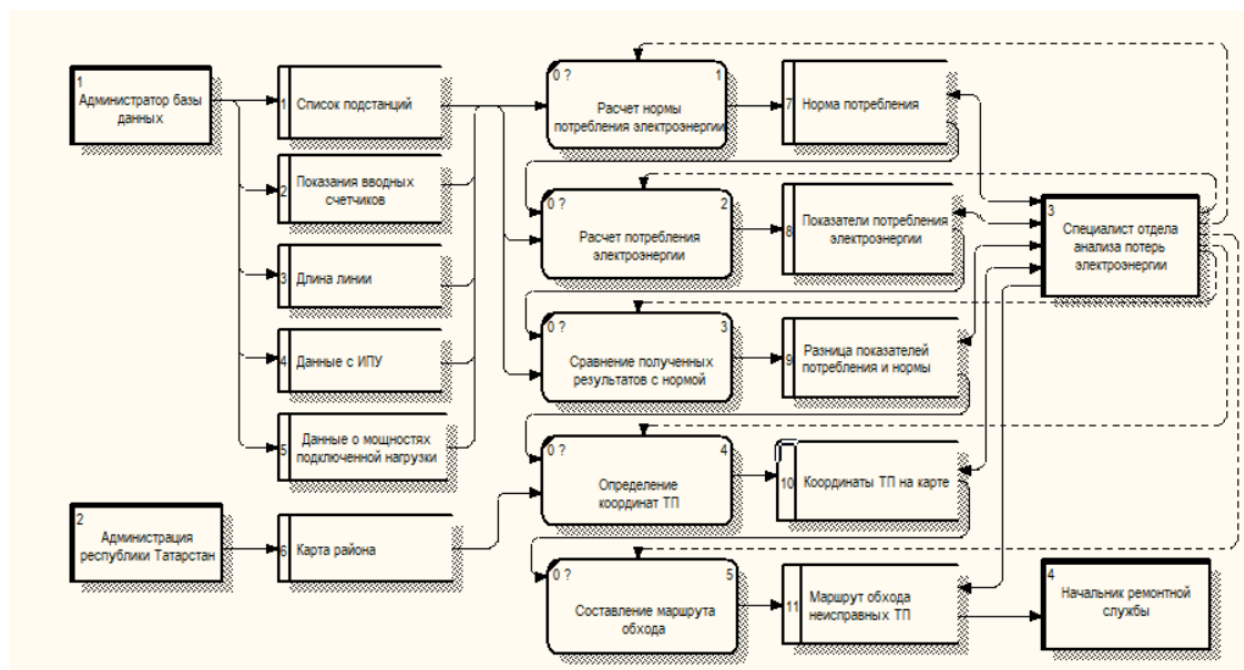


Рис. 1. Модель поведения

К основным задачам математического обеспечения ИС «Аналитическая система предотвращения хищения электроэнергии» можно отнести:

- Определение точек учета с отклонениями показателей энергопотребления;
- Построение маршрута обхода точек учета с отклонениями энергопотребления.

**Метод решения задачи определения точек учета с отклонениями показателей энергопотребления**

Необходимо определить точки учета с наибольшей величиной коммерческих потерь электроэнергии. Для решения задачи требуется определить технические потери участка сети и вычесть их величину из разницы между принятой и отданной в сеть электроэнергией (значения небаланса электроэнергии).

Таблица 1

Обозначения задачи 1

Обозначение	Название	Диапазон значений переменной	Единица измерения
$W_{\text{пс}}$	Электроэнергия, принятая абонентом за день	$0 \leq W_{\text{пс}}$	кВт/ч
$W_{\text{отп}}$	Энергия, отпущенная абонентом и подключенным оборудованием	$0 \leq W_{\text{отп}}$	кВт/ч
$K_3$	Коэффициент заполнения графика нагрузок (при отсутствии данных принимается равным 0,3)	$0 < K_3$	Число
$K_{\phi}^2$	Коэффициент формы графика нагрузки $K_{\phi}^2 = \frac{(1 + 2K_3)}{3K_3}$	$0 < K_{\phi}^2$	число
$K_L$	Коэффициент распределения нагрузки по линии	0-1	число
L	Длина линии	$0 < L$	км
$\text{tg}\varphi$	Коэффициент реактивной мощности	$-\infty < \text{tg}\varphi < +\infty$	число
N	Период	$0 < N$	дни

Расчет технических потерь электроэнергии по суммарной длине линии:

$$\Delta W_{\text{тп}} = \frac{9,3 * W_{\text{пс}}^2 * (1 + \text{tg}^2 \varphi) * K_{\phi}^2 * K_L * L}{N * F}$$

Величина, составляющая коммерческие потери от объема общих потерь (небаланса):

$$\Delta W_{\text{кп}} = (W_{\text{пс}} - W_{\text{отп}}) - \Delta W_{\text{тп}}.$$

Доля полученного значения от результата разницы между показателями принятой и отданной в сеть электроэнергии (небалансом) и будет являться значением, по которому будут определяться точки с наибольшей величиной коммерческих потерь.

### ***Метод решения задачи построения маршрута обхода точек учета с отклонениями показателей энергопотребления***

Необходимо спланировать маршрут обхода точек учета электроэнергии с отклонениями (определить последовательность для их обхода ремонтной службой). Задача прокладывания маршрута через несколько пунктов назначения с указанными на входе начальными и конечными пунктами в сущности является классической задачей коммивояжера.

Исходной информацией является список точек учета с отклонениями, карта района.

1) Условия и ограничения задачи.

1.1) Ремонтная служба с каждой точки учета выезжает только один раз:

$$\sum_{i=1}^N x_{ij} = 1,$$

где  $x_{ij}$  – матрица переходов с компонентами:

–  $x_{ij} = 1$ , если маршрут включает переезд с адреса одной точки  $i$  непосредственно на адрес другой точки  $j$ ;

–  $x_{ij} = 0$ , в противном случае;

–  $N$  – число подстанций.

1.2) Ремонтная служба въезжает на каждый пункт только один раз:

$$\sum_{j=1}^N x_{ij} = 1,$$

где  $x_{ij}$  – матрица переходов с компонентами:



–  $x_{ij} = 1$ , если маршрут включает переезд с одного адреса точки  $i$  непосредственно на адрес точки  $j$ ;

–  $x_{ij} = 0$ , в противном случае;

–  $N$  – число подстанций.

1.3) Условие, при котором маршрут каждого коммивояжера замкнут и не содержит внутренних петель:

$$u_i - u_j + N \times x_{ij} \leq N - 1, i, j = \overline{1, N},$$

где  $u_i$  – номер по порядку осмотра точки учета с номером  $(i = \overline{1, N}, u_i = \overline{1, N}, )$ .

2) Целевая функция.

Спланировать маршрут таким образом, чтобы маршрут был наименее затратный с точки зрения расстояния:

$$L(x) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N d_{ij} x_{ij} \rightarrow \min,$$

где  $x_{ij}$  – матрица переходов с компонентами:

–  $x_{ij} = 1$ , если маршрут включает переезд из адреса  $i$  непосредственно в адрес  $j$ ;

–  $x_{ij} = 0$ , в противном случае,

$d_{ij}$ , – длина пути при переезде из адреса  $i$  в  $j$ , где  $i$  – первый адрес точки учета,  $j$  – второй адрес,  $N$  – число точек учета.

### ***Информационное обеспечение автоматизированной системы***

Предварительно были рассмотрены составляющие концептуальной модели: сущности, атрибуты и связи. Далее была проведена нормализация всех отношений к третьей нормальной форме [5]. В результате получили логическую модель базы данных, которая приведена на рисунке 2.

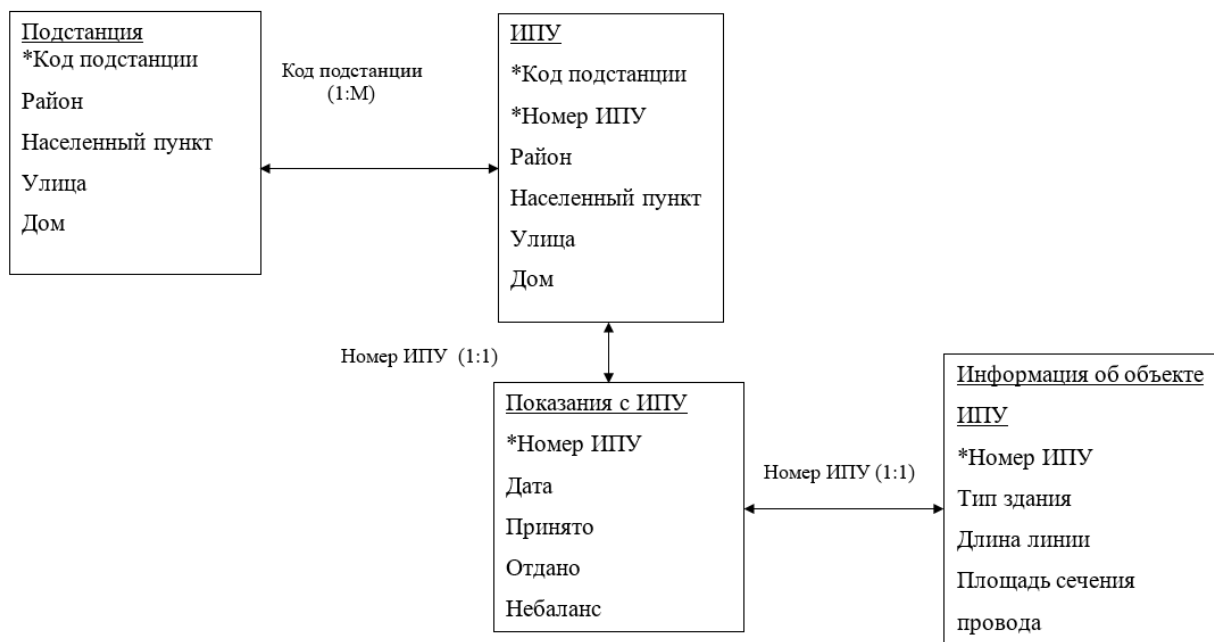


Рис. 2. Логическая модель базы данных

### ***Заключение***

В данной работе был рассмотрен результат проектирования информационной системы электроэнергетической компании для автоматизации процесса выявления потерь электроэнергии, формирования списка точек учета с отклонениями энергопотребления, а также маршрута их объезда ремонтной службой. Проектируемая система позволит повысить прибыль за счет ускорения работы компании и повышения качества обслуживания.

В дальнейшем возможна реализация данной модели путем создания клиент-серверного приложения при помощи реляционной системы управления базами данных.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Железко Ю.С. Расчет, анализ и нормирование потерь электроэнергии в электрических сетях. М.: НУ ЭНАС, 2002. 280 с.
2. Александрова Е.В., Эминов Ф.И. Анализ методов интеграции информационных систем // XXV Туполевские чтения (школа молодых ученых): Международная молодежная научная конференция, 10–11 ноября 2021 года. - Казань: ИП Сагиева А.Р., 2021. - С. 13-18.
3. Эминов Б.Ф., Эминов Ф.И Корпоративные информационные системы. – Казань: КНИТУ-КАИ, 2019. – 144 с.
4. Д.Ю. Киселев, Ю.В. Киселев, А.В. Вавилин Функциональное моделирование на базе стандарта IDEF0. – Самара: СГАУ, 2014. - 20 с.
5. Дейт К., Дж. Введение в системы баз данных. 8-е изд.: Пер. с англ.–М.: Вильямс, 2005. – 1328 с.

Г. С. АЛИБАЕВА, А. С. СКИБИН  
*alibaewagulnaz@yandex.ru, skibin-03@mail.ru*

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. Л. Е. РОДИОНОВА

**Филиал ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет» в г. Кумертау**

## **ЭЛЕКТРОННЫЙ ПОМОЩНИК ВЫБОРА РОССИЙСКОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ**

**Аннотация.** В данной статье рассматривается актуальность создания чат-бота в приложении телеграмм, который моментально предложит альтернативное программное обеспечение. Разработка будет выполнена при помощи языка программирования python. Пользователю будет предложен список из: видеоконференцсвязи, операционных систем, графических редакторов, антивирусных программных обеспечений, а также офисных пакетов.

**Ключевые слова:** чат-бот; программное обеспечение; телеграмм; python.

На сегодняшний день многие люди пользуются чат-ботами, так как они облегчают жизнь и экономят время. Благодаря созданию чат-ботов в Телеграмм и Facebook, их популярность возросла. Сейчас можно найти ботов для любых целей: поиска информации, скачивания всевозможных файлов, изучения иностранных языков и многого другого.

*Чат-бот* подразумевает под собой виртуального собеседника, который автоматически обрабатывает информацию и выдает результат.

*Виды ботов:*

– Чат-боты – это боты, которые имитируют общение в чате, общаясь с пользователем с помощью текста или голоса.

– Боты-информаторы, отправляющие различную информацию в виде публикаций, фотографий и т. П.

– Игровые боты — это боты-игры на платформе телеграмм.

– Боты-ассистенты – виртуальные собеседники, которые решают стандартные задачи, распределяют их и напоминают о запланированных делах [1].

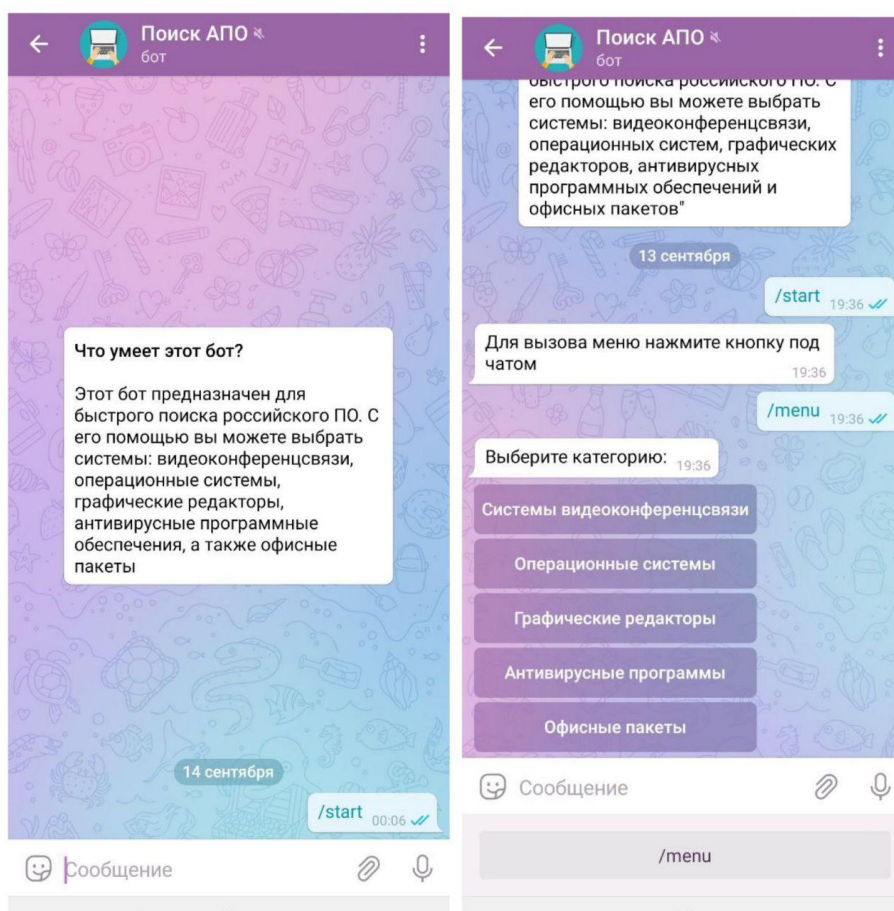
Наш чат-бот «Поиск Альтернативного программного обеспечения» (Поиск АПО) предназначен для быстрого поиска программного обеспечения российского происхождения. Для создания чат бота был использован язык про-

граммирования Python [2], бот написан при помощи асинхронного фреймворка aiogram [3], управление базой данных осуществлено через стандартную библиотеку Python sqlite3.

### ***Алгоритм работы чат-бота «Поиск АПО»***

Перед запуском бота будет выведено краткое описание его функционала (рис. 1(а)). Далее после ввода команды */start* на экране появится сообщение: «Для вызова меню нажмите кнопку под чатом». После нажатия на кнопку */menu* пользователю будет предложен список программ (рис. 1(б)):

- Система видеоконференцсвязи
- Операционные системы
- Графические редакторы
- Антивирусные программные обеспечения
- Офисные программы



*а*

*б*

Рис. 1. Экранная форма:

*а* – краткое описание чат-бота; *б* – список программ

После выбора категории пользователю будет выдан список предлагаемых отечественных программ в виде кнопок (рис. 2(а)), при нажатии на которые, бот перенаправляет пользователя по ссылке (рис. 2(б)) на официальный сайт для скачивания программы.

1. Для систем видеоконференцсвязи:

- Pruffme
- Яндекс телемост
- Звонки ВКонтакте
- TrueConf
- Linkchat
- VideoMost
- Видеозвонки mail.ru
- Webinar meetings

2. Для операционных систем:

- AstraLinux
- AltLinux
- Ред ОС
- Rosa Linux
- Основа
- Ульяновск.bsd

3. Для графических редакторов:

- AliveColors
- Movavi
- SUPA

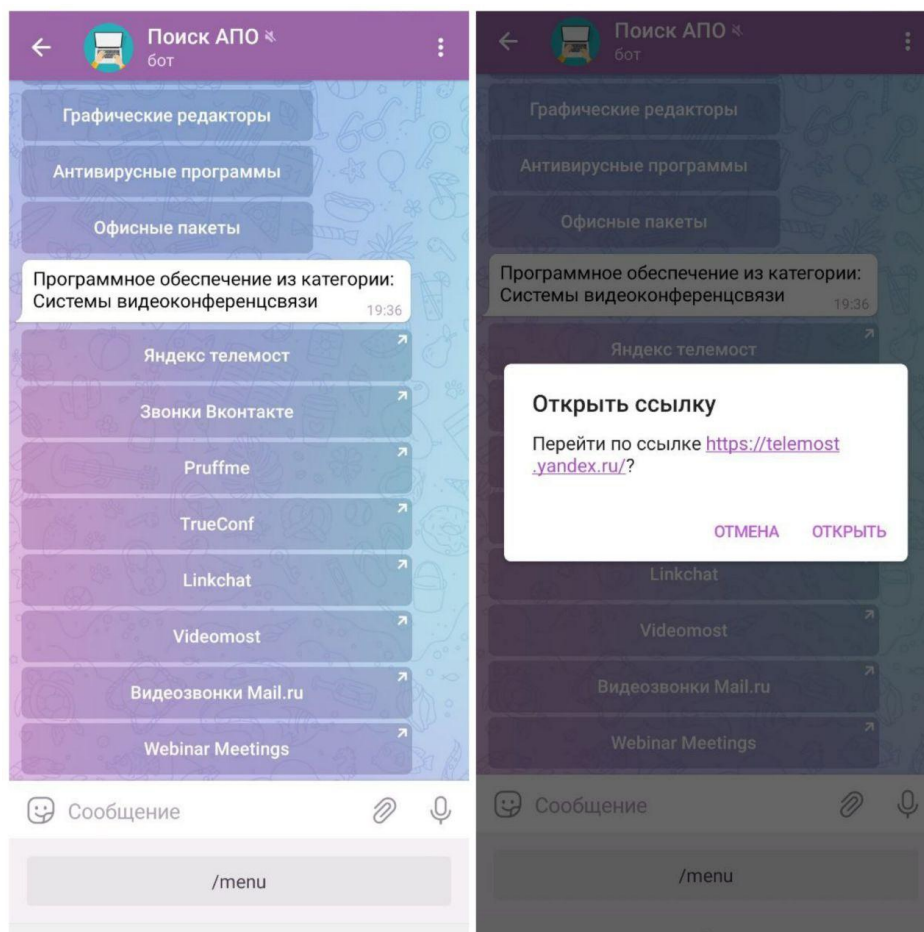
4. Для антивирусных программных обеспечений:

- Dr.Web
- Касперский

5. Для офисных пакетов:

- Мой офис

- P7-Офис
- AlterOffice



а

б

Рис. 2. Экранная форма:  
а – выбранной категории; б – открытие ссылки

Также администратору чат-бота предоставляется дополнительная функция: после ввода команды *!admin* (рис. 3) придет сообщение «Вход в режим редактирования», и пользователь сможет добавлять и удалять программные продукты и их категории в базе данных.

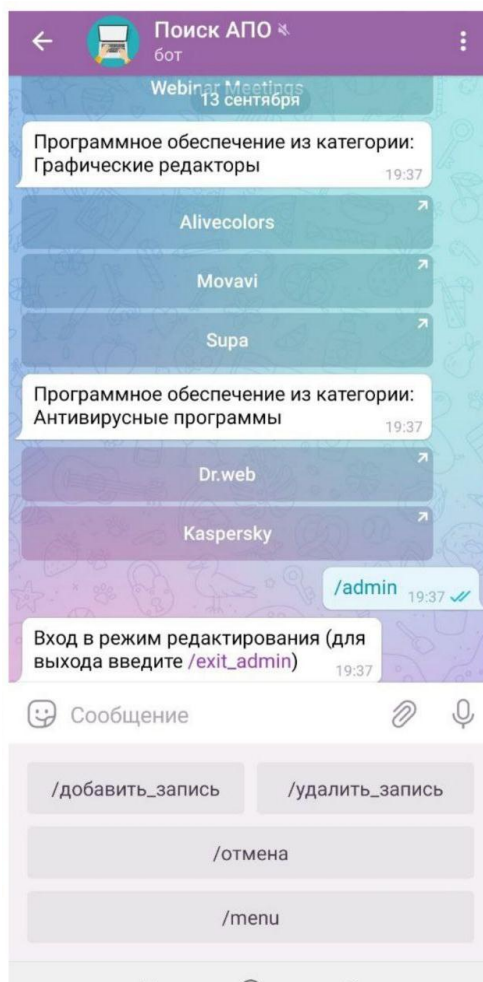


Рис. 3. Экранная форма: режима администратора

В заключение можно сказать, что на сегодняшний день чат-боты остаются актуальными так как с помощью них можно быстро и удобно получить необходимую информацию сэкономив время на поиск.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Боты в Telegram что это такое и как они работают [Электронный ресурс]: официальный сайт – URL: <https://sharkdevelop.com/boty-v-telegram/> (дата обращения: 12.09.2022)
2. Документация Python 3.7.14 [Электронный ресурс]: официальный сайт – URL: <https://docs.python.org/3.7/> (дата обращения: 13.09.2022)
3. Документация aiogram [Электронный ресурс]: официальный сайт – URL: <https://docs.aiogram.dev/en/latest/> (дата обращения: 14.09.2022)

УДК 004.4

Е. С. БОЕВ

*egorletter@gmail.com*

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. К.Э. ФАЙЗРАХМАНОВА

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ PANDAS БИБЛИОТЕКИ PYTHON ДЛЯ АНАЛИЗА БОЛЬШИХ ДАННЫХ ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИНА

**Аннотация.** В статье рассматривается анализ больших данных, при помощи среды разработки Jupyter Notebook и Pandas - библиотеки Python для обработки и анализа структурированных данных. Описано, что такое большие данные, для чего их необходимо обрабатывать и анализировать, как проходит подготовка данных для аналитики, строятся графики статистики, а так же как с их помощью изучается оптимизация расходов на рекламу, персонализированные рекомендации и анализ продаж.

**Ключевые слова:** Big Data, Jupyter Notebook, Pandas, Python, большие данные, анализ больших данных.

Большие данные (Big Data), это разнообразные массивы данных большого объема. Для их анализа, применяются специальные компьютерные технологии. Big Data получают через интернет ресурсы, статистику, архивы, базы данных и даже датчики. Обычно они настолько большие, что хранятся на специальных облачных серверах. Бизнес и маркетинг используют большие данные как для изучения поведения клиентов, так и для оптимизации затрат и прогнозирования продаж. Одна из проблем больших данных заключается в том, что их трудно обработать при помощи стандартных инструментов, таких как Microsoft Excel, где с их объемом и частотой обновления, повышается риск ошибки, время обработки, а так же требуется тестирование и анализ полученных результатов.

Для подготовки данных и дальнейшей работы с ними, была использована библиотека *pandas*, а так же функция *listdir()* модуля *os* (рис. 1), для извлечения списка имен файлов в каталоге, где хранятся данные продаж интернет магазина за 2019 год.

```
In [2]: import pandas as pd  
        from os import listdir
```

Рис. 1. Импортирование модулей



Для общего хранения информации, использовалась переменная *all\_data*. Пройдясь циклом по файлам в каталоге, были извлечены таблицы каждого файла при помощи функции *read\_csv()*, а после конкатенированы в переменную *all\_data*, через функцию *concat()* (рис. 2). При помощи модуля *timeit*, было замерено время работы всех операций, включая подготовку данных из 200 000 строк, их обработку и отрисовку четырех графиков с записью результатов в файл, что составило меньше половины минуты.

```
In [3]: all_data = pd.DataFrame()
for i in listdir('задачи_анализа_данных/анализ_продаж/продажи/'):
    all_data = pd.concat([all_data, pd.read_csv('задачи_анализа_данных/анализ_продаж/продажи/' + i)])
```

Рис. 2. Извлечение всех данных в одну Data Frame (таблицу данных)

Для удобства, названия колонок были заменены на латинские аналоги без пробелов, при помощи функции *rename()* (рис. 3). По окончании вычислений, названия колонок возвращаются к исходным.

```
In [5]: all_data.rename(columns={'Номер заказа': 'order_id', 'Товар': 'product', 'Количество товара': 'quantity_ordered',
                                'Цена за штуку': 'price_each', 'Дата заказа': 'order_date', 'Город доставки': 'city'}, inplace=True)
```

Рис. 3. Переименование названий колонок

Перед тем, как заняться обработкой и анализом данных, необходимо их очистить от пустых значений функцией *dropna()*. Поскольку все данные, при импорте, имеют строчный тип *object*, необходимо изменить их на требуемые: *int* - для целочисленных значений (количество штук в заказе), *float* - для значений с плавающей точкой (стоимость заказа) и *datetime* - для даты и времени (рис. 4).

```
In [6]: all_data.dropna(inplace=True)
all_data = all_data.astype({'quantity_ordered': 'int', 'price_each': 'float', 'order_date': 'datetime64'})
```

Рис. 4. Изменение типа данных отдельных колонок

Для построения графиков, *Pandas* использует специальную библиотеку *Matplotlib* с коллекцией методов *pyplot* для построения диаграмм. Это библиотека на языке Python используется для визуализации данных двумерной и трехмерной графикой. Данная библиотека была импортирована, а так же был ис-

пользован метод `plot()` для линейных графиков и `bar()` для столбцовых диаграмм. Чтобы добавить информативность графикам, дополнительно настраивались их параметры, которые использовались впоследствии (рис. 5).

```
In [10]: import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np
plt.ticklabel_format(style='plain')
plt.rcParams.update({'font.size': 15})
plt.plot(data, linewidth=5)
plt.xticks(np.arange(1, len(data) + 1, 1.0))
plt.xlabel('Месяцы')
plt.ylabel('Заказы, в рублях')
plt.margins(0.1)
plt.subplots_adjust(bottom=0, right=2.0, top=1.5)
plt.title('График заказов в течении года', fontsize=25, pad=20)
plt.grid()
```

*# Импорт библиотеки matplotlib*  
*# Импорт библиотеки numpy, для работы с числами*  
*# Скрытие дополнительных визуальных параметров*  
*# Установление единого шрифта*  
*# Команда отрисовки графика с нужной толщиной линии*  
*# Шаг по оси X*  
*# Подпись оси X*  
*# Подпись оси Y*  
*# Отступы подписей*  
*# Название графика*  
*# Отображение сетки*

Рис. 5. Настройка визуализации анализа данных

Для оптимизация расходов на показ рекламы, был проведен анализ таргетинга рекламы и составлен годовой график всех заказов, поступающих в интернет магазин, в зависимости от времени, начиная от 6 часов утра (рис. 7). Для данных расчетов была создана дополнительная колонка `hour`, путем извлечения данных из существующей колонки даты заказа `order_date` (рис. 6).

```
In [14]: all_data['hour'] = all_data.order_date.dt.hour
In [15]: all_data_after_six = all_data.loc[all_data.hour >= 6]
```

Рис. 6. Извлечение Data Frame заказов после 6 часов утра

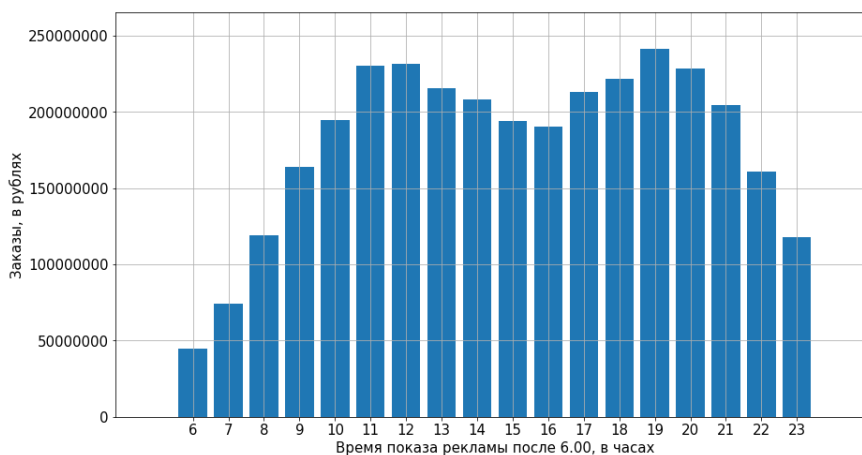


Рис. 7. Результат анализа таргетинга рекламы

Одной из востребованных задач онлайн маркетинга является процесс создания персонализированных рекомендаций дополнительных товаров.

Для вычисления таких товаров, из всех заказов, были извлечены данные с одинаковыми номерами транзакций, при помощи метода *duplicated()* и помещены в переменную. В созданной переменной типа *DataFrame*, хранящей табличные данные, была добавлена колонка для конкатенации названий товаров с единичными номерами транзакций (рис. 8).

	index	order_id	product	quantity_ordered	price_each	order_date	city	sales	order_month	hour	grouped
46	46	236716	Щёлочные батарейки AA 4 шт.	2	384.0	2019-08-17 20:12:00	Уфа	768.0	8	20	Щёлочные батарейки AA 4 шт., Кабель USB
47	47	236716	Кабель USB	1	1195.0	2019-08-17 20:12:00	Уфа	1195.0	8	20	Щёлочные батарейки AA 4 шт., Кабель USB
60	60	236729	Телефон iPhone	1	70000.0	2019-08-09 09:28:00	Уфа	70000.0	8	9	Телефон iPhone, Наушники Apple AirPods
61	61	236729	Наушники Apple AirPods	1	15000.0	2019-08-09 09:28:00	Уфа	15000.0	8	9	Телефон iPhone, Наушники Apple AirPods

Рис. 8. Добавление колонки *grouped* с товарами одного заказа

После подготовки собранных данных (исключения дубликатов), были использованы модули *itertools.combinations* и *collections.Counter*, для выборки 5 самых популярных наборов из 3-х товаров (рис.9). Функционал *Pandas* позволяет получить выборку с другими параметрами, изменив требуемые значения.

```
In [28]: for row in duplicated_data.grouped:
row_list = row.split(',')
count.update(Counter(combinations(row_list, 3)))

In [29]: for n, v in count.most_common(5):
n1, n2, n3 = n
print(f'{n1}, {n2}, {n3} - {v} шт.')
```

Смартфон Google, Кабель USB, Проводные наушники - 87 шт.  
Телефон iPhone, Кабель Lightning, Проводные наушники - 62 шт.  
Телефон iPhone, Кабель Lightning, Наушники Apple AirPods - 47 шт.  
Смартфон Google, Кабель USB, Беспроводные наушники Bose SoundSport - 35 шт.  
Телефон YotaPhone, Кабель USB, Проводные наушники - 33 шт.

Рис. 9. Результат анализа персонализированных рекомендаций

В электронной торговле, часто требуется выяснить самый популярный товар или тот, на который спрос не удовлетворительный. Для того чтобы провести анализ продаж, необходимо две диаграммы. На первой, будет отражена стоимость единицы товара, а на второй будет показан объем транзакций по данному товару за год. Функционал *Pandas* позволяет наложить столбчатые диаграммы одна на другую демонстрируя не только то, что недорогие товары, такие как наушники или батарейки имеют максимальный спрос при минималь-

ной цене, а популярные товары, такие как *MacBook* или *iPhone*, имеют повышенный спрос при высокой цене, но и позволяя выявить непопулярные товары с небольшой ценой, но маленьким объемом заказов (рис. 10).

Pandas - это высокоуровневая библиотека Python для анализа данных, обладающая высокой производительностью. На данный момент она быстро развивается и обладает продвинутым функционалом для обработки и анализа больших данных. Аналитика, полученная при помощи Pandas может быть использована для понимания привлекательности товаров и услуг, прогнозирования спроса на рынке или планирования рекламной акции. Изучение Big Data, при помощи изученных инструментов, поможет компаниям рационально использовать ресурсы и выстраивать правильную бизнес-стратегию.

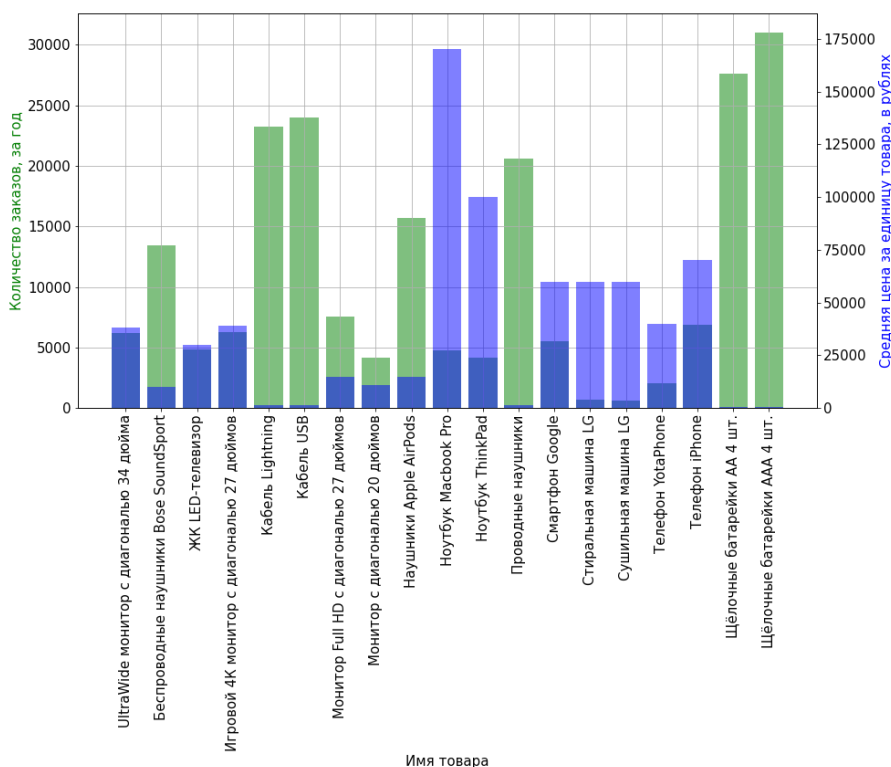


Рис. 10. Результат анализа продаж

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технологии Big Data: как использовать Большие данные в маркетинге (сайт). URL: <https://www.uplab.ru/blog/big-data-technologies/> (дата обращения 12.06.2022).
2. Большие данные (сайт). URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Большие\\_данные/](https://ru.wikipedia.org/wiki/Большие_данные/) (дата обращения 25.06.2022).

3. Инструменты дата-журналиста #1: Jupyter Notebook и библиотека Pandas: как использовать Большие данные в маркетинге (сайт). URL: <https://proglib.io/p/instrumenty-data-zhurnalista-1-jupyter-notebook-i-biblioteka-pandas-2021-04-05/> (дата обращения 22.06.2022).
4. Pandas (сайт). URL: <https://pandas.pydata.org/> (дата обращения 23.06.2022).
5. Переход с Excel на Python с Pandas (сайт). URL: <https://s1.courses24.net/shop/sample-product/talkpython-perehod-s-excel-na-python-s-pandas-michael-kennedy/> (дата обращения 15.06.2022).
6. Ecommerce Data Analysis Using Pandas (файлы данных .csv и код, используемый в статье). URL: [https://drive.google.com/drive/folders/1zof9zwzz1SY\\_gxFPSDjh95ClxV5d-Fyb?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/1zof9zwzz1SY_gxFPSDjh95ClxV5d-Fyb?usp=sharing) (дата обращения 09.07.2022).

УДК 004

Р. М. ВАЛИТОВА, А. М. СУЛЕЙМАНОВА

*rozalina-1999@mail.ru*

Науч. руковод. – канд. техн. наук, проф. А. М. СУЛЕЙМАНОВА

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ РЕШЕНИЙ ПО СБОРУ, АГРЕГИРОВАНИЮ, ПРЕДСТАВЛЕНИЮ ИНФОРМАЦИИ**

**Аннотация.** Статья посвящена обзору существующих решений по сбору, агрегированию, представлению геологической информации. Данная информация является слабоструктурированной и, как следствие, сложно поддается категоризации – размещению в базе данных. Часть информации является строго формализованной, а часть информации можно формализовать только нечеткой логикой. Другой важной задачей является объединение всей имеющейся геологической информации региона в единую базу данных с элементами экспертной системы.

**Ключевые слова:** геологическая информация; геологическая информационная система; ИС «Недра»; ФГИС «ЕФГИ»; экспертная система; интерпретация.

### ***Введение***

В ходе научного исследования рассматриваются геоинформационные системы (ГИС). Геоинформационная система – это аппаратно-программный человеко-машинный комплекс, обеспечивающий сбор, обработку, отображение и распространение географических данных, интеграцию информации и знаний о территории для их эффективного использования при решении научных и прикладных задач, связанных с инвентаризацией, анализом, моделированием, прогнозированием, управлением окружающей средой и территориальной организацией общества [1].

Существует государственная информационная система, содержащая реестр первичной и интерпретированной геологической информации о недрах, имеющих в федеральном и его территориальных фондах геологической информации, фондах геологической информации субъектов РФ, органах государственной власти РФ и органах государственной власти субъектов РФ, в организациях, находящихся в ведении указанных органов государственной власти, иных коммерческих и некоммерческих организациях, а также первичную и интерпретированную геологическую информацию о недрах, представленную на

электронных носителях и имеющуюся в федеральном и его территориальных фондах.

Рассматривая деятельность предоставления потребителям первичной и интерпретированной геологической информации, выявлена проблема в процедуре доступа к гео-информации, которая не соответствует современным ожиданиям к срокам и возможностям использования в анализе, что значительно сказывается на развитии различных отраслей, так как процедура получения и предоставления гео-информации слабо автоматизирована, следовательно занимает большое количество времени.

Для эффективной работы предприятий разных областей, использующих гео-информацию, необходимы адекватные и своевременные интерпретации и доступ к данной информации, что обуславливает актуальность проведенного исследования.

Целью исследования является необходимость выявления оптимального решения по сбору, хранению и систематизации геологической и иной информации о недрах и представлению ее пользователям.

Задачами исследования являются проведение сравнительного анализа и определения перечня существующих решений по поставленной проблеме.

### ***Основная часть***

#### ***Предметная область исследования***

В ходе исследования рассматривается деятельность ФБУ «ГФГИ по ПФО».

Согласно уставу учреждения основными видами деятельности территориального фонда геологической информации являются:

– сбор, хранение и систематизация геологической и иной информации о недрах всех видов и на любых носителях, включая хранение архивных документов;

– предоставление в пользование в установленном порядке геологической и иной информации о недрах, находящейся на хранении в Учреждении, всех видов и на любых носителях;

– сбор и систематизация государственной отчетности недропользователей;

– формирование, ведение и эксплуатация государственного банка цифровой геологической информации и банка данных по вопросам недропользования в Приволжском федеральном округе;

– ведение учета, систематизация и анализ материалов геологической, гидрогеологической, инженерно-геологической, геофизической, эколого-геологической и геохимической изученности в Приволжском федеральном округе;

– предоставление в установленном порядке в ФГУНПП «Росгеолфонд» отчетных и информационных материалов, необходимых для функционирования единой системы федерального и территориальных фондов геологической информации;

– выполнение в установленном порядке по поручению Роснедр функции заказчика на проведение работ для государственных нужд в области информационного обеспечения недропользования.

Для дальнейшего исследования будет рассмотрена часть работы отдела сбора, учета, хранения и предоставления фондовой геологической информации.

В своей работе сотрудники данного отдела используют ИС Недра и федеральную государственную информационную систему «Единый фонд геологической информации» (ФГИС «ЕФГИ»).

ИС «Недра» это система для оперативного сбора и обработки информации по недропользованию в целях регулирования использования минерально-сырьевых ресурсов.

ИС "Недра" состоит из нескольких функциональных блоков, которые используют взаимосвязанные данные: реестр недропользователей, реестр участ-



ков недр, реестр лицензий, реестр работ по ГИН, баланс запасов, каталог документов, кадастр месторождений, изученность, эксплуатационные запасы подземных вод, аналитическая отчетность, ГИС-расширение [2].

Одним из оснований для поиска геологической информации является получение заявки на предоставление в пользование геологической информации, так как сотруднику необходимо сформировать проект решения на предоставление в пользование геологической информации, где указываются уточненные данные, например, отчетов, что можно найти в ИС Недр во вкладке «Каталог документов». Данный проект решения составляется сотрудником вручную.

Кроме того, сотрудники отдела помогают сотрудникам других отделов в поисках необходимой для их работы геологической информации, то есть для дальнейшего предоставления данной информации им.

Таким образом сотрудники отдела обращаются за поиском геологической информации в ИС Недр. При поиске геологической информации сотрудник обращается в ИС Недр в «Каталог документов» (Рисунок 1).

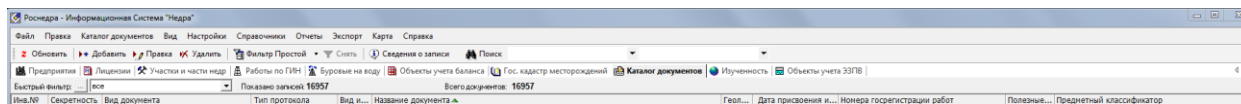


Рис. 1. Шапка информационной системы Недр

Для того, чтобы найти информацию, пользователь в данной вкладке сверху шапки системы в форме поиска выбирает один ключевой атрибут, вводит в поле значение и нажимает на поиск.

Ключевым атрибутом может быть инвентарный номер, секретность, вид документа, тип протокола, вид инвентаризации комплекта, название документа, Геолфонд, дата присвоения инвентарного номера, номера госрегистрации работ, полезные ископаемые, предметный классификатор, расположение, организация исполнитель, недропользователь, первый автор, наличие сканированного образа, ИД. Данные атрибуты можно настроить в системе, то есть добавить необходимый атрибут в выпадающем списке.

Одной из проблем в предоставлении геологической информации является то, что большое количество времени уходит на поиск какой-либо информации по какому-либо ключевому атрибуту, так как поиск в системе возможен по одному атрибуту, что занимает большое количество времени. Вкладки не взаимосвязаны, то есть, например, какой-либо отчет нельзя найти по лицензии, так как во вкладке «Лицензия» нет привязки определенной лицензии к соответствующему отчету из вкладки «Каталог документов», то есть информация слабо структурирована.

В настоящее время на территории Республики Башкортостан отрасль недропользования характеризуется:

- высокой трудоемкостью и низкой оперативностью получения актуальной информации о состоянии природных ресурсов от недропользователей;
- отсутствием стандартизации информационных технологий сбора, обработки и анализа информации о природных ресурсах [3].

### *Анализ существующих решений по поставленной проблеме*

При анализе существующих решений по поставленной проблеме представлены функционально похожие системы, для которых выделены их достоинства и недостатки.

### **ФГИС «ЕФГИ»**

В рассматриваемой организации сотрудники также используют ФГИС «ЕФГИ» (федеральная государственная информационная система «Единый фонд геологической информации»), которая содержащая реестр первичной и интерпретированной геологической информации о недрах[4]. Недропользователи могут произвести поиск необходимой информации через данную систему, оформить заявку на предоставление в пользование гео-информации, если данная информация электронная, пользователь может после обработки заявки получить ее данным образом. Система имеет более расширенный поиск.

Рассматриваемая организация не занимается обработкой заявки и составлением решения на предоставление в пользование гео-информации через данную систему. В системе также нет отдельной подсистемы для поиска информации сотрудниками рассматриваемой организаций.

Удобство ФГИС «ЕФГИ» в том, что у недропользователей небольшое количество времени уходит на поиск гео-информации, если они есть в электронном варианте, то и на получение данной информации, в добавление к этому в системе более понятный, удобный и не перегруженный интерфейс. Пользовательский интерфейс реестра геологической информации реализован в виде веб-приложений, поэтому требования к программным и аппаратным средствам соответствуют требованиям веб-браузеров.

### ***Directum File Storage Services***

Система DIRECTUM – корпоративная система электронного документооборота и управления взаимодействием [5].

Система хранения документов в электронном виде Directum File Storage Services, которая обеспечивает:

- надежность хранения документов;
- конфиденциальность и разграничение прав доступа;
- отслеживание истории использования документа;
- удобство и скорость поиска.

Обычно электронный архив работает с неструктурированными документами, у которых есть структурированное описание (карточка документа).

Особенности и преимущества системы электронного документооборота и управления взаимодействием Directum:

- размещение всего электронного архива документов в едином информационном пространстве базы данных и файловых хранилищ;

– организация быстрого поиска документов по заданным реквизитам, полнотекстового поиска по содержимому текста с учетом всех языковых словоформ;

– интеграция с программами для редактирования электронных документов (Microsoft Word, Microsoft Excel, AutoCad, CorelDraw, Visio и др.);

– автоматическое создание документов, имеющих определенный заданный вид на основе заранее составленных шаблонов («Исходящее письмо», «Договор поставки», «Коммерческое предложение»);

– сортировка архива документов по степени актуальности (в разработке, действующий или устаревший документ), с возможностью визуального отображения каждой из категорий;

– работа с документами в различных режимах: на рабочем месте; экспорт документа из системы и импорт в систему;

– реализация в системе управления архивом документов механизма, предотвращающего проблемы при одновременном доступе нескольких пользователей к одному документу [6].

Важнейшим преимуществом программы для работы с электронными архивами документов является защита информации от несанкционированного доступа, которая обеспечивается: контролем и настройкой прав доступа; шифрованием электронных документов; протоколированием всех действий пользователей; наличием электронной подписи (ЭП), позволяющей работать с различными системами криптозащиты информации, в том числе сертифицированными ФСБ и ФСТЭК [7].

Directum предлагает два подхода к хранению документов, то есть в базе данных SQL-сервера и непосредственно в файлах, который сочетает преимущества обоих подходов: простоту администрирования и высокую производительность хранилищ SQL-сервера и практически неограниченный объем данных при низкой стоимости хранения с возможностью потокового доступа к документам в файловых хранилищах [8].

В системе реализован полнотекстовый поиск по документам и реквизитам регистрационных карточек. Шаблоны поисковых запросов настраиваются по реквизитам регистрационных карточек. Загруженная опись документов фильтруется. Есть удобные функции настройки шаблонов поисков. Пользователь может создавать поисковые папки. Опись документов фильтруется по значениям колонок.

К отрицательным качествам относятся: невозможность распределения прав доступа к настроенным поискам; отсутствие настроенных поисков в веб-клиенте; невозможность создания сложных поисковых запросов. Также нет постраничного вывода объектов в опись документов и результатов поиска, применения дополнительных стилей в описи документа. К недостаткам можно отнести перегруженный интерфейс, отсутствие постраничного вывода объектов в опись документов и результатов поиска [9].

### ***Optima Workflow***

Optima Workflow обеспечивает комплексную автоматизацию процессов обработки документов и позволяет перейти к безбумажной технологии работы с электронными документами. Платформа Optima Workflow является открытой, web-ориентированной архитектурой, которая функционирует на различных операционных системах и имеет уже готовые типовые решения, с возможностью сканирования, распознавания, полнотекстового поиска, а также идентификации документов и штрих-кодовой и радиочастотной маркировки [10].

Система обладает интуитивно понятным интерфейсом. В системе настраиваются стили оформления приложения, доступен вывод в опись документов и область просмотра реквизитов и изображений, применяются стили отрисовки списка документов (шрифт, заливка, пиктограмма). Стоит отметить удобные поиски в полях-списках регистрационных карточек, наличие визуального контроля обязательности заполнения полей, возможность работы с файлами, связями и движением документа в едином окне.

Удобно работать с прикрепленными файлами – работа осуществляется онлайн в едином окне, в режиме check-in & check-out. Сквозные связи между документами визуализируются в виде дерева.

Недостатками системы являются, что пользователи не могут создавать новые журналы, подборки документов, настройки не сохраняются в базу данных. В регистрационной карточке нельзя настроить панель инструментов, локализовать названия реквизитов. Не реализованы механизмы drag&drop. Нет базовых функций интерфейсного выбора карточек для связи. Еще один недостаток – непрозрачность процесса при создании задания, для исполнителей нельзя настроить напоминания. Система имеет низкую гибкость и сложность по доработке и кастомизации [11].

### *Экспертная система*

Геологическую информацию можно разделить на первичную и интерпретированную.

Под первичной геологической информацией о недрах понимается геофизическая, геохимическая и иная информация о недрах, полученная непосредственно в процессе осуществления видов пользования недрами, а также видов деятельности, связанных с геологическим изучением и добычей отдельных видов минерального сырья, захоронением радиоактивных отходов и токсичных веществ, осуществляемых в соответствии с другими федеральными законами.

Под интерпретированной геологической информацией о недрах понимаются результаты обработки первичной геологической информации о недрах, включая геологические отчеты, карты, планы, эскизы [12].

Достоверную интерпретацию геологической информации помогают получить новые технологии, умеющие обрабатывать большие базы данных, распознавать какие-либо образцы, обчислять параметры. С помощью таких технологий можно спроектировать процесс разведочного бурения, управляя геолого-геофизическими данными, а использование 3D-визуализации в геологии, со-

здающей эффект присутствия, позволяет учитывать специфику производства и ландшафт местности [13].

Система искусственного интеллекта, предназначенная для решения задач в некоторой неформализованной предметной области, называется экспертной системой [14]. Экспертная система – предиктивная система, включающая в себя знания об определенной слабоструктурированной и трудно формализуемой узкой предметной области и способная предлагать и объяснять пользователю разумные решения. Экспертная система состоит из базы знаний, механизма логического вывода и подсистемы объяснений. Экспертная система включает в себя большое число структурных составляющих меньшего размера. Экспертная система, основанная на нейронной сети, использует нейронную сеть для дальнейшего улучшения своих способностей и расширения возможностей для получения знаний, а также использует крупномасштабную параллельную обработку для улучшения способности системы рассуждать [15].

Данная система подразумевает возможность замены эксперта-человека программным решением. Это позволяет предприятиям сокращать затраты на оплату труда специалистов, а самим специалистам обращаться при решении любых вопросов в рамках своей деятельности непосредственно к программе. Такие возможности сокращают время решения проблемы и позволяют молодым специалистам обучаться прямо на своем рабочем месте.

Элементы экспертной системы можно применить в ГИС для интерпретации геологической информации, чтобы сократить недропользователям время и трудозатраты для анализа первичной гео-информации. Использование данной технологии позволит повысить эффективность геологоразведочных исследований.

### ***Выводы***

В результате обзора существующих решений по поставленной проблеме – трудоемким и несвоевременным получением и интерпретацией геологической

информации, были выявлены недостатки и достоинства похожих систем. Для улучшения доступа к данным и качества обработки необходимо выполнить реинжиниринг предоставления и получения геологической информации с помощью ГИС. В результате обзора существующих решений наилучшим решением является ФГИС «ЕФГИ» с добавлением некоторых функциональных блоков со стороны сотрудников фондов и элементов экспертной системы для увеличения скорости интерпретации первичных данных.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Mahyar Yousefi. Exploration information systems – A proposal for the future use of GIS in mineral exploration targeting// *Ore Geology Reviews*. 2019. Volume 111.
2. Рыбак В.А., Шорк Ахмад. Автоматизированная система учета наличия и использования природных ресурсов// *Системный анализ и прикладная информатика*. 2017. № 3. С.50-57.
3. Савченко В.А. Анализ и развитие Единой республиканской автоматизированной информационной системы недропользования в Республике Башкортостан / В. А. Савченко, В. Б. Прудников // *Экономика и управление: научно-практический журнал*. – 2021. – № 6(162). – С. 76-81.
4. Юон Е.М. Вопросы взаимодействия обладателей и пользователей геологической информации в рамках ФГИС "Единый фонд геологической информации" / Е. М. Юон // *Нефть, газ и право*. – 2017. – № 2. – С. 15-22.
5. Иванов Ф.Ф. Модель программного робота в системе управления документами Directum / Ф. Ф. Иванов, К. Г. Семенов // *Вестник кибернетики*. – 2017. – № 1(25). – С. 154-159.
6. Ситдииков Д.Р. Преимущества выбора системы Directum / Л.А. Ильина, Д.В. Ильин // *Научно-практический электронный журнал Аллея Науки*. – 2018. – № 5(21).
7. Семенова А. А., Глухов Н. И. Некоторые аспекты анализа системы защиты электронного документооборота// *Информационные технологии и математическое моделирование в управлении сложными системами*. – 2019. – №. 3. – С. 42-46.
8. Иванов Ф.Ф., Семенов К.Г. Модель реверсивного движения документов в системе управления документами Directum // *Вестник кибернетики*. 2019. №1 (33).
9. Летута Л. А. Выбор системы электронного документооборота по ключевым требованиям пользователей// *Развития в новых геополитических условиях: Сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции (Оренбург, 04 апреля 2018 г.)*.- Стерлитамак: АМИ, 2018.-161 с. – 2018. – С. 52.
10. Никитина, Е. С. Программное обеспечение классов docflow и workflow на современных предприятиях / Е. С. Никитина // *Будущее науки-2017 : Сборник научных статей 5-й Международной молодежной научной конференции: в 4-х томах, Курск, 26–27 апреля 2017 года / Ответственный редактор Горохов А.А.*. – Курск: Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2017. – С. 66-68.
11. Кравченко, Т. М. Оптимизация документооборота на опасном производстве путем внедрения автоматизированной системы на базе AODocs / Т. М. Кравченко // *Фундаментальные и прикладные исследования молодых ученых : Сборник материалов V Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Омск, 04–05 февраля 2021 года*. – Омск: Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ), 2021. – С. 348-355.



12. Конев С. И., Кунина И. Л., Правовой статус геологической информации о недрах // Евразийский Союз Ученых. 2018. №5-3 (50).
  13. Зылева Н. В., Информационные технологии и системы в геологоразведке: влияние на экономическую безопасность / Н. В. Зылева // Цифровая экономика: перспективы аудита и безопасности бизнеса: Сборник статей по материалам Всероссийской научно-практической конференции, Тюмень, 05 ноября 2020 года / Ответственный редактор Д.Л. Скипин. – Тюмень: Тюменский государственный университет, 2020. – С. 40-48.
  14. Размахнина А. Н., Баженов Р. И. О применении экспертных систем в различных областях // Постулат. – 2017. – №. 1.
- Tan H. A brief history and technical review of the expert system research // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2017. – Т. 242. – №. 1. – С. 012111.

## **УПРОЩЕНИЕ РАБОТЫ С ДАННЫМИ НА ПРОИЗВОДСТВЕ**

**Аннотация.** В статье рассмотрена практическая польза разработанного алгоритма для работы с большим количеством данных. Данные с комплексного программного обеспечения Power BI, а именно отчеты, были переведены в SQL Server Analysis Services (SSAS) по прилагаемому алгоритму и обозначена актуальность использования данного метода при решении производственных задач.

**Ключевые слова:** программное обеспечение, Power BI, SSAS, визуализация, Power BI Desktop, Power Query.

### ***Введение***

Power BI – комплексное программное обеспечение бизнес-анализа, с помощью которого можно изменять и загружать данные из огромного количества источников, включая файлы, базы данных и страниц в интернете. Этот инструмент предлагается в качестве облачной платформы или ПО как услуги, что позволяет удовлетворить все бизнес-требования заказчиков. Преимущество в том, что есть возможность обрабатывать миллионы строк данных. Можно моделировать и анализировать данные путем объединения таблиц. С помощью него также можно представить информацию в удобном для пользователя виде.

Целью работы является расширение возможностей работы с базами данных.

В ходе исследования были поставлены следующие задачи:

1. Анализ использования Power BI Desktop и SSAS для решения производственных задач.
2. Создание отчетов с помощью данных, подключенных к Power BI с SSAS
3. Анализ перевода дашборда в SSAS

## ***Практическая польза работы с данными в Power BI Desktop***

Power BI Desktop – это бесплатное приложение, которое устанавливается на локальном компьютере и позволяет подключаться к источникам данных, преобразовывать и визуализировать данные.

С помощью Power BI Desktop можно подключаться к нескольким различным источникам данных, а также объединять их в модели данных (этот процесс называется моделированием). Эта модель данных позволяет создавать визуальные элементы и коллекции визуальных элементов, которыми можно делиться с другими людьми в организации в виде отчетов. Большинство пользователей, работающих над проектами бизнес-аналитики, применяют Power BI Desktop для создания отчетов, а службу Power BI – для предоставления к отчетам общего доступа другим пользователям.

Ниже представлены самые распространенные варианты применения Power BI Desktop:

- Подключение к данным
- преобразование и очистка данных для создания модели данных;
- создание визуальных элементов, таких как диаграммы и графики, которые наглядно отображают данные;
- создание отчетов, которые представляют собой коллекции визуальных элементов на одной или нескольких страницах отчета;
- совместное использование с помощью службы Power BI.

## ***Работа с данными из SSAS и их загрузка в power bi desktop***

Одним из преимуществ работы с данными в Power BI Desktop заключается в том, что можно подключаться и работать с различными источниками данных, а также объединять их в модели данных. С помощью этой модели можно создавать визуальные элементы и коллекции визуальных элементов, которыми можно делиться с другими людьми в организации в виде отчетов. Для создания

различных запросов применяется язык M, который используется в Power Query и в инструменте запроса для Power BI Desktop.

Основным источником данных, при работе в Power BI Desktop являлся SSAS. Это означает, что все импортируемые данные будут браться только с SSAS. Преимуществом этого файла, источником данных которого является SSAS в том, что он занимает мало места на диске и не нагружает систему, что сказывается на быстрой работе.

Служба анализа SQL Server (SSAS) – это многомерный OLAP-сервер, а также аналитический механизм, который позволяет нарезать и нарезать большие объемы данных. Он является частью Microsoft SQL Server и помогает выполнять анализ с использованием различных измерений. Он имеет 2 варианта многомерного и табличного. Полная форма SSAS – это служба анализа SQL Server.

Основные преимущества использования SSAS заключается в том, что с помощью него можно избежать конфликта ресурсов с исходной системой, позволяет обнаруживать шаблоны данных, которые могут быть не сразу заметны, используя встроенные в продукт функции интеллектуального анализа данных, также, он предлагает унифицированное и интегрированное представление всех ваших бизнес-данных. Отчеты, анализ показателей системы ключевых показателей эффективности (KPI).

Также, как и в любых других инструментах для работы с данными имеются свои недостатки и в SSAS. Как пример, после выбора пути (табличного или многомерного), вы не сможете перейти на другую версию, не начав заново, либо вы не сможете вы не сможете “объединять” данные между табличными и многомерными кубами.

Для выполнения подключения к SSAS нужно потребовать доступ к серверу, к которому нужно подключиться, если нет своего. После подключения к серверу переходим к созданию отчетов, либо же Dashboard.

Перед добавлением визуальных элементов на отчет, нужно было поработать с данными. В представленных таблицах, где имелась вся необходимая информация, нужно было удалить и сделать объединение некоторых данных, для удобства работы.

Для выполнения этого нужно было открыть расширенный редактор Power Query, выбрать таблицу, выделить нужные столбцы, перейти на вкладку верхней панели «Преобразование» и применить инструмент «Объединить столбцы». После того, как данные в таблицы были отфильтрованы, использовался импорт, после чего, продолжается процесс создания отчета.

Для создания дашборда потребовались различные визуальные элементы. По правилу, для составления правильного и красивого отчета, чтобы заказчик имел полное представление о компании, необходимо следовать расстановкам визуальных элементов:

1) KPI (ключевые значения) – они показываются в виде визуального элемента «Карточка», которые располагаются на самом верху;

2) Графики – чаще всего используется линейчатая диаграмма или гистограмма. Они удобны для наглядного представления данных, без каких-либо лишних деталей. Графики располагаются по центру.

3) Таблицы – также предназначены для демонстрации различных данных компаний или фирмы. Они располагаются в самом низу, потому что основной акцент идет на 2 верхних пункта.

Но не всегда получается придерживаться этих правил, потому что порой данных огромное количество и хочется показать всю полезную информацию.

При добавлении визуального элемента на страницу отчета, в разделе «Визуализация», его необходимо заполнить данными.

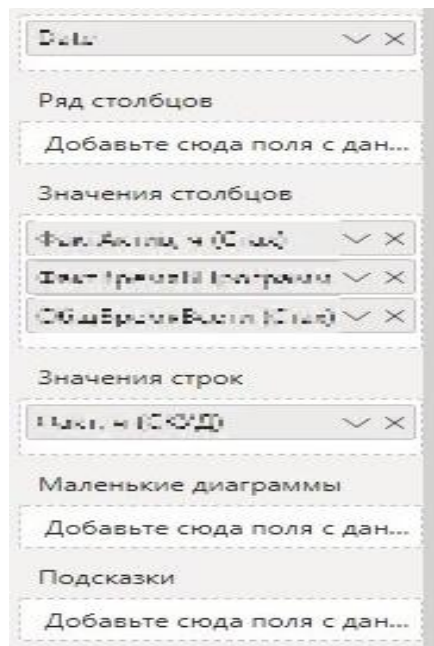


Рис. 1. Вывод основной информации

Данные, которые необходимо перенести на визуальный элемент, расположены в разделе «Поля», который располагается справа (Рисунок 5).

Все эти данные, такие как таблицы, их столбцы и меры берутся с SSAS. Основные значения – это таблицы, внутри которых расположены столбцы и меры. Сами столбцы отображаются только как название, без дополнительных иконок сбоку, а меры отображаются с иконкой калькулятора рядом с названием самой меры.

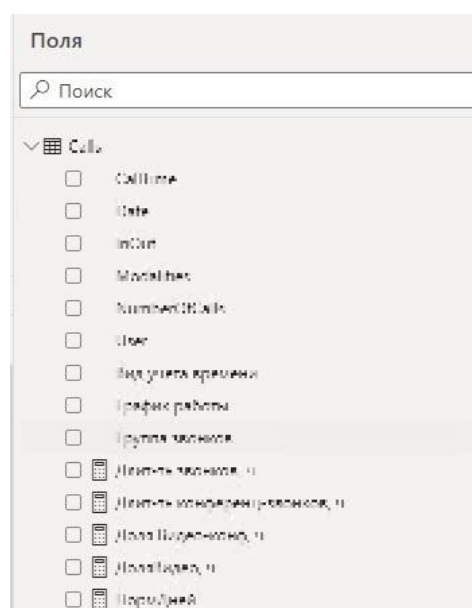


Рис. 2. Раздел с данными

Для структурирования отчетов и форм, чтобы обеспечить целостность данных, и чтобы они никуда не пропали, в модели между собой необходимо было связать все доступные таблицы.

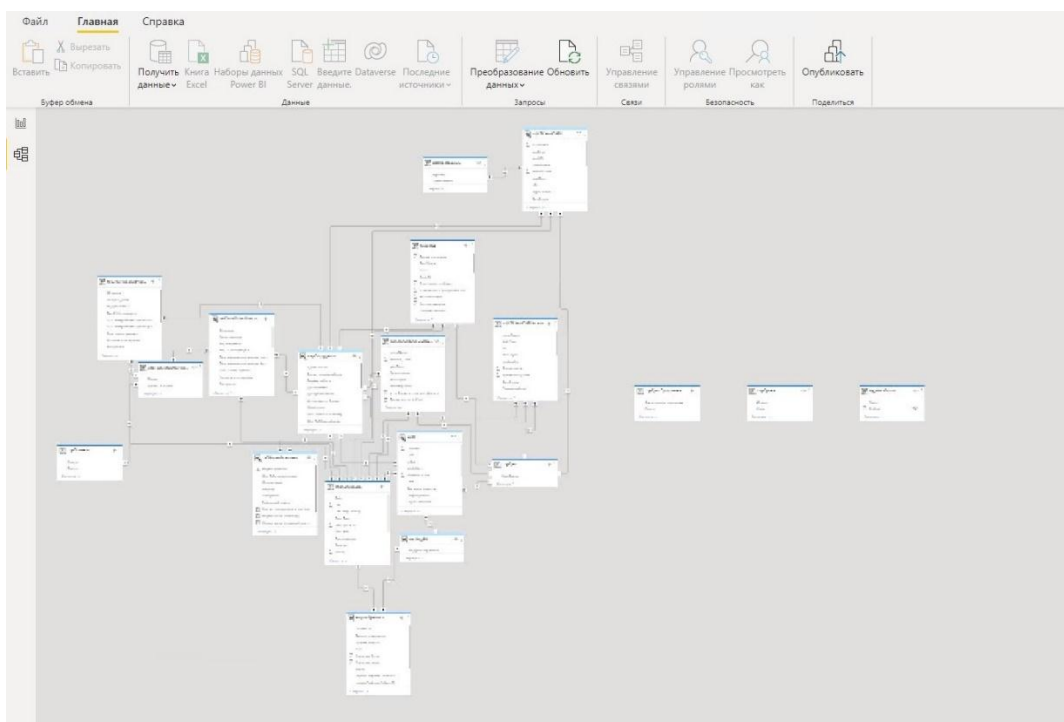


Рис. 3. Финальный вид цифрового плана

Если при добавлении значений из таблицы на визуальный элемент ничего не отображается, необходимо открыть расширенный редактор Power Query и просматривать примененные шаги, чтобы найти ошибку. В результате, после всей проделанной работы был создан один из нескольких дашбордов

Как было сказано ранее, основным и единственным источником данных является SQL Server Analysis Services (SSAS). Основное преимущество использования его заключается в том, что файл с отчетами имеет небольшой размер, по сравнению с тем, в котором были подключены разные источники данных, что сказывается на скорости самой работы.

Перед выполнением каких-либо изменений нужно было подключиться ко всем серверам. Для создания мер в SSAS использовалась коллекция функций DAX.

Для того, чтобы изменить тип данных, нужно было зайти в свойства таблицы, где выбрать нужный тип данных, например, Date, целое число. Основной задачей заключалась создание мер, добавление и создание новых столбцов и их проверка типов данных в таблице.

### ***Заключение***

Результатом выполненной работы по упрощению работы с данными на производстве является подключение SSAS к Power BI Desktop и настройка всех необходимых компонентов. Также создание отчета, для предоставления данных не в табличной форме, а в виде графиков, что существенно облегчает их демонстрацию для руководства.

Преимущество использования SSAS заключается в том, что файл с отчетами имеет небольшой размер, по сравнению с тем, в котором были подключены разные источники данных, что сказывается на скорости самой работы.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Финансовый анализ в Power BI [электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://finalytics.pro/inform/> – (Дата обращения: 12.09.2022)
2. Руководство по Power BI [электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/company/microsoft/blog/427701/> (Дата обращения: 12.09.2022)
3. Язык M для Power Query и Power BI [электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://finalytics.pro/inform/m-powerquery2/> - (Дата обращения: 12.09.2022)
4. Краткая информация о SSAS [электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/422799/> - (Дата обращения: 12.09.2022)



УДК 004.62

С. К. ГАВРИЛЕНКО, Б. А. МИФТАХОВ, Ш. М. МИНАСОВ  
*job.gavrilenko@ya.ru, miftahov.bulat2017@yandex.ru, minasov@ufanet.ru*  
Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. Ш. М. МИНАСОВ  
*minasov@ufanet.ru*

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **СЕРВЕРНАЯ ЧАСТЬ РАСПРЕДЕЛЕННОГО ПРИЛОЖЕНИЯ РЕГИСТРАЦИИ ПРИСУТСТВИЯ УЧАСТНИКОВ НА НАУЧНЫХ КОНФЕРЕНЦИЯХ С УЧЕТОМ ИХ ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ПОЛОЖЕНИЯ**

**Аннотация.** Разработаны модели и алгоритмы системы регистрации участников научных конференций. Система предназначена для повышения эффективности как проведения самих научных мероприятий, так и для упрощения ориентирования участников в местах их проведения. Система ориентирована на оказание участникам помощи в планировании их работы в больших многодисциплинарных конференциях, работа которых производится одновременно в нескольких секциях.

**Ключевые слова:** распределенные приложения, информационная поддержка процесса проведения научных конференций, ориентация в пространстве на основе геоданных, QR-код.

### ***Введение***

Мобильные устройства связи в современной жизни давно перестали быть роскошью и инструментом только для голосового общения. Программное обеспечение, разработанное для мобильных устройств, уже достаточно длительное время используется в качестве персонального секретаря каждого делового человека: помогает ему в вопросах ежедневного планирования деятельности, оперативной связи с коллегами, ориентации в том числе в незнакомой местности и т.п. Однако, большинство доступных решений охватывает лишь наиболее общие и достаточно масштабные проблемы, ориентируясь на массового потребителя, в то время как в области решения частных задач практически непаханое поле. Это связано с тем, что до настоящего времени решение задач, ориентированных на узкую специфическую аудиторию с конкретными специфическими запросами не позволяет окупать вложения сил и времени программистов, ориентирующихся на извлечение прибыли не за счет продажи каждого экземпляра программы, а за счет монетизации, получаемой за просмотр пользователями

рекламы, что приносит больший доход при меньших усилиях: гораздо проще работать с несколькими работодателями, чем с на несколько порядков большим числом потребителей.

Одной областей, в которых применение мобильных приложений недостаточно развито, является проведение различных массовых мероприятий в научной сфере деятельности: конференций, симпозиумов, конкурсов и т.п. Эти мероприятия отличаются от других тем, что на них собираются студенты и ученые из большого числа организаций и широкой географией. И одной из проблем ориентации участников в местах проведения является незнание большинством из них расположения требуемых локаций в зданиях организатора, при том что само здание в незнакомом городе найти достаточно просто и без электронных устройств – путем вызова такси.

Второй проблемой ориентации участников является время. Важно не только знать точку локации, но и время, когда и где должен или хочет находиться участник, чтобы доложить результаты своих исследований и послушать коллег в своей области знаний или просто послушать интересные доклады коллег, занимающихся иными задачами. Часто это решается выдачей участникам комплекта проспектов с регламентом и программой мероприятий.

Третья проблема, которую помогают решить мобильные устройства, заключается в том, что участнику было бы комфортнее работать на конференции, когда он в процессе доклада коллег может получить более качественную картинку и больше информации о работе, чем способен воспринять, прослушивая доклад в темпе докладчика, сжавшего свое сообщение до минимума, чтобы вписаться в регламент конференции.

Ну и наконец еще один момент позволит участнику чувствовать себя более комфортно, когда мобильное приложение, работающее в режиме реального времени, заранее подскажет участнику, когда ему будет предоставлено время для выполнения собственного доклада.

Цель настоящего проекта заключается в повышении эффективности проведения массовых научных мероприятий, обеспечение их участникам комфортной работы, организация их взаимодействия во время мероприятия и установления необходимых связей между научными коллективами и отдельными исследователями.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи: выполнить обзор существующих решений, анализ их преимуществ и недостатков; Разработать модели и описать взаимодействие элементов системы проведения научных мероприятий; Разработать алгоритмы компонентов системы, повышающие эффективность работы научных мероприятий; Разработать прототип приложения и оценку эффективности его применения в рассматриваемых мероприятиях.

### ***Обзор существующих решений***

По результатам поиска информации в Интернет, было найдено некоторое множество решений обеспечивающих неплохой функционал, из которых было выбрано четыре достаточно популярные системы, имеющие близкий функционал: TimePad [1], Ломоносов, Eventboost [2], Eventicious [3]. При детальном изучении возможностей платформ были выявлены их сильные стороны, но и недостатки (таблица 1). Как показал анализ ни одна из них не покрыла полный перечень требуемых возможностей.

Таблица 1

Функционал существующих платформ проведения конференций

Название	Расписание мероприятий	Аналитические отчеты	Продажа электронных билетов	Анкетирование участников	Учет присутствия участников	Мобильное приложение
TimePad	<b>Нет</b>	<b>Нет</b>	Есть	Есть	<b>Нет</b>	<b>Нет</b>
Ломоносов	<b>Нет</b>	<b>Нет</b>	<b>Нет</b>	<b>Нет</b>	<b>Нет</b>	<b>Нет</b>
Eventboost	Есть	<b>Нет</b>	Есть	<b>Нет</b>	<b>Нет</b>	Есть
Eventicious	Есть	Есть	Есть	<b>Нет</b>	<b>Нет</b>	Есть

## ***Моделирование системы***

При регистрации пользователя система собирает и хранит такие как: ID пользователя, ФИО, контактные данные (телефон, Email, адрес работы\проживания), регалии (ученая степень, звание), статус участия (докладчик, слушатель, эксперт), тема доклада (для докладчиков), секция (для слушателей и экспертов). Когда пользователь отмечается, он передает в систему свой ID, ID локации (место проведения), данные геолокации (для оценки физического присутствия или удаленного участия, IP адрес устройства).

Мнемосхема работы системы представлена на рисунке 1.

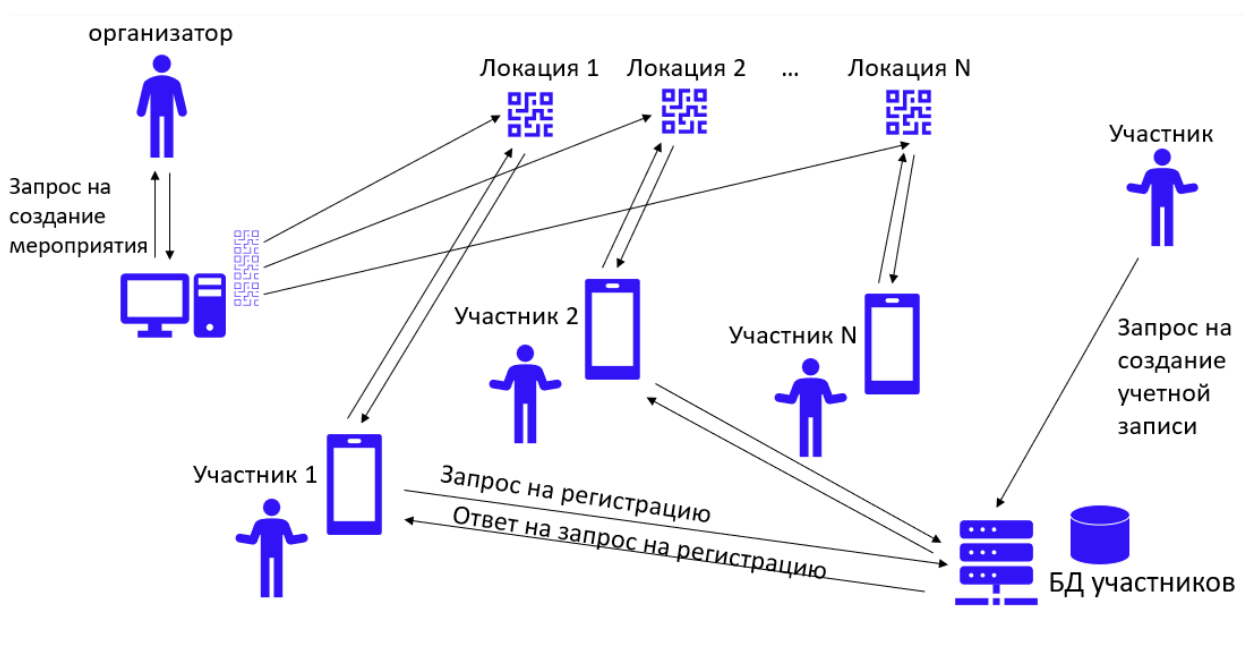


Рис. 1. Мнемосхема работы системы

## ***Архитектура системы***

Система построена по трехзвенной архитектуре клиент-сервер-сервер базы данных. В качестве клиентского оборудования могут быть использованы мобильные устройства (смартфоны, планшеты) с доступом к сети интернет по мобильным каналам связи, а также мобильные и настольные персональные компьютеры, подключенные к локальной сети проводным способом или по технологии Wi-Fi.

## Алгоритмы работы системы

На рисунке 2 показаны фрагменты алгоритмов, отражающие основной принцип работы системы: алгоритм администратора конференции, алгоритм регистрации участника конференции и алгоритм автоматизированного учета запросов участников конференции.



Рис. 2. Блок схемы алгоритмов

Основным отличием от существующих систем, является технология навигации и регистрации на принципе генерации QR-кодов для каждой локации мероприятия, сканируя который пользователь сверяет корректность своего местоположения и отмечает свое присутствие. Сгенерированные и распечатанные QR-коды размещаются в физических локациях, а для удаленных пользователей QR-код размещается на экране перед началом конференции.

## Программные инструменты реализации проекта

Для повышения эффективности взаимодействия клиент-сервер в проекте применена технология, основанная на распознавании QR-кода, который содержит необходимую информацию и генерируется для каждого помещения, в котором проходят мероприятия.

За генерацию QR-кода отвечает серверная часть приложения.

Для реализации и отладки серверной части приложения используются веб-сервер Apache, язык серверных сценариев PHP и СУБД MariaDB. Данный набор является наиболее распространенным и минимально необходимым для построения серверной части систем с трехзвенной сетевой инфраструктурой. Генерация QR-кода осуществляется функциями из библиотеки PHP QR Code.

## Экранные формы реализованного проекта

На рисунке 3 показана экранная форма приложения, оптимизированного для работы в качестве настольного приложения, на которой отображаются псевдонимы лиц, подключившихся к конференции в том числе удаленно.

Название мероприятия		Найти					
11	Владислав	Столяров	81.222.189.58	2022-04-14 12:56:21	Неделя Науки УГАТУ 2022	54.7249	55.9414
12	Сергей	Гавриленко	178.176.164.221	2022-04-14 12:58:26	Неделя Науки УГАТУ 2022	54.7249	55.9412
13	Юрий	Афанасенко	188.162.38.95	2022-04-14 13:17:06	Неделя Науки УГАТУ 2022	54.7249	55.9412
14	Вероника	Доброва	85.26.235.88	2022-04-14 13:27:57	Неделя Науки УГАТУ 2022	54.7249	55.9412
16	Элина	Сафиуллина	85.140.5.133	2022-04-14 13:28:02	Неделя Науки УГАТУ 2022	54.7249	55.9412
17	Егор	Кирилов	85.140.5.211	2022-04-14 13:28:05	Неделя Науки УГАТУ 2022	54.7249	55.9412
18	Вероника	Доброва	85.26.235.88	2022-04-14 13:28:14	Неделя Науки УГАТУ 2022	54.7249	55.9412
22	Артур	Рахимов	85.249.26.145	2022-04-14 13:28:45	Неделя Науки УГАТУ 2022	54.7249	55.9412
24	Марк	Аминов	85.26.164.200	2022-04-14 13:30:11	Неделя Науки УГАТУ 2022	54.7249	55.9412

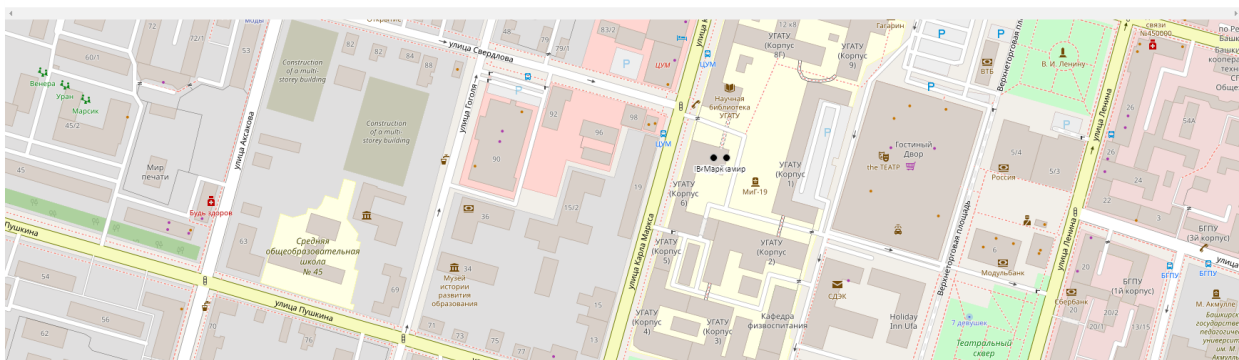


Рис. 3. Экранная форма клиентской части приложения.  
Версия для настольного ПК

### ***Оценка эффективности предложенного решения***

Результаты данной работы были доложены на конференции «Неделя науки – 2022». Работа удостоена диплома второй степени. Жюри конференции экспертно оценили данное решение, как эффективное.

### ***Заключение***

В результате выполнения проекта были разработаны модели и алгоритмы системы регистрации участников конференции, выполнена их программная реализация. Приложение было апробировано на студенческой конференции «Неделя науки - 2022», показало высокую точность определения геопозиции пользователей и оценено как эффективный инструмент для контроля присутствия участников конференции на мероприятии.

Наиболее эффективным данный инструмент будет при проведении научных мероприятий, когда участники конференции прибывают из-за пределов локации организатора и секретарь секции не знает всех участников в лицо. Информация о присутствии или отсутствии докладчиков позволяет исключить попытки приглашения к докладу отсутствующих участников, исключая коллизии, связанные с приглашением к докладу отсутствующих участников.

Разработанное приложение является ПО с открытым исходным кодом, что позволяет осуществлять его дальнейшее развитие и наполнение необходимым функционалом.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. TimePad official Web-site. URL: [https://timepad.ru/business/#modal\\_login](https://timepad.ru/business/#modal_login) (Дата обращения: 2022-09-12)
2. Eventboost official Web-site. URL: <https://www.eventboost.com/ru-RU/> (Дата обращения: 2022-09-12)
3. Eventicious official Web-site. URL: <https://eventicious.ru/> (Дата обращения: 2022-09-12)
4. Люк Веллинг, Лора Томсон. Разработка веб-приложений с помощью PHP и MySQL. М.: Диалектика, 2017. 770 с.

УДК 004.65

М. С. ДЕМЧЕНКО, Е. В. ЧЕРНОВА<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *eva.chernova99@mail.ru*

Науч. руковод. – ст. преп. М. С. ДЕМЧЕНКО

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **СТРУКТУРИЗАЦИЯ ОБЪЕКТОВ НОРМАТИВНО-СПРАВОЧНОЙ ИНФОРМАЦИИ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АППАРАТА ТЕОРИИ КАТЕГОРИЙ**

**Аннотация.** В статье рассматриваются вопросы структуризации объектов нормативно-справочной информации машиностроительного предприятия с использованием аппарата теории категорий. Описаны принципы работы и взаимосвязи объектов нормативно-справочной информации, системных моделей предприятия и инструкций пользователей, приведена схема их формирования. Сформированы принципы классификации объектов нормативно-справочной информации. Приведен фрагмент модели классификации объектов с использованием аппарата теории категорий.

**Ключевые слова:** корпоративная информационная система; нормативно-справочная информация; теория категорий; машиностроительное предприятие; классификация объектов машиностроительного предприятия; структуризация объектов машиностроительного предприятия.

### ***Введение***

На крупных предприятиях отрасли машиностроения одной из проблем при внедрении корпоративной информационной системы является проблема структуризации и приведения к единому формату данных нормативно-справочной информации. Отсутствие единого подхода к структуризации объектов нормативно-справочной информации влечет за собой ресурсные затраты почти на каждом из этапов проектов по внедрению информационных систем. Данная проблема возникает достаточно часто ввиду постоянного появления новых документов или обновления старых. Если предприятие не стоит на месте, то объекты в нормативно-справочном пространстве возникают «естественным образом»: разрабатываются новые изделия, появляются новые клиенты и так далее. Все эти изменения в обязательном порядке заносятся в нормативно-справочные документы. На этом этапе чаще всего возникают следующие проблемы:



1. Отсутствие единого подхода к структуризации объектов нормативно-справочной информации. Вследствие этого возникает проблема отсутствия регламентации бизнес-процессов предприятия. Если нет четкого понимания того, к каким классам (входная информация, управление, механизм или выходная информация) относятся объекты нормативно-справочной информации, то задачи, выполняемые в рамках бизнес-процессов, не могут быть прописаны. Сотрудник должен знать, что ему нужно делать при выполнении задач в рамках бизнес-процесса, что использовать, когда и как это использовать, сколько по времени. Если процессы предприятия не регламентированы, предприятие не будет работать эффективно и не будет приносить желаемый доход.

2. Отсутствие единого принципа ведения нормативно-справочной документации. Нормативно-справочная информация может накапливаться на предприятии на протяжении долгого периода времени. Соответственно, некоторые документы могут быть, к примеру, двадцати- или тридцатилетнего срока давности, а некоторые документы могут быть созданы совсем недавно. Понятно, что документы из двух этих категорий имеют разный формат. С учетом этого обстоятельства проблемы могут возникнуть в тот момент, когда возникнет потребность во внедрении единой интегрированной автоматизированной информационной системы управления предприятием, поскольку информацию в эту систему необходимо будет вносить именно в том формате, который в ней используется.

3. К принципам ведения нормативно-справочной документации также можно отнести и принципы именования объектов. Если не учитывать этот фактор, то с высокой долей вероятности в документации могут возникнуть дубликаты объектов, что напрямую ведет к перегрузке документации в целом, появлению неуникальных объектов, ошибкам при производстве изделий или закупке изделий.

В данной статье представлены результаты исследования, целью которого является поиск, обозначение, а также формализация решений описанных выше проблем.

Целью исследования является решение проблемы отсутствия единого подхода к структуризации объектов нормативно-справочной информации и приведение этих объектов к единому виду и формату.

Для того чтобы достичь поставленной цели, необходимо решить следующие задачи:

- определить, в каких случаях используются объекты нормативно-справочной информации;
- сформировать принципы классификации объектов нормативно-справочной информации;
- определить, каким образом объекты нормативно-справочной информации связаны с другими объектами единой интегрированной автоматизированной информационной системы управления предприятием, и представить модель этих связей.

### ***Материалы и методы***

Поскольку ПАО «ОДК-УМПО» занимается производством газотурбинных двигателей, используемых в военной авиации, то нормативно-справочная информация, используемая на ПАО «ОДК-УМПО», содержит в себе справочники, описывающие процессы производства этих двигателей, их деталей. Помимо этого, в состав нормативно-справочной информации также входят справочники, в которых заданы требуемые параметры каждой детали, параметры отклонений, справочники стоимостей деталей и прочее.

Нормативно-справочная информация используется в производственных процессах и бизнес-процессах предприятия, то есть задает входные и выходные параметры процессов, их управление и механизмы в PDM-системе (для производственных процессов) и ERP-системе (для бизнес-процессов).

В рамках PDM-системы формируются такие документы, как СТП, ГОСТы, ISO9000, отражающие требования к технике безопасности, маршрутные карты, требуемые параметры производимых изделий. Чаще всего, на крупных предприятиях этих документов очень много и все они хранятся в различных местах и различных форматах. На ПАО «ОДК-УМПО», к примеру, эти документы хранятся и в ИНТЕРМЕХе, и в АСУПе как в бумажном виде, так и в электронном.

В рамках ERP-системы формируются управленческие процедуры, которые сопровождают действия работников по созданию изделий. Это может быть, например, алгоритм действий работника при обнаружении брака. Все эти процедуры отражают объекты нормативно-справочной информации и принципы их взаимодействия друг с другом в рамках процессов, осуществляемых на производстве. Одной из моделей, отражающих структуру данных ERP-системы, является ER-модель. Благодаря этой модели мы можем увидеть, как объекты нормативно-справочной информации взаимосвязаны между собой, не отвлекаясь на рамки процессов.

СТП, ГОСТы, ISO9000, создаваемые в рамках PDM-системы, и управленческие процедуры, создаваемые в рамках ERP-системы, формируют инструкции пользователей.

Для наглядности все описанное выше представим в виде схемы. Схема создания инструкций пользователей изображена на рисунке 1.

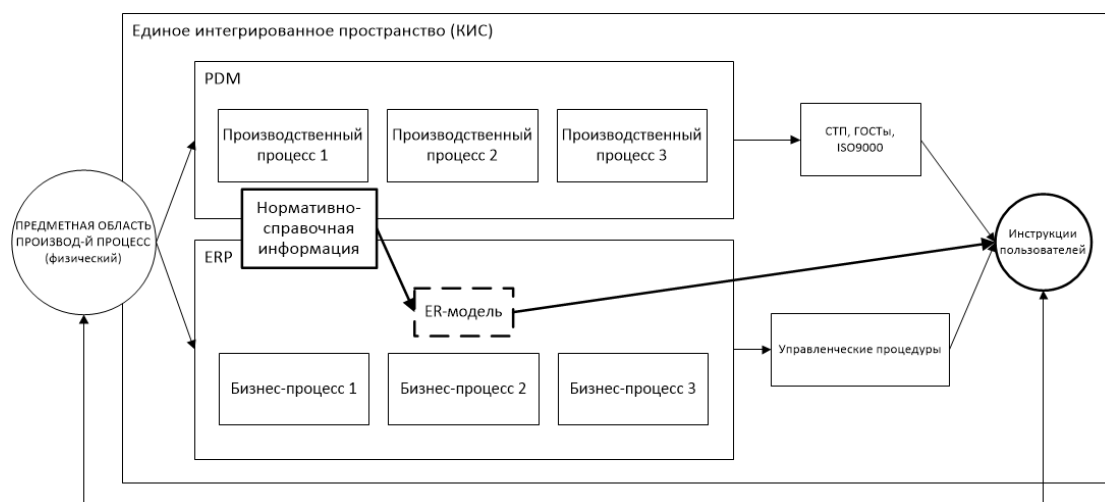


Рис. 1. Схема создания инструкций пользователей

До появления на предприятии ERP-системы инструкции пользователей разрабатывались вручную. На данный момент в ERP-системе существует технология ЕРАК, которая позволяет создавать непосредственно в системе инструкции пользователей в привязке к моделям бизнес-процессов, их подпроцессам и к задачам в рамках подпроцессов.

Основной проблемой при формировании в ERP-системе инструкций пользователей является то, что объекты нормативно-справочной информации не разбиты на классы и между ними не обеспечена необходимая взаимосвязь. То есть подразумевалось, что при создании инструкции пользователь будет выбирать, к примеру, изделие из списка изделий, но на данный момент ему приходится вводить название изделия вручную. Чтобы решить данную проблему, необходимо классифицировать объекты нормативно-справочной информации.

Согласно [2], основными элементами некоторого информационного пространства являются:

- информационные ресурсы (в данном случае объекты системы – объекты нормативно-справочной информации);
- средства информационного взаимодействия (то есть связи между объектами нормативно-справочной информации);
- информационная инфраструктура (то есть сама система, в которой объекты нормативно-справочной информации существуют).

Далее обратимся к методу структурирования объектов некоторого информационного пространства с помощью аппарата теории категорий, представленному в работах [1], [2] и [5]. Применим этот метод для структурирования объектов нормативно-справочной информации машиностроительного предприятия.

Поскольку под понятием «класс» в теории категорий понимаются некоторые множества, объединенные по некоторому свойству [3], то для начала представим следующий список объектов системы, которые в дальнейшем будем рассматривать как множества:

- персонал – объект, отражающий список работников, выполняющих операции по производству изделий;
- характеристики – объект, отражающий список характеристик изделий;
- подразделения – объект, отражающий список подразделений;
- ремонты – объект, отражающий список ремонтных работ, выполняемых по изделиям, при производстве которых был обнаружен брак;
- проект – работа – объект, отражающий список работ, выполняемых по изделиям;
- механизм – объект, отражающий список механизмов, используемых при выполнении производственных операций;
- производственные операции – объект, отражающий список производственных операций, выполняемых при производстве изделий;
- изделия – объект, отражающий список изделий, производство которых осуществляется на предприятии;
- план корректирующих действий (ПКД) – объект, отражающий список корректирующих действий по изделию с браком;
- отклонения – объект, отражающий список выявленных по изделию отклонений;
- работники – объект, отражающий список работников, ответственных за присвоение номера документу «Решение на отклонение от КД».

Напомним, что категорией в теории категорий называется некоторое множество объектов. Причем для каждой пары объектов должно быть задано множество, называемое множеством морфизмов этой пары, то есть множеством схожих свойств [4]. Исходя из этого, разделим представленные выше объекты на классы и определим их схожие свойства.

Объекты «Персонал», «Механизм», «Изделия» и «Работники» схожи тем, что они выполняют работы в рамках определенного процесса, то есть их можно отнести к категории «Ресурс». При этом объекты «Персонал» и «Работники»

можно отнести к подкатегории «Трудовой ресурс», а объекты «Механизм» и «Изделия» – к подкатегории «Материальный ресурс».

Категория «Ресурс» представлена на рисунке 2.

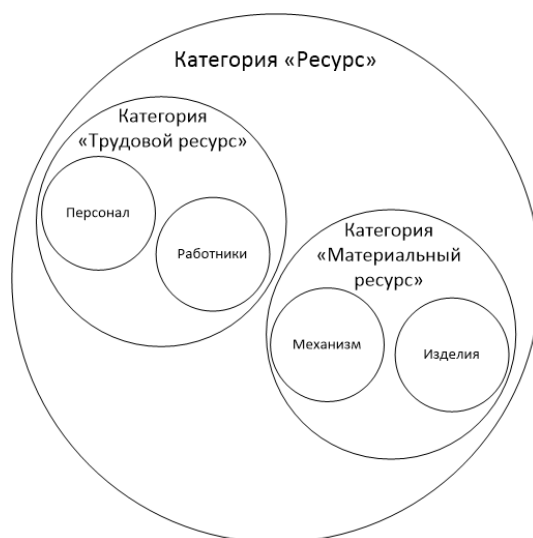


Рис. 2. Категория «Ресурс»

Объекты «Характеристики», «Подразделения» и «Отклонения» схожи тем, что они описывают представленные в списке объекты, соответственно, являются характеристиками по отношению к ним. То есть их можно объединить в одну категорию «Характеристика». При этом объект «Отклонения» будет являться подкатегорией по отношению к категории «Характеристика» и будет содержать в себе объект «Характеристики» (в системе таблица «Отклонения» содержит атрибут «Контролируемый параметр», по которому можно перейти в отдельную таблицу «Характеристики»).

На рисунке 3 представлена категория «Характеристика».



Рис. 3. Категория «Характеристика»

Объекты «Ремонты», «Проект – Работа», «Производственные операции» и «План корректирующих действий» схожи тем, что являются процессами, выполняемыми в рамках производства изделий. То есть их можно объединить в категорию «Процесс». При этом объект «Проект – Работа» будет являться подкатегорией по отношению к категории «Процесс» и будет содержать в себе объект «Ремонты» (по аналогии с объектами «Отклонения» и «Характеристики»).

Категория «Процесс» представлена на рисунке 4.



Рис. 4. Категория «Процесс»

Основываясь на предложенной классификации описанных выше объектов, мы можем представить их в виде некоторой структуры, которая позволит в дальнейшем решить проблему, возникающую при формировании инструкций пользователей (подробнее данная проблема описана во введении к статье).

### ***Результаты и обсуждения***

Представленный с помощью аппарата теории категорий фрагмент модели дает возможность работы с большим объемом информации, хранящейся в нормативно-справочной документации, а также дает возможность «рассматривать и оперировать... объектами независимо от их внутренней структуры» [1].

Также благодаря представленной классификации объектов нормативно-справочной информации и обеспечению между ними взаимосвязи возможно будет решить проблему, возникающую при формировании в ERP-системе инструкций пользователей. Помимо этого, представленные фрагменты позволяют перейти к формированию ER-модели.

### ***Выводы***

Получены следующие результаты:

1. Определено, в каких случаях используются объекты нормативно-справочной информации.
2. Сформированы принципы классификации объектов нормативно-справочной информации.
3. Определено, каким образом объекты нормативно-справочной информации связаны с другими объектами единой интегрированной автоматизированной информационной системы управления предприятием, и представлена модель этих связей.

Таким образом, результаты исследования позволяют формализовать решения описанных выше проблем. Применение этих решений упростит процесс создания инструкций пользователей благодаря тому, что объекты нормативно-



справочной информации будут храниться в системе в структурированном формате.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабак С. Ф., Куликов Г. Г., Бармин А. А., Старцев Г. В. Структурирование контента информационного пространства на основе системной модели решаемой задачи с использованием аппарата теории категорий // Вестник УГАТУ. 2014. Том 18. № 4. С. 105-114.
2. Бабак С. Ф., Куликов Г. А., Бармин А.А., Старцев Г.В. Идентификация слабоструктурированных информационных ресурсов в интеллектуальных системах управления на основе системных моделей и аппарата теории категорий // Вестник УГАТУ. 2014. Том 18. № 1. С. 122-130.
3. Adamek J., Herrlich H., Strecker G. E. Abstract and concrete categories.. the joy of cats. New York: «John Wiley and Sons», 1990. 524 с.
4. Букур И., Деляну А. Введение в теорию категорий и функторов. Москва: «МИР», 1972. 130 с.
5. Старцев Г. В., Шилина М. А., Бармин А. А., Бармина О. В. Структурирование информационного пространства технического университета с использованием процессного подхода и семантической идентификации // Экономика, Статистика и Информатика. 2014. № 3. С. 203-207.

УДК 62-5(075)

В. С. ЕЖОВА

*vika.ezhova.16@mail.ru*

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. А. Р. ИШКУЛОВА

***Филиал ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет» в г. Кумертау***

## **К ВОПРОСУ МОДИФИКАЦИИ МЕТОДОВ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**Аннотация.** В работе рассмотрены наиболее популярные методы решения задач оптимального управления, к которым можно отнести градиентные и стохастические методы. Рассмотрены основные принципы работы таких оптимизационных алгоритмов, как нейронные сети, нечеткая логика и генетические алгоритмы. Проведен анализ из преимуществ и недостатков. Сделаны предложения по повышению эффективности решения оптимизационных задач управления за счет модификации их посредством совместного применения нескольких методов.

**Ключевые слова:** оптимизация, градиентные методы, нечеткая логика, нейронные сети, генетические алгоритмы.

Повышение эффективности управления различными технологическими процессами является одной из актуальных научно-технических проблем, решение которой может быть получено за счет применения различных методов оптимизации.

Эффективность большинства технологических процессов зачастую сводится к определению качественных показателей управления или расхода ресурсов на его проведение.

Как правило, такие показатели имеют экстремальный характер, таким образом, в оптимизационных задачах требуется найти значение входных параметров, при котором достигается максимум или минимум целевого критерия.

Условно все оптимизационные методы можно разделить на методы, использующие понятие производной, к которым относятся градиентные методы, и стохастические методы, к которым относятся такие методы как нечеткая логика, нейронные сети и генетические алгоритмы.

Каждый из методов имеет свои преимущества и недостатки, так градиентные методы для одних задач могут иметь высокую эффективность и быст-

родействие, но для решения других задач, не позволяют обеспечивать требуемого результата, что соответственно приводит к необходимости поиска наиболее эффективного метода для каждой конкретной задачи. Помимо этого, с их помощью можно найти экстремальное значение целевой функции, но не всегда можно быть уверенным, что получено значение глобального экстремума, в условия решения задачи, имеющей многоэкстремальный характер, что приводит к так называемой преждевременной сходимости. Помимо проблемы преждевременной сходимости существует другая проблема — время процесса вычислений. Зачастую более точные оптимизационные методы требуют большого количества итераций расчетов для обеспечения требуемой точности.

Для решения поставленных проблем и были разработаны новые оптимизационные алгоритмы, к которым и относятся нечеткая логика, нейронные сети и генетические алгоритмы.

Одним из таких методов являются нейронные сети, которые по своим принципам напоминают процессы мышления, которые протекают в человеческом сознании.

Нейронные сети можно отнести к *эмпирическим моделям*, которые аппроксимируют представление о работе нейронов человеческого мозга. Нейросетевая технология способна моделировать природу для реализации некоторых возможностей естественного интеллекта [1].

Результатом такого моделирования будет являться решение тех проблем, связанных с автоматизацией, которые направлены на компенсацию незнания или непонимания механизма протеканий технологического процесса или трудностей точного его описания, вызванных их сложностью, нелинейностью и тому подобными факторами [1].

Таким образом, нейронные сети представляют собой альтернативный подход оптимизации процессов управления, которые позволяют воспроизводить интеллектуальное поведение без наличия точного формального описания процесса.

Еще одним методом является использование принципов нечеткой логики, которые основываются на предложениях в форме правил для того, чтобы управлять тем или иным процессом.

Принципы нечеткой логики основываются на использовании оборотов схожих с естественным языком человека, соответственно это расширяет диапазон вариантов действия системы управления и ее реакции на различные условия протекания процесса, что их отличает от классической логики, где существуют только два варианта ответа «истина» либо «ложь» [2].

Управление процессом, при помощи данного метода, производится регулятором работающим на основе нечеткой логики, который может иметь неограниченное число входных сигналов и строится на основе знаний эксперта, а также в отличие от традиционных систем управления может синтезироваться без использования специфических знаний о объекте. Таким образом, данный метод не требует полного и точного математического описания объекта управления.

Регуляторы на основе нечеткой логики хорошо себя зарекомендовали в условиях управления сложными нелинейными системами, а также системами с нелинейными внешними возмущениями. Однако, главным недостатком нечеткой логики, является необходимость наличия полной и достоверной информации об объекте управления, от чего в большей степени зависит эффективность применения данного метода [2].

Помимо этого, для решения задач оптимального управления был предложен алгоритм, который основан на принципах естественного отбора Ч. Дарвина и получил название генетические алгоритмы.

Принципы поиска оптимального решения, используемые генетическими алгоритмами, схожи с биологическими, по этой причине они применяют терминологию, которая напоминает биологическую. Так, одно пробное решение, называется особью или хромосомой, а набор всех пробных решений – популяцией. Как известно, принцип естественного отбора заключается в том, что в

конкурентной борьбе выживает наиболее приспособленный. В нашем случае приспособленность особи определяется целевой функцией: чем меньше (больше) значение целевой функции, тем более приспособленной является особь, т.е. пробное решение, использовавшееся в качестве аргумента целевой функции [3].

Генетические алгоритмы успешно применяются в различных областях деятельности (экономика, физика, технические науки и т.п.). Для повышения эффективности применения ГА разработаны различные модификации операций отбора, скрещивания и мутации пробных решений [3].

Генетический алгоритм за счет применения стохастических принципов формирования исходного набора пробных решений и проведения операций скрещивания и мутации позволяют эффективно решать задачи, обладающие многоэкстремальным характером, и сокращают вероятность попадания в точки локального экстремума.

Таким образом, каждый из методов решения задачи оптимального управления, как градиентные, так и стохастические, имеют свои преимущества и недостатки, что делает их эффективными для одной задачи и не целесообразными к применению для других.

Однако, не один из методов не исключает возможности их использования на различных этапах поиска оптимального решения задачи управления, что повышает эффективность и быстродействие процесса поиска оптимума.

Так генетические алгоритмы эффективно используются в процессе обучения нейронных сетей, что скажется на качестве выработки управляющих сигналов, при этом генетические алгоритмы требуют большого количества итераций для обеспечения определения решения наиболее приближенного к точке экстремума, что соответственно занимает довольно много времени, а в процессе обучения нейросети это не является столь критическим. За счет этого можно получить результат схожий с применением ГА, но при этом на поиск оптимума будет затрачено значительно меньше времени.

Кроме того, генетические алгоритмы могут быть эффективно применены в качестве инструмента для определения начального приближения для градиентных методов, от чего непосредственно зависит эффективность их использования. Такое совместное применение генетических алгоритмов и градиентных методов позволит сократить вероятность преждевременной сходимости и определить точку глобального экстремума. Помимо этого, сократиться длительность поиска оптимального решения.

Повысить качество работы нечеткого регулятора также можно за счет применения нейронных сетей и генетических алгоритмов, которые могут быть использованы для исследования объектов управления, и на основании результатов, которых могут быть составлены более эффективные правила управления, которые в свою очередь могут быть использованы в дальнейшем для составления управляющих программ.

Таким образом, за счет коллаборации нескольких методов оптимального управления, как градиентных, так и стохастических можно повысить качество и быстродействие процесса решения задачи оптимального управления.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бахтин А.В., Ремизова И.В. Элементы искусственного интеллекта в системах управления: учебное пособие /СПбГТУРП. – СПб., 2014 – 54 с.
2. Демидова Г.Л., Лукичев Д.В. Регуляторы на основе нечеткой логики в системах управления техническими объектами – СПб: Университет ИТМО, 2017 – 81 с.
3. Панченко, Т. В. Генетические алгоритмы: учебно-методическое пособие / под ред. Ю. Ю. Тарасевича. — Астрахань : Издательский дом «Астраханский университет», 2007. — 87 с.

УДК 004

Э. Н. ЗИГАНШИНА

*ziganshina.elvina@yandex.ru*

Науч. руковод. – канд. техн. наук Т. К. ГИНДУЛЛИНА

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **ОБЗОР МЕТОДОВ ТЕСТИРОВАНИЯ ПРОДУКЦИИ ПРИ ВНЕДРЕНИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ**

**Аннотация.** В данной статье рассмотрены вопросы деятельности сектора качества предприятия при разработке и внедрении информационной системы. Проведен анализ существующих проблем и выполнена оценка влияния факторов на качество продукции. Рассмотрены наиболее распространенные виды тестирования, выявлены их преимущества и недостатки. В ходе исследования проблем тестирования программного продукта предложены методы по решению этих проблем.

**Ключевые слова:** тестирование; управление качеством; машиностроительное предприятие; информационная система; разработка; внедрение.

### ***Введение***

Сейчас во многих предприятиях проходит трансформация автоматизации предприятия. Иными словами, переход на новую технологическую платформу. Запускаются множество проектов по усовершенствованию процессов с помощью разработки, доработки и внедрения информационных систем. В связи с чем качество продукции будет зависеть и от правильно реализованной приемки программного продукта.

Вопрос качества продукции является одним из главных вопросов для большинства предприятий. В связи с чем возникает потребность в правильном и эффективном его управлении. В рамках данной работы под системой управления качеством продукции понимается такая система методов и средств, которая позволяет обеспечить, поддерживать и контролировать процессы деятельности предприятия, направленные на достижение совокупности потребительских целей к высокому уровню качества программного продукта [1].

Актуальность данной темы заключается в том, что рассматриваемый вопрос является важным в рамках любого предприятия. На данном этапе развитие системы управления качеством продукции проходит неэффективно, поскольку нет определенного метода приемки проектов по разработке и внедрению про-

граммных продуктов. Одним из основных элементов данной системы управления является тестирование, поскольку от правильно сформированной методики тестирования и от качества его выполнения зависит корректность и правильность разработки программного продукта.

С одной стороны, качество программного обеспечения означает безошибочный вывод программой данных, но, с другой стороны, в пределах предприятия этого недостаточно. Для любой организации важным фактором является то, как ключевые пользователи работают с программой.

При нынешнем подходе приемки программных продуктов на предприятии существует несколько важных проблем, одной из которых является процесс тестирования со стороны заказчика. Ведь когда тестировщики сталкиваются с тестированием программного продукта, они отрабатывают именно тот сценарий, который дает им компания-подрядчик. Поэтому можно сказать, что на данный момент на многих предприятиях нет единого подхода или методики тестирования программного средства, с помощью которого можно было бы ускорить процесс тестирования, а также выявить те вещи, на которые стоит обращать внимание при тестировании.

Целью исследования является анализ существующих решений по поставленной проблеме процесса тестирования программного продукта при управлении качеством продукции.

Задачами исследования являются:

- анализ проблемы выбранной предметной области;
- выявление и изучения методов решения, с помощью которых можно устранить проблему;
- оценка, выбор и обоснование оптимального решения проблемы.

### ***Анализ существующих решений проблемы***

Для того чтобы подробно изучить методику тестирования при управлении качеством продукции необходимо углубиться в самую суть ее технологии.



Нужно проанализировать процесс тестирования, выяснить принцип работы тестировщиков с программным обеспечением, какие существуют методики тестирования в мире. Для начала необходимо разобраться с самой системой управления качеством продукции.

По словам американского ученого и академика Международной академии качества Филлипа Кросби, «качество – это соответствие пользовательским требованиям», оно является достижимым и измеримым [2].

Другой специалист в сфере качества Джозеф Джуран отмечает, что «качество – это есть пригодность к использованию» [3].

Приведенные определения показывают, что при управлении качеством программных продуктов можно опираться на количественные и качественные методы исследования в целях оценивания достижимости поставленных требований.

В процессе управления качеством выделяют три основных фактора, которые влияют на качество программного продукта: качество системы, качество результатов, качество процессов [4].

На рисунке 1 представлена взаимосвязь качеств, исходя из которой видно, что на качество результатов влияют качество системы и качество процессов.

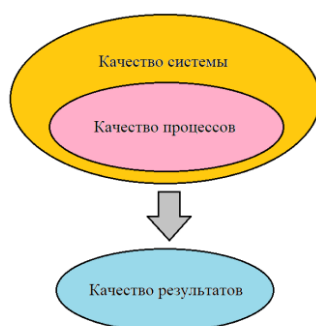


Рис. 1. Взаимосвязь качеств

Для высокого качества программных продуктов особенно важно упорядоченное, планируемое тестирование их модулей, компонентов и комплексов программ. Другими словами, необходима слаженная организация всего процесса разработки программного средства [5]. Поэтому при оценке качества про-

граммного продукта всегда применяется целый комплекс мер, среди которых тестирование программного продукта на предмет обнаружения ошибок – один из важнейших этапов разработки.

Тестирование является достаточно трудоемким этапом разработки программного продукта. Однако в научной литературе про отладку ПО сравнительно мало информации. Это можно объяснить тем, что в основном большое внимание уделяется языкам программирования и процессу реализации программ [6].

Опираясь на вышесказанное, можно привести классификацию проблем, с которыми может столкнуться заказчик при приемке программного продукта

- компания-подрядчик не укладывается в сроках тестирования;
- затраты на тестирование не обеспечили приемлемое качество продукта;
- программный продукт не соответствует функциональным требованиям;
- ошибки в пользовательском интерфейсе;
- наличие в команде компании-подрядчика неквалифицированных специалистов;
- халатное отношение компании-подрядчика к тестированию.

Из этого можно сделать вывод, что причиной не достижения ожидаемого качества выходного продукта могут являться плохо организованные работы над модулем приемки программных продуктов, то есть отсутствие слаженной методики испытаний и тестирования ПО [7].

Для автоматизации процесса модуля приемки программного продукта необходимо рассмотреть методы тестирования. На сегодняшний день с точки зрения автоматизации существуют несколько таких видов:

- ручное тестирование;
- автоматизированное тестирование;
- полуавтоматизированное тестирование [8].

Как показывают исследования А.И. Шакировой в статье «Сокращение времени тестирования программного обеспечения» большинство компаний используют полуавтоматизированное тестирование, чуть меньше – ручное, и на последнем месте полностью автоматизированное тестирование [9].

В ходе ручного тестирования тестировщик проверяет все особенности программного обеспечения самостоятельно без использования каких-либо средств автоматизации тестирования [10]. В таблице 1 представлены основные особенности и недостатки данного вида тестирования.

Таблица 1

Достоинства и недостатки ручного тестирования

Достоинства	Недостатки
Дешевизна	Большие временные затраты на тестирование
Не нужно тратить время на написание тест-кейсов	Человеческий фактор, то есть при тестировании могут быть упущены ошибки
Человеческий взгляд и интуиция позволяют проверить программный продукт в нетипичных сценариях и обнаружить ошибки	Нет возможности проверить все допустимые сценарии при различных ситуациях в процессе тестирования ПО
Пользовательский фидбек, то есть возможность выявить ошибки в дизайне или верстке	Отсутствие возможности смоделировать большую нагрузку на систему

Проблемы, связанные с высокими затратами на тестирование и низкой эффективностью можно решить с помощью использования автоматизированного тестирования. Данный вид тестирования основывается на написанных тестовых сценариях и выполняется автоматически. Суть такого тестирования заключается в том, что сравниваются фактические результаты с ожидаемыми результатами [10]. В таблице 2 представлены основные особенности и недостатки автоматизированного тестирования.

Таблица 2

Достоинства и недостатки автоматизированного тестирования

Достоинства	Недостатки
Нагрузочные тесты	Большие стоимостные затраты
Повторное тестирование, то есть использование тестового сценария несколько раз	Нет возможности проверить в полной мере пользовательский интерфейс
Сокращение временных затрат на тестирование	Отсутствие «человеческого взгляда» и интуиции
Отсутствие ошибок из-за человеческого фактора	Техническое обслуживание тестов, то есть обновление и поддержание их в актуальном состоянии

Также иногда применяется полуавтоматизированное тестирование, которое сочетает в себе ручное тестирование с применением средств автоматизации. Суть такого тестирования заключается в том, чтобы писать автоматические тесты для каждой сложной функции, где требуется точность вычисления.

В настоящее время большее внимание уделяется автоматизированному тестированию. Такое тестирование включает в себя следующие виды:

- регрессионное тестирование. Данное тестирование является ресурсозатратным, но эффективным [11]. Главная идея состоит в том, чтобы проверить на работоспособность уже протестированные модули при добавлении нового функционала;

- тестирование производительности. Суть такого вида тестирования заключается в необходимости проверки ПО под воздействием максимальной нагрузки;

- кроссбраузерное и кроссплатформенное тестирование. В этом тестировании проверяется работоспособность программного продукта на разных платформах для обеспечения стабильного поведения системы с учетом всех особенностей операционных систем или различных браузеров и устройств. При применении такого метода тестирования требуется не только использование надежного инструментального аппарата, а также адаптация данного средства к техническим требованиям программного продукта [12];

- модульное тестирование. Такой вид тестирования позволяет проводить испытания на отдельных участках программного кода, преимуществом которого является более детальная проверка единичных функций программы, а не системы в целом.

Перечисленные методы автоматизированного тестирования показывают довольно хорошие результаты при применении в различных сферах деятельности. Но когда необходимо проверить функциональность всей системы в целом, возникают проблемы, связанные со сложностью написания тестов и отсутстви-

ем проверки случайных ситуаций при тестировании. Исходя из этого возникают следующие задачи:

- упрощение составления тестов или автоматическое создание тестовых сценариев;
- добавление проверки различных случайных ситуаций в поведение тестового скрипта [13].

Ручное и автоматизированное тестирование применяется во многих реальных проектах. Фактически, эти два вида тестирования дополняют друг друга и позволяют производить продукт хорошего качества. Автоматизированное тестирование не заменит ручное, но позволит тестировщикам сэкономить время, когда необходимо выполнить набор повторяющихся действий. А ручное тестирование хоть и занимает много времени, но без него не обойтись, если требуется проверить пользовательский интерфейс и дизайн. Поэтому для получения наилучшего результата и высокого качества продукта необходимо использовать полуавтоматизированное тестирование, то есть комбинацию ручного и автоматического.

### ***Выводы***

В ходе работы автор выявил проблему плохо организованного модуля приемки программных продуктов на предприятиях из-за отсутствия единой методики тестирования, которая приводит к снижению качества продукции. Затем описаны методы тестирования, выявлены их достоинства и недостатки, в ходе анализа которых предложен наиболее эффективный вариант решения проблем – использовать комбинацию ручного и автоматизированного тестирования. Основным принципом применения данной технологии в области системы управления качеством является то, что данная методика позволит ускорить процесс тестирования и выявления ошибок.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сооляттэ А.Ю. Обзор международных и национальных стандартов по управлению проектами // Executive.ru. URL: <https://www.e-executive.ru/management/practices/1741540/> (дата обращения: 26.05.2022).
2. Струбалин П.В., Фатьянова А.А. Управление качеством программного обеспечения // Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета. 2019. Том 76. № 2. С. 108-111.
3. Майкова П.Н., Майкова Е.Н., Захарова Ю.О., Андреасян Г.М. Сущность и значение системы менеджмента качества // Форум молодых ученых. 2020. Том 50. №10. С. 344-350.
4. Афанасьева Т.В. Основы управления качеством программных средств: учебное пособие. Ульяновск: УлГТУ, 2017. 85 с.
5. Галимова Е.Ю. Методика выбора автоматизированного, ручного и смешанного способа тестирования программного продукта, основанная на критериях качества // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2019. № 7. С. 248-256.
6. Майерс Г., Баджетт Т., Сандлер К. Искусство тестирования программ. Москва: Диалектика. 2012. 271 с.
7. Власова Т.И. Особенности управления качеством в инновационных IT-проектах // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Экономика. 2020. №3. С. 61-72.
8. Котляров В.П. Основы тестирования программного обеспечения. Интернет-университет информационных технологий. БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. 285 с.
9. Шакирова, А. И. Сокращение времени тестирования программного обеспечения / А. И. Шакирова, А. Ф. Хасьянов, Э. Ф. Даутов // Современные наукоемкие технологии. – 2019. – № 7. – С. 104-109.
10. Михальчук В.Д., Решентикова И.В. Использование ручного и автоматизированное тестирования ПО в гибких методологиях проектирования // Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации: сборник научных трудов XV-ой Международной научно-практической конференции, Курск, 19–20 марта 2020 года. – Курск: Юго-Западный государственный университет. 2020. С. 203-207.
11. Данилов А.Д., Мугатина В.М. Применение аппарата искусственных нейронных сетей в задаче оптимизации процесса тестирования программного обеспечения // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2018. Том 14. № 2. С. 7-14.
12. Качалов С.К. Методика создания средства автоматического тестирования кроссплатформенного программного обеспечения // Наукосфера. 2021. № 4-2. С. 129-134.
13. Бабин Д.В. Использование нейронных сетей в тестировании сложных программных систем // Комплексная защита информации. Электроника инфо. Материалы XVIII Международной конференции 21-24 мая 2013 года, Брест (Республика Беларусь). 2013. С. 112–113.

УДК 004

М. Е. КОЛЕСНИКОВА

*mk8419457@gmail.com*

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. Л. Е. РОДИОНОВА

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ КАТЕГОРНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ В ПРОЕКТИРОВАНИИ САЙТА**

**Аннотация.** В данной статье рассмотрен способ написания сайта с использованием теории категорий и приведен практический пример сайта.

**Ключевые слова:** веб-разработка; теория категорий; морфизмы; функторы.

Каждый бизнес нуждается в рекламе своих услуг. В современном мире сайт – один из способов рекламировать продукт или услугу в интернете. Сегодня сайт для малого бизнеса – это залог успеха и это дополнительный офис, который работает круглосуточно без выходных и перерывов. Ведь клиент привередлив, ленив и недоверчив. Если потенциальный заказчик услуг не сможет в течение 5 минут ознакомиться с ними, то он просто не позвонит.

Но создание сайта подразумевает обширные познания в программировании и дизайне. Для верстки любого сайта обычно используются как классические языки: HTML, CSS, JavaScript, так другие способы.

В данной работе будет рассмотрено написания сайта с использованием теории категорий. Так как эта теория оперирует структурой, а не деталями. А композиция, стоящая в самой основе теории – суть программирования. Суть объектно-ориентированного программирования заключается в комбинировании объектов, а функционального не только в комбинировании функций и алгебраических структур данных, но и оно делает параллелизм компоновым.

Теория категорий – раздел математики, изучающий свойства отношений между математическими объектами, не зависящие от внутренней структуры объектов. Как было описано выше, общекатегорийные понятия используются в языке функционального программирования [1].

Объект категории – это базовое и неопределяемое понятие теории категорий, применяемое для обозначения элементов категории, в роли которых могут выступать математические объекты, объединяемые заданной категорией в совокупность. Например, таковыми могут быть, множества, алгебраические системы определенного класса и схемы [2].

На рисунке 1 изображена композиция из множеств, морфизмов и функторов.

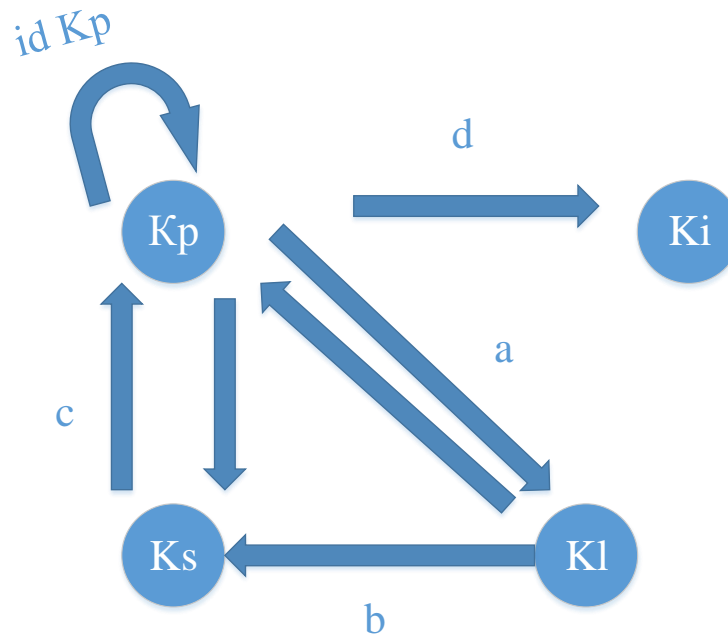


Рис. 1. Изображение композиции

$K_s = \{k_1, k_2, \dots, k_n\}$  - множество стилей

$K_l = \{k_1, k_2, \dots, k_m\}$  - множество языков программирования

$K_p = \{k_1, k_2, \dots, k_j\}$  - множество страниц сайта

$K_i = \{k_1, k_2, \dots, k_z\}$  - множество изображений

Для каждой пары морфизмов  $d \in \text{Hom}(K_l, K_s)$ ,  $c \in \text{Hom}(K_p, K_s)$  и  $a \in \text{Hom}(K_p, K_l)$  определена композиция:  $d \circ c \circ b \circ a: K_p \rightarrow K_l \rightarrow K_s \rightarrow K_p \rightarrow K_i$ .

Для разработки сайта, применим рассмотренный выше подход проектирования сайта с использованием теории категорий на основе функторных отношений объектов. Где  $a: K_p \rightarrow K_l$  левый верхний сопряженный функтор, а  $b: K_l \rightarrow K_s$  правый нижний сопряженный функтор. Исходя из свойств морфизмов и функторов  $F(\text{id}_{K_p}) = \text{id}_{F(K_p)}$ . Полученный сайт изображен на рисунке 2.





Рис. 2. Сайт такси

Структура сайта представляет собой HTML-код, включающий в себя шапку и тело сайта, которые состоят из блоков. Сайт делится на 4 основных блока: о нас, наши услуги, отзывы и связаться с нами. Которые в свою очередь состоят из картинок, таблиц и кнопок, размещенных с помощью стилей CSS.

```

<!DOCTYPE html>
<html>
<head>
</head>
<body>
<div id="container">
<div>

<div class="top-right">
<a href="#onaas"></a>
<a href="#tabl"></a>
<a href="#t3"></a>
</div>
</div>
<div id="onaas">
<h1>Абсолют такси - быстро, выгодно, надёжно!</h1>
<p>Мы работаем на рынке пассажирских перевозок уже более 10 лет.
<p>Такси Абсолют гарантирует профессиональный и строгий подход к отбору водителей,
</div>
</div>
<div id="tabl"><h1>Наши услуги</h1>
<div class="pop">
<div class="koguvcavis-varazdel">
<div class="sestim-donials">
</div>
</div>
</div>
<div class="con">
<div class="u"></div>
<div class="y">
<h1 id="t3">Связаться с нами вы можете 24/7</h1>
<h2><a href="tel:+7 (9273) 29 99 09">8-927-329-99-09 </a><br>
</div>
</div>
<div id="f5">
</div>
</body>
</html>

```

Рис. 3. Код сайта

Функторы можно рассмотреть детальнее на примере кода:

$K_p$  - `<link rel="stylesheet" href="1.css">`.

$K_s$  - `.img1 {width: 100%; height: auto; display: block; margin-left: auto; margin-right: auto; position: relative;}`.

В результате исследования были проведены расчеты морфизмов и функторов, исходя из которых, написан код сайта такси. Теория категорий является основой функционального программирования и позволяет рассмотреть создание сайта с другой стороны.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. С. П. Ковалёв, Теоретико-категорный подход к проектированию программных систем, Фундамент. и прикл. матем., // Теоретико-категорный подход к проектированию программных систем. 2014. Т. 19, выпуск 3, 111–170.
2. В. Л. Васюков Категорная логика. // Категорная логика. М.: АНО Институт логики, 2005. – 208 с.

УДК 004

Н. А. КОНОНОВ

*knnv.nkt@gmail.com*

Науч. руковод. – д-р техн. наук, проф. В. В. АНТОНОВ

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **РЕИНЖИНИРИНГ БИЗНЕС-ПРОЦЕССА В СФЕРЕ ОБРАЗОВАНИЯ СРЕДСТВАМИ СЕРВИС-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА К ПОСТРОЕНИЮ АРХИТЕКТУРЫ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ**

**Аннотация.** В статье рассматривается вопрос применения современных информационных технологий для автоматизации бизнес-процессов в рамках цифровой трансформации сферы образования на примере кафедры высшего учебного заведения. При исследовании проведен системный анализ проблемы низкой автоматизации кафедры вуза и разработаны предложения по автоматизации бизнес-процесса «Организация и проведение государственной итоговой аттестации» средствами технологий, относящихся к гиперавтоматизации. Проблема рассмотрена на примере бизнес-процесса «Организация и проведение государственной итоговой аттестации»: выполнено исследование существующего бизнес-процесса; выявлены недостатки и особенности его реализации; предложен новый подход к построению архитектуры информационной системы организации, основанный на функциональных сервисах; разработана усовершенствованная модель бизнес-процесса, реализующая предложенный подход; выполнена оценка разработанного подхода.

**Ключевые слова:** цифровая трансформация; образование; гиперавтоматизация; чат-боты; RPA; системный анализ; искусственный интеллект; сервис-ориентированная архитектура; реинжиниринг бизнес-процессов.

### ***Введение***

Мир вокруг нас стремительно меняется. Последнее десятилетие человечество живет в эпоху глобальной цифровизации. Вследствие чего первоочередными задачами любого хозяйствующего субъекта становится поиск и внедрение цифровых решений, которые позволят им быть более гибкими, быстрыми и эффективными.

Сфера образования не является исключением и так же, как и многие другие сферы проходит через процесс цифровой трансформации [1]. Возникают такие понятия как «цифровой сервис в образовании» и «цифровая образовательная платформа» [2]. Несмотря на высокую популярность понятия «цифровая трансформация», единого определения для него нет [3]. Цель данного процесса использование современных технологий для переосмысления, рационализации и автоматизации бизнес-процессов предприятия или организации.

В высших учебных заведениях процесс цифровой трансформации идет полным ходом и уже видны первые результаты. Ярким примером может служить сервис, запущенный в 2020 году, позволяющий подать заявление на поступление дистанционно с помощью сайта государственных услуг.

Большое количество сервисов на данный момент находятся на этапе разработки концепции и апробации. В перспективе планируется интегрировать информационные системы вузов с Федеральной налоговой службой для получения объективных оценок трудоустройства выпускников и независимой оценки востребованности направлений подготовки; выполнить переход к электронным ведомостям и цифровым зачетным книжкам.

Стоит заметить, что в ходе цифровой трансформации высших учебных заведений кафедры не являются первоочередным объектом трансформации. Зачастую фокус команды трансформации смещен на укрупненное направление деятельности, формируя архитектуру организации по принципу «сверху-вниз» [4]. В результате чего возникает проблема – кафедра, как наименьшая структурная единица вуза, обладает низким уровнем автоматизации, а ее информационно-аналитические потребности остаются неудовлетворены.

*Целью* данной работы является исследование современных информационных технологий, позволяющих повысить уровень автоматизации кафедры и увеличить степень удовлетворенности ее информационно-аналитических потребностей средствами применения нового подхода к построению архитектуры информационной системы.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие *задачи*:

- провести системный анализ выявленной проблемы;
- рассмотреть современные информационные технологии и возможность их применения в рамках кафедры университета;
- определить особенности реализации и недостатки существующего бизнес-процесса;

- разработать подход к построению архитектуры информационной системы, позволяющий разрешить проблему семантической разобщенности информационных ресурсов;
- сформировать предложения по реинжинирингу существующего бизнес-процесса средствами разработанного подхода и современных технологий гиперавтоматизации [4].

### ***Системный анализ проблемы***

Подходя к проблеме низкой автоматизации кафедры высшего учебного заведения с точки зрения системного анализа, ее причинами является ряд взаимосвязанных факторов, таких как: низкий уровень осведомленности в современных технологиях, отсутствие применения процессного подхода, отсутствие возможности интеграции сервисов, отсутствие цифровых регламентов, закрытость цифрового пространства университета, низкая степень покрытия бизнес-процессов кафедры средствами автоматизации.

В качестве следствия выявленной проблемы можно рассматривать: отсутствие централизованного хранилища данных, ручное выполнение функций и их дублирование, ограниченные аналитические возможности, низкий уровень управления знаниями, низкий уровень переиспользования ресурсов, высокая вероятность возникновения ошибки, высокие временные затраты на выполнение должностных обязанностей, неоптимальное использование рабочего времени. На рисунке 1 представлена поставленная проблема в общем контексте проблемосодержащей среды в виде ориентированного графа.

Согласно первому закону системного анализа каждая система является системой среди себе подобных, так как состоит из множества систем и подсистем, а также является подсистемой другой более сложной системы. Кафедру высшего учебного заведения как систему можно декомпозировать в виде набора бизнес-процессов [5] (рис. 2), уровень автоматизации каждого из которых

имеет непосредственной влияние на общий уровень автоматизации кафедры в целом.

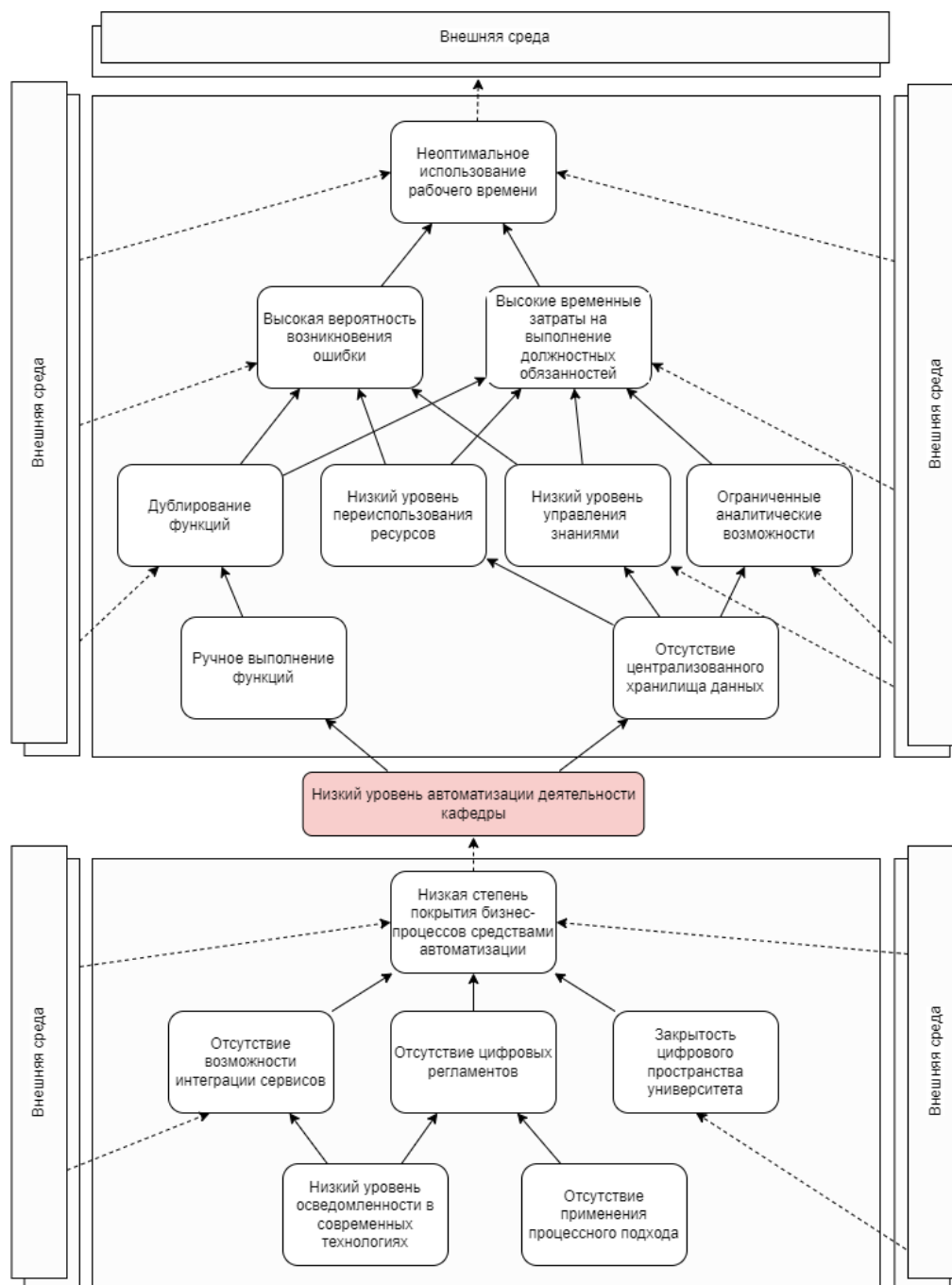


Рис. 1. Проблемосодержащая система в виде ориентированного графа

Рассматриваемая система относится к категории сложных, согласно определению сложных систем, даваемым в работах по системному анализу Месаровича, Берталанфи и Уемовым [6]. Перечисленные исследователи определяют данное понятие как системы, имеющие совокупность устойчивых связей. Нельзя отрицать и возможность возникновения некоторых эмерджентных свойств

системы при объединении набора сервисов (элементов), возникших в результате автоматизации.



Рис. 2. Фрагмент бизнес-процессов кафедры

Для дальнейшего рассмотрения был выбран один из бизнес-процессов – «Организация и проведение государственной итоговой аттестации». Выбор процесса обусловлен наименьшим уровнем автоматизации и наиболее высокими временными затратами.

### ***Анализ рынка современных информационных технологий***

Выполнив исследование выбранного бизнес-процесса средствами структурного анализа и проектирования [7], а также проанализировав существующие современные информационные технологии были выявлены релевантные решения, такие как: роботизированная автоматизация процессов (RPA), искусственный интеллект (AI), чат-боты (Chat-bot), блокчейн [8]. Стоит отметить, что все их перечисленных технологий относятся к подходу гиперавтоматизации.

Анализ рынка является важнейшим этапом цифровой трансформации и внедрения той или иной технологии. Николас Дж. Карр считал, что чрезмерные инвестиции в информационную инфраструктуру уже не могут дать избыточной отдачи, а некоторых случаях они и вовсе не являются необходимыми. В своей работе [9] он предлагает четыре стратегических правила: 1) ограничить бюджет

и меньше расходовать; 2) следовать за лидерами и не повторять их ошибок; 3) заранее просчитывать инновационные риски; 4) сфокусироваться на устранении недостатков, а не на преувеличении гипотетических возможностей [3].

*RPA* (Robotic Process Automation) – это технология, которая имитирует взаимодействие человека и программного обеспечения для выполнения ряда повторяющихся задач большого объема. Технология RPA [10] сравнительно новое явление в цифровизации и автоматизации процессов [11], однако аналогичный подходе уже многие годы применяется при тестировании программного обеспечения [12]. Наибольшее применение данная технология находит для интеграции систем [13,14], одна из которых или обе не имеют открытый программный интерфейс. В рамках рассматриваемого процесса RPA позволит интегрировать множество разрозненных систем, таких как система дистанционного обучения, кафедральная информационная система и система проверки заимствования текста «Антиплагиат». Таким образом, программные роботы могут не просто автоматизировать функции сотрудника организации, а полностью заменить их, оптимизируя производственные цепочки [15].

*AI* (Artificial Intelligence) – это технология и раздел информатики, занимающийся решением когнитивных задач, предназначенных для человеческого интеллекта, таких как обучение, решение проблем и распознавание шаблонов. Широкое распространение данная технология также находит в ряде смежных технологий, например, процессной аналитике [16]. Искусственный интеллект может быть применен как компонента кафедральной информационной системы, позволяющая рационализировать процесс выбора дипломных руководителей и студентов на базе общих научных интересов и согласовать их с учебной нагрузкой.

*Chat-bot* – это технология, которая симулирует человеческий диалог через голосовой или текстовый чат [17]. В основе данной технологии лежит алгоритмизация, искусственный интеллект и машинное обучение. В рамках ГИА чат-бот позволит оптимизировать Интернет-коммуникации участников процесса.



Например, повысить оперативность оповещения о предстоящей предзащите или результатах проверки работы на заимствования.

### ***Сервис-ориентированный подход к построению архитектуры информационных системы***

Организация и проведение государственной итоговой аттестации является одним из ключевых направлений деятельности выпускающей кафедры высшего учебного заведения, которое определяет достижение его главной цели по подготовке высококвалифицированных специалистов и задает вектор развития всему образовательному учреждению.

Ведение государственной итоговой аттестации сопровождается необходимостью обработки больших объемов информации в условиях жестких сроков. В свою очередь, трудоемкость обработки информации обуславливается многочисленными процедурами валидации и верификации информации из различных разрозненных гетерогенных источников информации (бумажные документы, электронные документы, корпоративные информационные системы (ERP), системы управления обучением (LMS), система «Антиплагиат»). В результате чего возникает *проблема семантической разобщенности информационных ресурсов*, приводящая к высоким временным затратам.

В рамках исследуемого бизнес-процесса предлагается *новый подход к построению архитектуры информационных систем*, позволяющий разрешить выявленную проблему семантической разобщенности информационных ресурсов организации.

Предлагаемый далее подход технологически базируется на модульном подходе к разработке программного обеспечения, основывающийся на обеспечении удаленного по стандартизированным протоколам использования распределенных, слабо связанных и легкозаменяемых компонентов со стандартизированным интерфейсом взаимодействия.

*Новизна предлагаемого подхода* заключается в том, что он, являясь адаптацией и модификаций известного ранее одноименного принципа переносит ряд понятий и концепций из контекста разработки программного обеспечения в контекст процессного управления. В основе предлагаемого подхода лежит ряд принципов построения сервис-ориентированных архитектур программного обеспечения, принципы организационного управления в сочетании с рядом современных технологий гиперавтоматизации. Предметная область рассматривается как множества объектов и связей между ними, применяются базовые понятия теории категорий.

На рис. 1 представлена иллюстрация формальной модели предлагаемого сервис-ориентированного подхода к построению информационной системы. Основным элементом архитектуры информационной системы являются сервисы ( $S_1 \dots S_n$ ). Каждый сервис обладает инкапсулированным набором данных ( $D_1 \dots D_n$ ), которыми он манипулирует в ходе своей работы. Стоит отметить, что каждый сервис может иметь свою технологию хранения и обработки данных ( $T\_DB_n$ ).

Сервис обеспечивает одну бизнес-функцию ( $BF_1 \dots BF_n$ ) организации. Совокупность правил, принципов, зависимостей поведения объектов предметной области реализуются через набор бизнес-правил ( $BR_1 \dots BR_n$ ). Бизнес-правила каждого из сервисов могут быть сформулированы на различных платформах и языках программирования – различной технологии реализации ( $T\_PL_n$ ).

Следовательно, сервис  $n$ , состоящий из  $m$ -элементов данных и  $k$ -элементов бизнес-правил можно представить как  $S_n = \{BF_n, \langle D_{n1} \dots D_{nm} \rangle, T\_DB_n, \langle BR_{n1} \dots BR_{nk} \rangle, T\_PL_n\}$ . Информационная система некоторой организации  $W$  ( $IS_w$ ) может быть описана как набор сервисов и связей ( $C_1 \dots C_n$ ) между ними:  $IS_w = \{\langle S_{w1} \dots S_{wo} \rangle, \langle C_{w1} \dots C_{wp} \rangle\}$ , где  $o$  – количество сервисов, а  $p$  – количество связей между ними.

Под единым контекстом понимается связь между двумя и более сервисами при которой не требуется процедура конвертации справочников, а также сервисы имеют открытый программный интерфейс (API, например, REST).

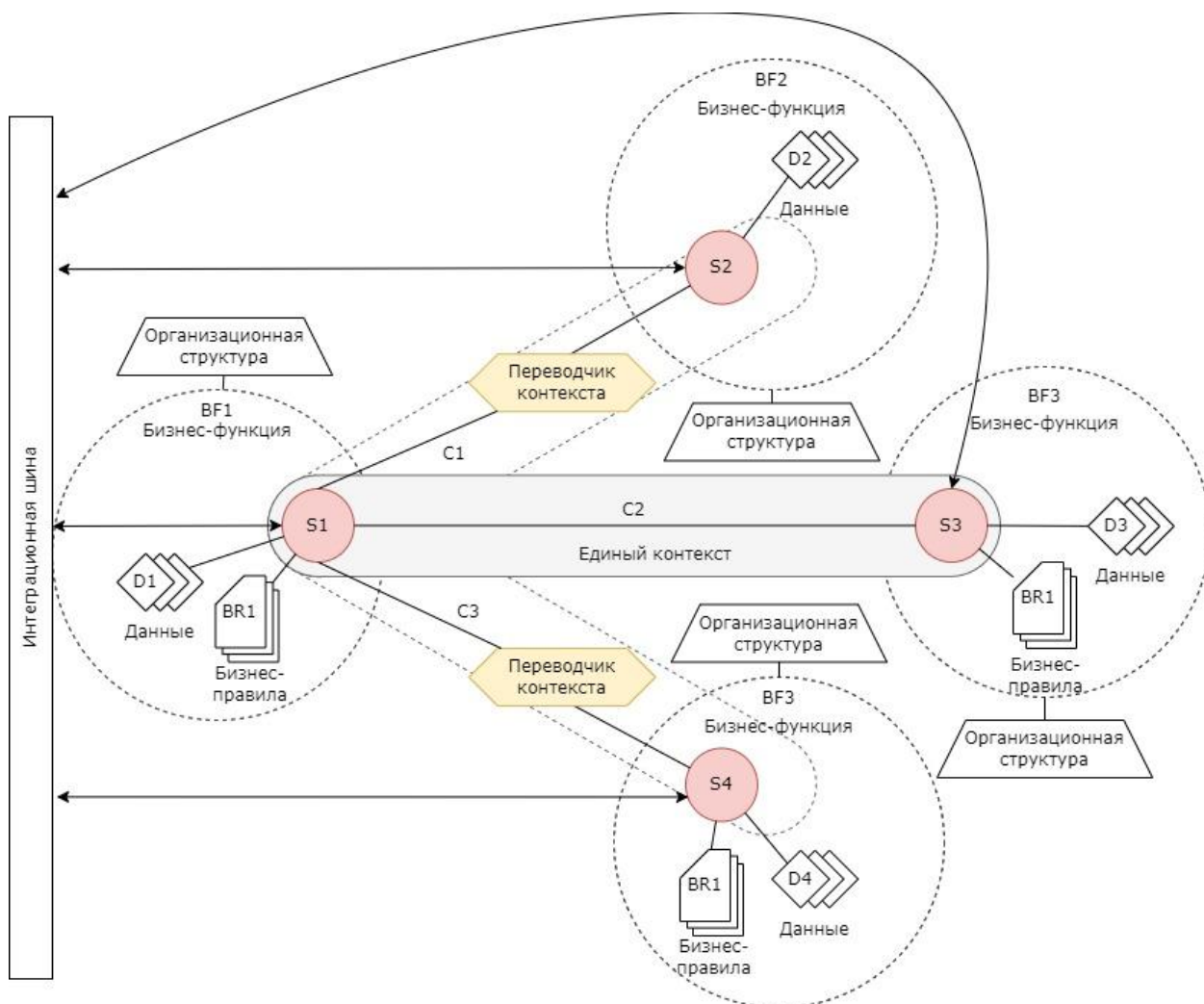


Рис. 3. Формализованная модель предлагаемого сервис-ориентированного подхода к построению информационной системы

### ***Существующая модель бизнес-процесса***

В настоящий момент деятельность по организации и проведения государственной итоговой аттестации не сопровождается единой информационной системой, базой данных или каким-либо другим средством автоматизации. Интегрированное информационное пространство организации (университета) отсутствует.

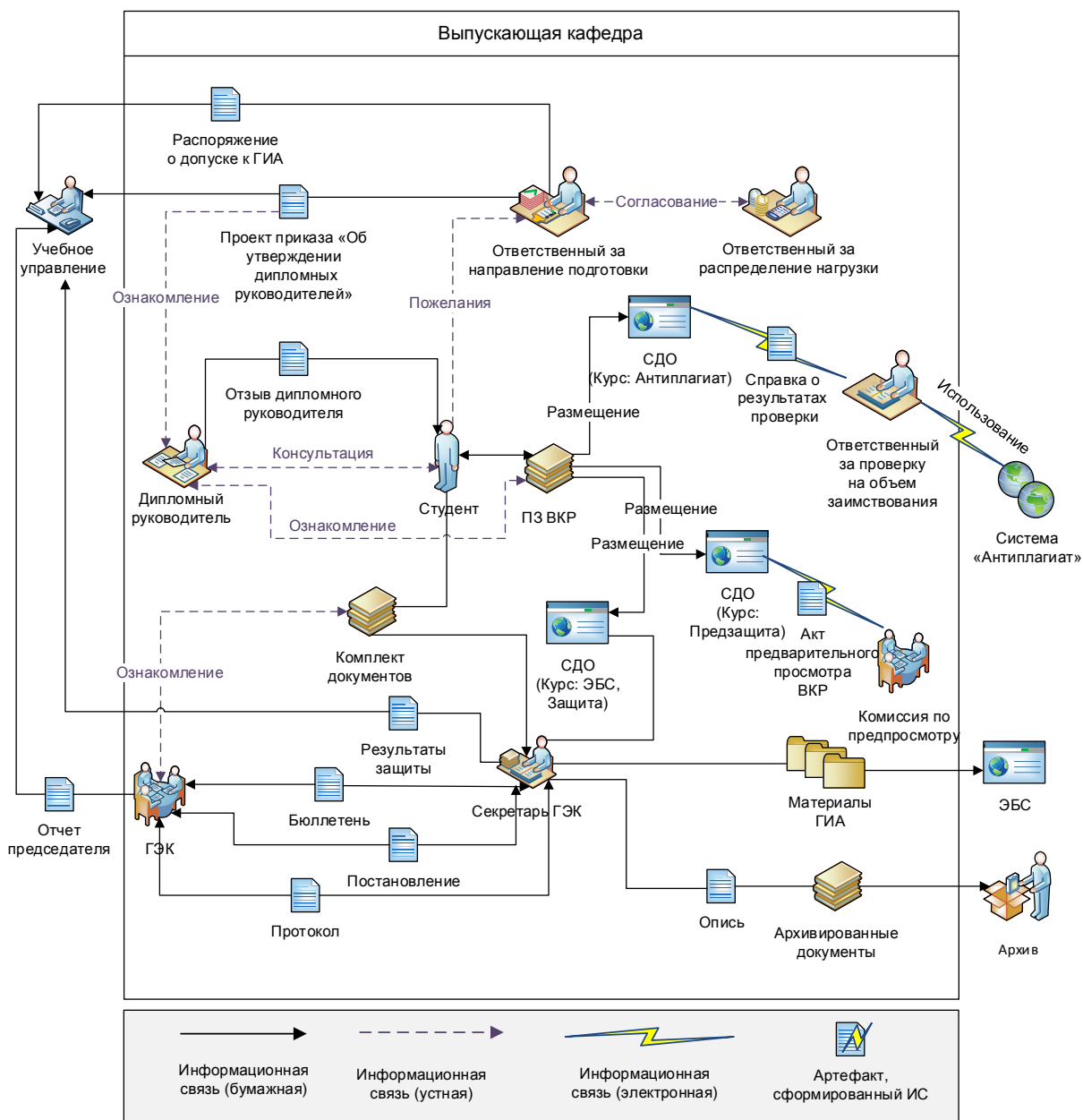


Рис. 4. Мнемосхема существующего бизнес-процесса «Организация и проведение государственной итоговой аттестации»

Наблюдается широкое использование программных средств универсального характера, обеспечивающих манипулирование данными, представленными в текстовой и табличной форме. Синхронизация используемых справочников (контингент, темы ВКР, дипломы руководители) выполняется вручную.

Модель существующего бизнес-процесса представлена на рис. 2 в виде мнемонической схемы. Назначение мнемосхемы заключается в отображении взаимосвязей и характера взаимодействия подсистем и элементов с другими объектами системы, а также внешней средой.

*Особенностями реализации государственной итоговой аттестации являются:*

- большое количество процедур валидации и верификации информации;
- высокая степень дублирования информации в формируемых в ходе выполнения бизнес-процесса документах (множество представлений одного и того же массива информации);
- выполнение задач бизнес-процесса в условиях жестких сроков;
- высокая степень регламентации выполнения бизнес-процесса нормативно-правовыми актами.

В ходе анализа существующего бизнес-процесса «Организация и проведение государственной итоговой аттестации» были выявлены следующие *недостатки*:

- неэффективная технология обработки информации;
- высокая степень разрозненности источников данных;
- неэффективная технология взаимодействия и коммуникации участников бизнес-процесса.

Таким образом, выделенные недостатки исследуемого бизнес-процесса существенно сказываются на длительности, трудоемкости и качестве выполнения бизнес-процесса, что в частности понижает его эффективность и как следствие имеет негативный эффект на направление деятельности в целом.

### ***Предложение по реинжинирингу существующего бизнес-процесса***

Основываясь на выявленных недостатках существующего бизнес-процесса, а также приняв во внимание особенности его выполнения были сформированы предложения по его реинжинирингу и кардинально новой модели бизнес-процесса.

1. Одним из главных недостатков существующего бизнес-процесса является неэффективная технология обработки информации. Для решения данного недостатка предлагается использовать *набор сервисов*, обеспечивающих вы-

полнение функций. Подобный архитектурный подход – открытость программных интерфейсов – позволит интегрировать сервисы между собой, а также с внешними сервисами. В случае отсутствия у внешнего сервиса открытого программного интерфейса интеграция систем должна быть выполнена с применением технологии *RPA* (система «Антиплагиат», корпоративная информационная система университета).

2. Протоколы, постановления, бюллетени, распоряжения о допуске, справка о результате проверки на объем заимствования, акт предварительного просмотра ВКР – это не полный список документов на бумажном носителе, формируемых в рамках проведения конкурсного отбора.

3. Неэффективная коммуникация участников процесса может быть решена посредством применения *технологии чат-ботов*. Технология может позволить оптимизировать процесс интернет-коммуникации. Например, бот может записать на предзащиту, уведомить о результатах проверки на работы на заимствования, напомнить о ключевых датах ГИА, ответить на часто задаваемые вопросы.

4. Интеграция множества сервисов позволяет получить ряд эмерджентных свойств системы – свойств, не присущих элементам системы по отдельности. Одно из них, возможность автоматизированного распределения студентов по дипломным руководителям с помощью *технологии искусственного интеллекта* на базе научных интересов студентов и преподавателей. Подобный подход может быть составляющей комплексного подхода к разработке индивидуальной траектории обучения с учетом способностей каждого из студентов.

### ***Предлагаемая модель бизнес-процесса***

Мнемосхема предлагаемого бизнес-процесса «Проведение конкурсного отбора граждан» в условиях использования информационной системы ведения приемной кампании представлен на рисунке 3.

Ключевым отличием модели существующего бизнес-процесса от предлагаемого является появление сервисов «Контингент», «Учебная нагрузка», «ГИА», а также ряда технологий *RPA* и чат-бота.

Изменения коснулись и формата взаимодействия участников. Например, студент предоставляет свою пояснительную записку (различные версии) в единый ресурс, откуда каждое из заинтересованных лиц может ее просмотреть и отследить прогресс выполнения. К заинтересованным лицам может быть отнесена комиссия по предзащите, дипломный руководитель, ответственный за проверку на объем заимствования, члены ГЭК.

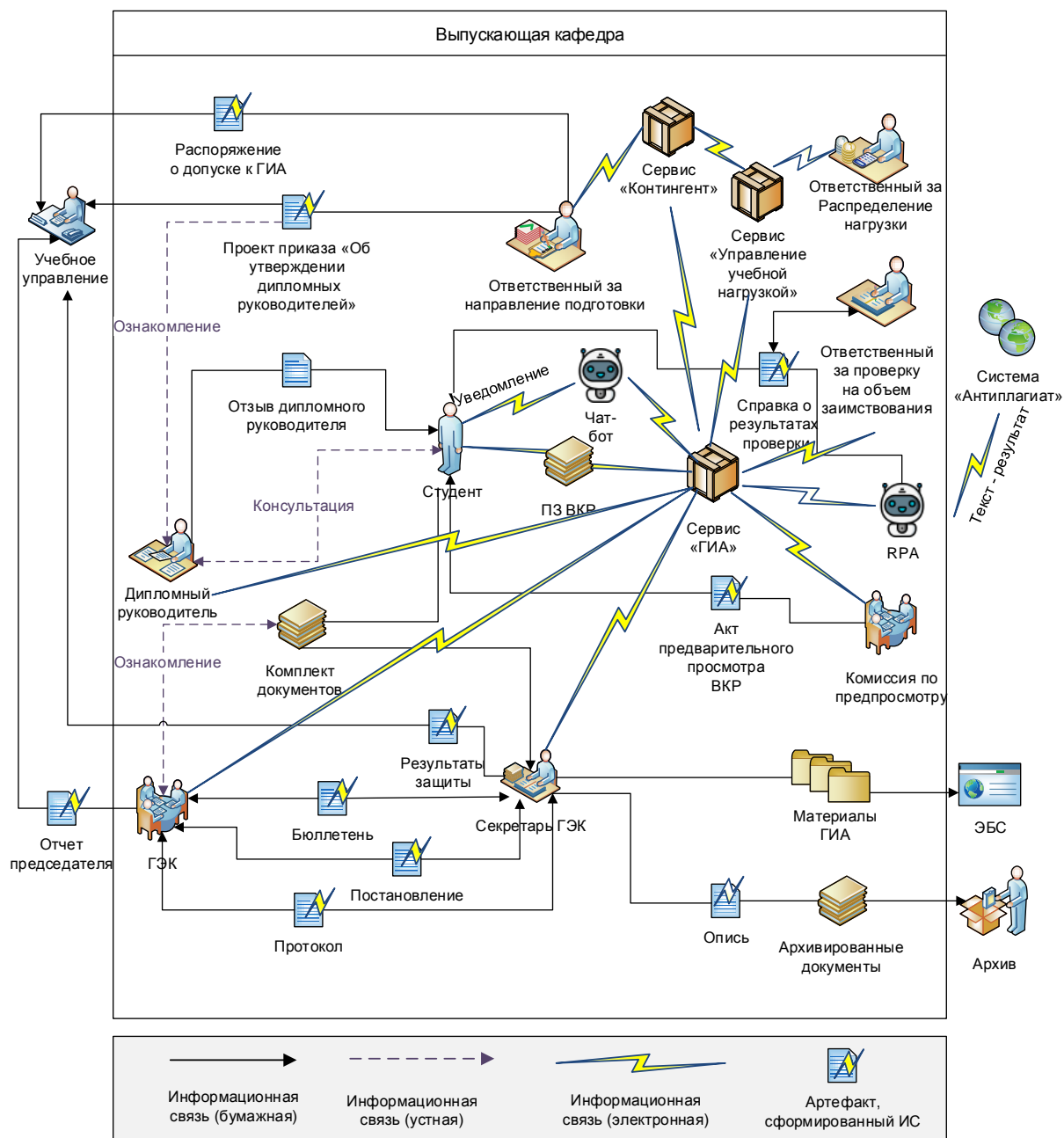


Рис. 5. Мнемосхема предлагаемого бизнес-процесса «Организация и проведение государственной итоговой аттестации»

Стоит обратить внимание, что после на мнемосхеме предлагаемого бизнес-процесса присутствуют элементы с пиктограммой «молния». Элементы с пиктограммой «молния» обозначают бизнес-элементы, сформированные с помощью информационной системы. Таким образом, в предлагаемая модель бизнес-процесса позволит сократить количество документов, формируемых вручную более чем на 90%.

Таким образом, низкий уровень автоматизации рассмотрен с точки зрения системного анализа в результате чего разработана проблемосодежущая система в виде ориентированного графа, отражающая причинно-следственные взаимосвязи. Основной причиной низкой автоматизации деятельности кафедры является низкий процент покрытия бизнес-процессов средствами автоматизации. Наиболее ярким следствием является отсутствие централизованного хранилища данных и ручное выполнение функций.

С целью решения данной проблемы были рассмотрены существующие современные информационные технологии на примере одного из процессов, как составной части направления деятельности. Для каждой из рассмотренных технологий были представлены возможные методы ее применения в рамках бизнес-процесса «Организация и проведение государственной итоговой аттестации».

Исследование показало, что большинство существующих технологий, относящихся к гиперавтоматизации могут найти свое применения в рамках цифровой трансформации сферы образования и деятельности кафедры, в частности. Как следствие, сотрудники смогут получать более качественные и надежные данные для оперативного, тактического и стратегического управления.

- количество бумажных документов, формируемых вручную сократилось более чем на 90%;

- предполагается, что применение чат-бота снизит нагрузку на сотрудников ГИА;



– предполагается, что применение искусственного интеллекта для распределения дипломного руководства позволит оптимизировать работу сотрудников.

На основе полученных результатов можно утверждать, что разработанная модель бизнес-процесса «Организация и проведение государственной итоговой аттестации» позволит значительно повысить эффективность выполнения бизнес-процесса.

### ***Выводы***

В представленной работе сформулирована проблема семантической разобщенности информационных ресурсов организации, определены ее причины и последствия. Проблема рассмотрена на примере одного из бизнес-процессов образовательной организации – «Организация и проведение государственной итоговой аттестации».

Для разрешения сформулированной проблемы был разработан новый подход к формированию архитектуры информационной системы, ориентированный на функциональные сервисы – сервис-ориентированный подход. Рассмотрены базовые понятия предлагаемого подхода, его научная новизна и формальная модель. Возвращаясь к вопросу интеграции с унаследованными системами, предложено решение средствами технологий гиперавтоматизации.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Baranova I. V., Batova M. M., CHzhao K. Informacionnye instrumenty cifrovoj transformacii vysokotekhnologichnyh predpriyatij. Moskva: «Kreativnaya ekonomika», 2020. 222 с.
2. Pavel'ev I. G., Minchenko V. G., Poddubnaya T. N., Zadneprovskaya E. L. Cifrovoj servis: perspektivnyj orientir sovremennogo obrazovaniya // Kompetentnost'. 2021. № 4. С. 5-9.
3. Kanev V.S., Poletajkin A. N., SHEvcova YU. V. Tekhnologiya ocenivaniya cifrovoj zrelosti obrazovatel'noj organizacii // Vestnik SibGUTI. 2021. Tom 1. №3. С.63-76.
4. Loginovskij O.V., Nesterov M.I., SHestakov A.L. Primenenie metodov arhitekturnogo podhoda v razvitii informacionnoj sistemy krupnogo vuza // Vestnik YUzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Komp'yuternye tekhnologii, upravlenie, radioelektronika. 2013. №3. S.123-128.
5. Medouz, D. H. Azbuka sistemnogo myshleniya. Moskva: «Laboratoriya znaniy», 2013. 343 s.

6. Mesarovic M., Takahara N. General theory of systems: Mathematical foundations. London: «Academic Press, Inc.», 1975. 322 p.
7. D. Marka, K. Makgouen Metodologiya strukturnogo analiza i proektirovaniya SADT. Moskva: «MetaTekhnologiya», 1993. 240 c.
8. Borisov A.A., Krasnov S.A., Nechaj A.A. Tekhnologiya blokchejn i problemy ee primeneniya v razlichnyh informacionnyh sistemah // Vestnik Rossijskogo novogo universiteta. Seriya «Slozhnye sistemy: modeli, analiz i upravlenie». 2018. №2. S. 63-67.
9. Karr N. Dzh. Blesk i nishcheta informacionnyh tekhnologij: Pochemu IT ne yavlyaetsya konkurentnym preimushchestvom. Moskva: «Izdatel'skij dom «Sekret firmy», 2005. 584 c.
10. Timofeev A.G. Dinamika razvitiya intellektual'nogo upravleniya biznes-processami (IBPMS) v storonu robotizacii biznes-processov (RPA) // Inzhiniring predpriyatij i upravlenie znaniyami. 2021. S. 86-92.
11. Ahsan G., Csanad S. RPA progression throughout years and futuristic aspects of RPA // Pollack Periodica, Akademiai Kiado ZRt. 17 (1), pp. 30-35.
12. Plattfaut R., Borghoff V., Godefroid M., Koch J., Trampler M., Coners A. The Critical Success Factors for Robotic Process Automation // Computers in Industry. 2022. №138.
13. Chaudhary H. Margaria T. Integration of micro-services as components in modeling environments for low-code development // Proceedings of the institute for system programming of the RAS. Vol. 33. №4. 2021. pp. 19-30.
14. Rezenov G.V. Arhitektura mikroservisov i ee realizaciya s pomoshch'yu tekhnologii kontejnerizacii // Vestnik Rossijskogo novogo universiteta. Seriya «Slozhnye sistemy: modeli, analiz i upravlenie». 2020. №3. S. 131-138.
15. Marka, D. Metodologiya strukturnogo analiza i proektirovaniya SADT. Moskva: «MetaTekhnologiya», 1993. 240 c.
16. K. M. Hanga, Y. Kovalchuk, M. M. Gaber A Graph-Based Approach to Interpreting Recurrent Neural Networks in Process Mining // IEEE Access. Vol. 8. 2020. pp. 172923-172938.
17. V. Dutt, S. M. Sasubilli, A. E. Yerrapati Dynamic Information Retrieval With Chatbots: A Review of Artificial Intelligence Methodology // 2020 4th International Conference on Electronics, Communication and Aerospace Technology (ICECA). 2020. pp. 1299-1303

Н. А. КОНОНОВ, К. И. ЗОЛИН, И. С. ЕФИМОВ, Е. В. МАКАРОВ  
*knnv.nkt@gmail.com, zolin2001@bk.ru, efimov903@mail.ru, egor.ma01@mail.ru*

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **LOW-CODE ПЛАТФОРМЫ КАК ИНСТРУМЕНТ ПРОТОТИПИРОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УЧЕТА СОСТОЯНИЯ ТЕХНИКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

**Аннотация.** В статье рассмотрена возможность применения методики разработки low-code как инструмента прототипирования информационных систем в рамках цифровой трансформации предприятия в качестве примера рассмотрена информационная система учета состояния техники на сельскохозяйственном предприятии [1].

**Ключевые слова:** цифровая трансформация, low-code, прототипирование, учет состояния техники, цифровизация в сельском хозяйстве.

### ***Введение***

По данным исследовательской и консалтинговой компании Gartner, специализирующейся на рынке информационных технологий, к 2024 году на low-code решения будет приходиться более 65% операций по разработке приложений.

Low-code рассматривается как метод разработки в визуальном интерфейсе по принципу drag-and-drop с возможностью точечного программирования. В платформе для Low-code разработки пользователь перемещает блоки с уже готовым кодом и получает продукт с нужными функциональными возможностями. Готовые модули в low-code ускоряют работу с типовыми задачами и избавляют от повторяющихся действий, но для индивидуальных решений, настроек и персонализации необходимо написание программного кода. Разработка в платформе проходит по готовым шаблонам или свободно. Также поддерживаются интеграции, есть встроенные сервисы.

Low-code не исключает классическую разработку и программистов, а ускоряет их работу. Даже ручной кодирование — не всегда проект с нуля. Опытные программисты в потоке типовых заказов иногда берут шаблоны своего же кода для экономии времени [2].

Всем известно, что с целью соответствия рынку требования бизнеса к информационным технологиям имеют тенденцию изменяться с высокой скоростью. В рамках данной статьи предлагается рассмотреть low-code платформы как инструмент прототипирования, который позволит проводить аналитику и формулировать гипотезы для бизнес-пользователей на его базе.

### ***Описание бизнес-процесса и постановка задачи***

Цель бизнес-процесса «Учет состояния техники на сельскохозяйственном предприятии» сформулированная по методике разработчиков платформы имеет следующую формулировку: мы хотим оперативно устанавливать и отмечать технические неисправности, когда персонал заканчивает эксплуатацию техники, чтобы мы могли быстро обслужить технику, снизить время простоя, следовательно, уменьшить затраты.

Для исследуемого бизнес-процесса разработано вербальное описание: процесс начинается с возникновения потребности учета состояния техники, и в зависимости от типа пользователя происходит запуск. Техник машинист: просматривает техническую карточку машины, выполняет ежедневный осмотр и проводит ТО (техническое обслуживание). Все произведенные действия фиксируются в приложении. В конце работы техник завершает рабочую смену. Оператор машины: работа начинается с запуска новой смены в приложении, оценки и анализа технического состояния агрегата. Затем приступает к эксплуатации агрегата. После выполнения поставленной задачи завершает эксплуатацию агрегата. В зависимости от состояния агрегата формирует либо отчет об удовлетворительном состоянии агрегата, либо запрос о ремонте. В конце отправляет данные о текущем состоянии агрегата через приложение и завершает его работу.

Заинтересованные лица бизнес-процесса «Учет состояния техники  
на сельскохозяйственном предприятии»

№	Заинтересованное лицо	Категория
1	Техник-машинист	collaborate
2	Оператор машины	input
3	Ответственный оператор	overview

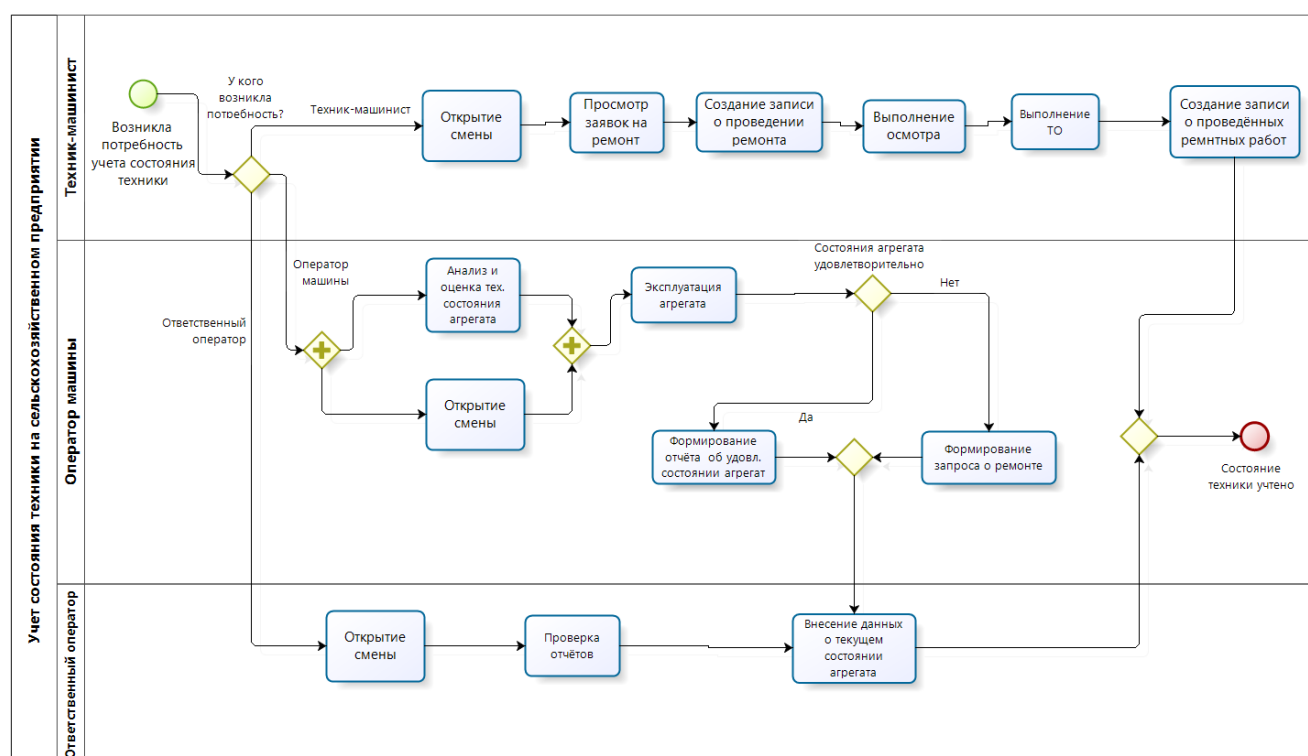


Рис. 1. Динамическая модель бизнес-процесса «Учет состояния техники на сельскохозяйственном предприятии» в нотации BPMN

Для наглядности были разработаны две модели бизнес-процесса: динамическая и информационная (рис. 1-2). Определим заинтересованные лица участвующие в бизнес-процессе и распределим их по трем категориям (overview, input, collaborate) в зависимости от их модели взаимодействия с данными системы. Результат зафиксировали в таблице 1 (табл. 1).

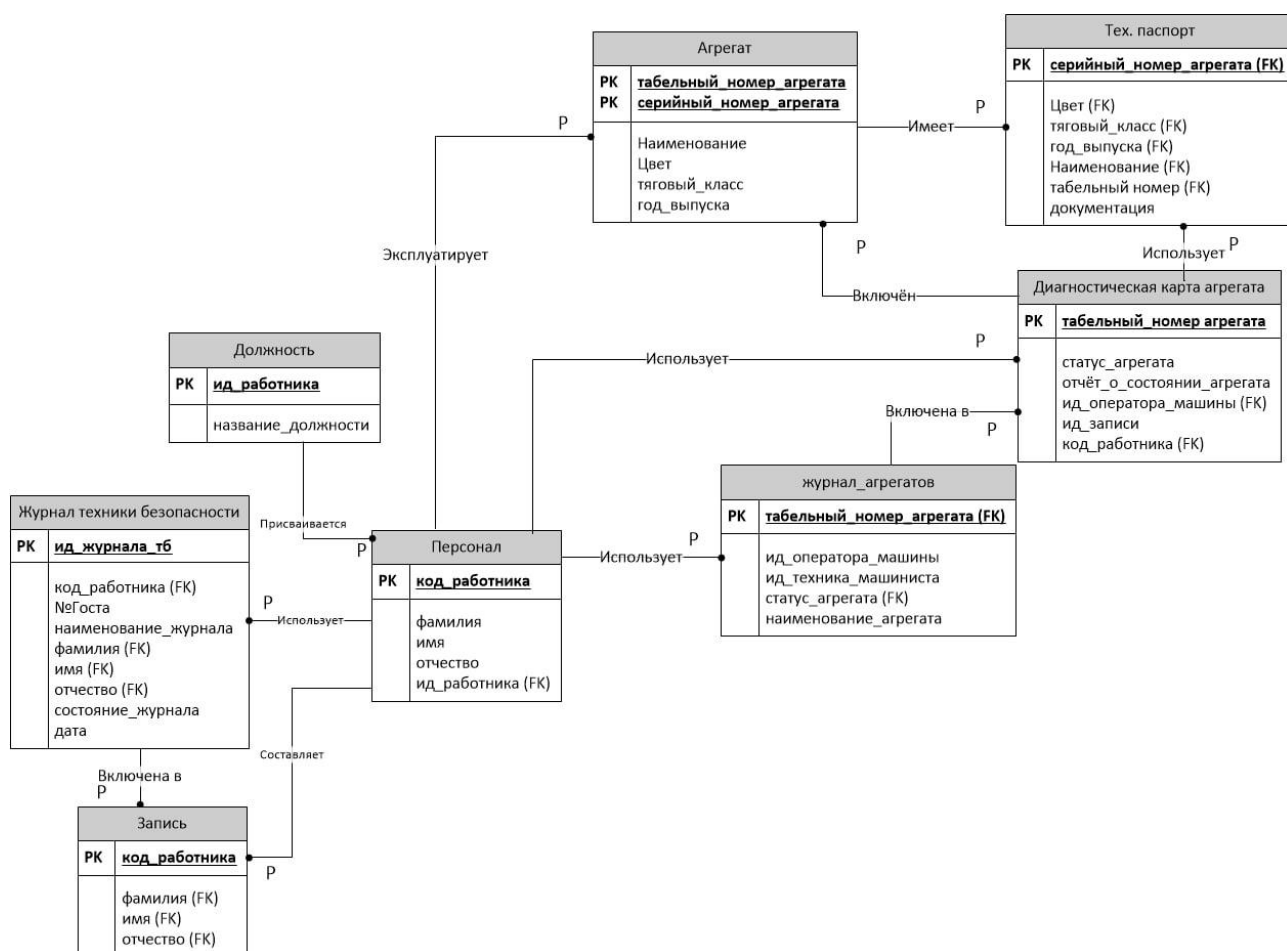


Рис. 2. Информационная модель бизнес-процесса «учет состояния техники на сельскохозяйственном предприятии» в нотации IDEF1x

### ***Прототип информационной системы***

В результате, разработано бизнес-приложение (прототип), удовлетворяющее поставленные цели и задачи. Приложение представляет собой: модуль технического обслуживания и ремонта оборудования (агрегатов, машин). Оно позволило оперативно выявлять, отслеживать неисправности и реагировать на поступающие запросы.

Для ответственного оператора была разработана форма, которая позволяет быстро и удобно добавлять новых сотрудников (рис. 3). Функционал «Airtable» позволяет отправлять форму любому сотруднику, для ее заполнения [3]. В Дальнейшем ответственный оператор может увидеть зарегистрированных сотрудников на интерфейсе «Airtable», и в случае проведения инструктажа с

сотрудниками, отметить кому был проведен инструктаж нажав на значок «+» отмеченный красной линией на рисунке (рис. 4).

Регистрация нового сотрудника

Фамилия \*  
Иванов

Имя \*  
Иван

Отчество \*  
Иванович

Должность \*  
Техник-машинист

Submit

Рис. 3. Форма регистрации нового сотрудника

ID	IDNR	Фамилия	Имя	Отчество	Должность
6	ОО-7	Одуванчиков	Максим	Александрович	Техник-машинист
7	ТМ-8	Иулин	Александр	Марселевич	Техник-машинист
8	ОО-9	Никитин	Хамали	Наваилевич	Техник-машинист
9	ОО-10	Бакулов	Михаил	Альбертович	Техник-машинист
10	ОО-11	Карамов	Илья	Денисович	Техник-машинист
11	ТМ-12	Иванов	Иван	Иванович	Техник-машинист
12	ТМ-13	Щеглов	Алексей	Егорович	Техник-машинист
13	ОО-19	Тестер	Тестировщик	Тестировщиков	Техник-машинист
14	ТМ-21	Тестер	Тестировщик	Тестиров	Техник-машинист
22	ТМ-22	Иванов	Иван	Иванович	Техник-машинист

Рис. 4. Интерфейс таблицы «Персонал»

Для работы техника-машиниста и оператора машины была создана форма «создание записи» позволяющая создавать запись по определенному агрегату (рис. 5). Здесь сотрудники могут назначать статус агрегату такие как: «свободен», «в работе», «требует ремонта», «в ремонте». Созданная запись сохраняется, а увидеть ее можно на интерфейсе таблицы «диагностическая карта агрегата» (рис. 6). Таким образом ответственный оператор может мониторить состояние агрегатов и назначать задачи сотрудникам.

### Создание записи

Создайте запись рабочего процесса

Код оператора \*

Табельный номер агрегата \*

Состояние \*

Проводится ремонт

Отчет о состоянии

Never submit passwords through Airtable forms. Report malicious form

Рис. 5. Форма «Создание записи»

ID	Код оператора	ФИО оператора	Табельный номер агрегата	Состояние	Отчет о состоянии	Актуальность
8	ОП-4	Макаров Андрей Соверович	СО51	Свободен		✗
9	ОП-3	Золн Кирилл Иванович	СО51	Свободен		✓
10	ОП-3	Золн Кирилл Иванович	СХ55	Проводится рем...		✗
11	ТМ-8	Иутин Александр Марселевич	С004	Требуется ремонта	Плохо стало	✓
12	ОО-10	Бакулов Михаил Альбертович	СР02	Свободен	Новый агрегат	✓
13	ОП-2	Мустафин Даниил Эдуардович	СР01	Требуется ремонта	Разбило радиатор. Требуется замены и ...	✓
14	ТМ-21	Тестер Тестировщик Тестиров	СР03	Свободен	Только поступивший трактор	✓
15	ТМ-22	Иванов Иван Иванович	СХ55	Проводится рем...	Провожу ремонт	✓

Рис. 6. Интерфейс таблицы «Диагностическая карта агрегата»

## Заключение

Таким образом, в статье была рассмотрена возможность применения low-code платформы как инструмента прототипирования информационных систем в подтверждение данной гипотезы разработано бизнес-приложение для учета состояния техники на сельскохозяйственной технике на платформе Airtable. Разработанная информационная система на базе бизнес-приложения подтвердила



предположение о том, что подобный инструмент может найти свое применение в рамках разработки MVP и гипотез со стороны бизнес-пользователей.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Роман Магдаленко «Цифровая трансформация бизнеса и цифровизация — в чем разница?» [Электронный ресурс] skillbox.ru // URL: <https://skillbox.ru/media/management/tsifrovaya-transformatsiya-biznesa-i-tsifrovizatsiya-v-chyem-raznitsa-rasskazyvaem-na-primere> (дата обращения: 13.07.2022);
2. Altcraft Platform «Что такое Low Code и Zerocode и когда применяются» [Электронный ресурс] vc.ru // URL: <https://ru.hexlet.io/blog/posts/chno-takoe-no-code-i-kak-on-ustroen> (дата обращения: 15.07.2022);
3. Airtable «Airtable -Create apps that perfectly fit your team's needs» [Электронный ресурс] airtable.com // URL: <https://www.airtable.com> (дата обращения: 20.07.2022);

УДК 004

М. С. КОРОСТЕЛЕВ

*korostelev.mihail01@net.ugatu.su*

Науч. руковод. – ст.преп. М. С. ДЕМЧЕНКО

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **ОБЗОР РЕШЕНИЙ В ОБЛАСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ**

**Аннотация.** Статья посвящена вопросу организации оперативного управления производством. Определены цели и задачи оперативного управления производством, проблемы, возникающие в процессе оперативного управления производством. Рассмотрено применение процедуры реинжиниринга оперативного управления производством с помощью информационных систем. Рассмотрены существующие на текущий момент решения в области автоматизации процессов оперативного управления производством. Построена схема применимости систем для оперативного управления производством.

**Ключевые слова:** оперативное управление производством; реинжиниринг; планирование; ERP; MES; APS.

### ***Введение***

В современных реалиях в условиях меняющихся требований рынка у предприятий есть необходимость в непрерывном наращивании конкурентоспособности, а также эффективности. Предприятиям необходимо грамотно задействовать имеющиеся ресурсы, не перегружать их, чтобы быстро реагировать на изменения рынка. Повышение уровня неопределенности внешней среды побуждает специалистов на производствах все больше задумываться о производстве на краткосрочных горизонтах планирования [2].

Планирование производства является базовым элементом, который влияет на общую производительность предприятий. Предприятия с непланомерным производством зачастую сталкиваются со следующими проблемами: неэффективное использование производственных мощностей; высокий уровень нагрузки на оборудование; необходимость сверхурочной работы; несвоевременное производство и поставка продукции, с возможным снижением ее качества [12].

В данном контексте можно сказать, что производственная среда требует наличия продвинутых и надежных механизмов оперативного управления производ-

ством, который смогут обеспечить высокие показатели эффективности использования производственных ресурсов.

Цель исследования заключается в анализе существующих решений по организации оперативного управления производством.

В задачи исследования входит следующее:

- изучить особенности оперативного управления производством;
- рассмотреть существующие решения по организации оперативного управления производством.

### ***Предметная область исследования***

Оперативное управление производством представляет собой ряд мероприятий, направленный на координацию и регулирование производственных процессов в реальном времени, принятие решений по предупреждению возникающих при производстве проблем [14]. Главным образом оперативное управление производством направлено на обеспечение бесперебойного хода производства. Глобальная цель оперативного управления производством – поддержание показателей и параметров функционирования предприятия по выпуску продукции в заданных планом пределах.

Так в ходе организации оперативного управления производством выполняются следующие задачи:

- организация скоординированных производственных процессов;
- обеспечение информацией о движении производства в реальном времени;
- непрерывное координирование и регулирование хода производства;
- оптимальное использование производственных мощностей предприятия;
- обеспечение минимальной длительности производственного цикла изделий;
- сокращение объемов незавершенного производства;

- равномерная во времени и пространстве загрузка рабочих мест;
- повышение эффективности производства.

Проблемы, с которыми сталкиваются предприятия при внедрении оперативного управления производством можно разбить на три категории:

- оперативное планирование;
- оптимизация производственных процессов;
- диспетчеризация производственных процессов.

Проблемы организации оперативного управления зачастую возникают в результате применения инструментов и механизмов управления. Например, при несогласованности условий производства и предлагаемых методов управления, которые не адаптированы под особенности конкретного предприятия. Поэтому для организации эффективного оперативного управления приоритетным фактором должна быть согласованность стандартов предприятия с предлагаемой технологией оперативного управления [11].

Одним из вариантов устранения проблем, возникающий при организации оперативного управления производством является внедрение информационных систем. Зачастую имеющиеся на производстве системы не согласованы с спецификой производства, в следствии чего возникает необходимость в корректировке и переосмыслении бизнес – процессов под реалии производства [4].

Одним из методов переосмысления — это реинжиниринг бизнес – процессов. Реинжиниринг бизнес-процессов (Businessprocessreengineering, BPR) – концепция, придуманная Майклом Хаммером (Michael Hammer). Впервые концепция реинжиниринга упоминалась М. Хаммером в 1990 г. В статье исследуются и модифицируются основные бизнес-процессы на предприятии. Основная суть реинжиниринга состоит в том, что работа в компании должна быть основана на сквозных процессах, которые направлены на удовлетворение потребностей клиентов [5]. Другими словами, реинжиниринг – это стратегия, которая используется для пересмотра ключевых бизнес-процессов «с нуля». Данная стратегия подразумевает внесения фундаментальных изменений в бизнес-среду

компании, упрощая существующие процессы и устраняя нерелевантные. Реинжиниринг предполагает использование новейших информационных технологий для достижения совершенно новых целей [13].

Стоит отметить, что сам процесс реинжиниринга главным образом не является ключевым вопросом, рассматриваемым в данной статье. В большей степени рассматриваются программные инструменты и механизмы используемые при реинжиниринге процессов оперативного управления производством. Так зачастую одним из этапов при реинжиниринге является внедрение следующий инструментов – систем на базе MRP и MRPII [8]. MRPII является одним из действенных инструментом управления производственным процессом на предприятиях [15].

### *Анализ существующих решений по поставленной проблеме*

На данный момент для большинства предприятий основными инструментами при реинжиниринге бизнес – процессов оперативного управления производством являются:

- ERP (Enterprise Resource Planning) – система планирования ресурсов предприятия, представляющая собой набор интегрированных приложений, позволяющих создать единую среду для автоматизации планирования, учета, контроля и анализа всех основных бизнес-процессов на предприятии [1]. Системы данного типа подходят для процессов оперативного управления производством, поскольку могут учитывать в себе большое количество тонкостей технологических процессов [7];

- MES (Manufacturing Execution Systems) – информационная система управления процессами на производстве, обеспечивающая синхронизацию, координацию, анализ и оптимизацию выпуска продукции в рамках какого-либо производства [10]. MES-системы предназначены для уровня управления цехом, но также могут использоваться для интегрированного управления производством в целом [9];

– APS (Advanced Planning & Scheduling) – представляют собой модульные информационные системы для интегрированного планирования производственных процессов. Планирование посредством APS-системы более детализированное, оно нацелено на тактический и оперативный уровни [3].

Данные системы применимы при организации процессов оперативного управления производством, но все эти системы не способны полностью покрыть все процессы оперативного управления производством, и широта функциональных возможностей данных систем отличается (рис. 1) [6].

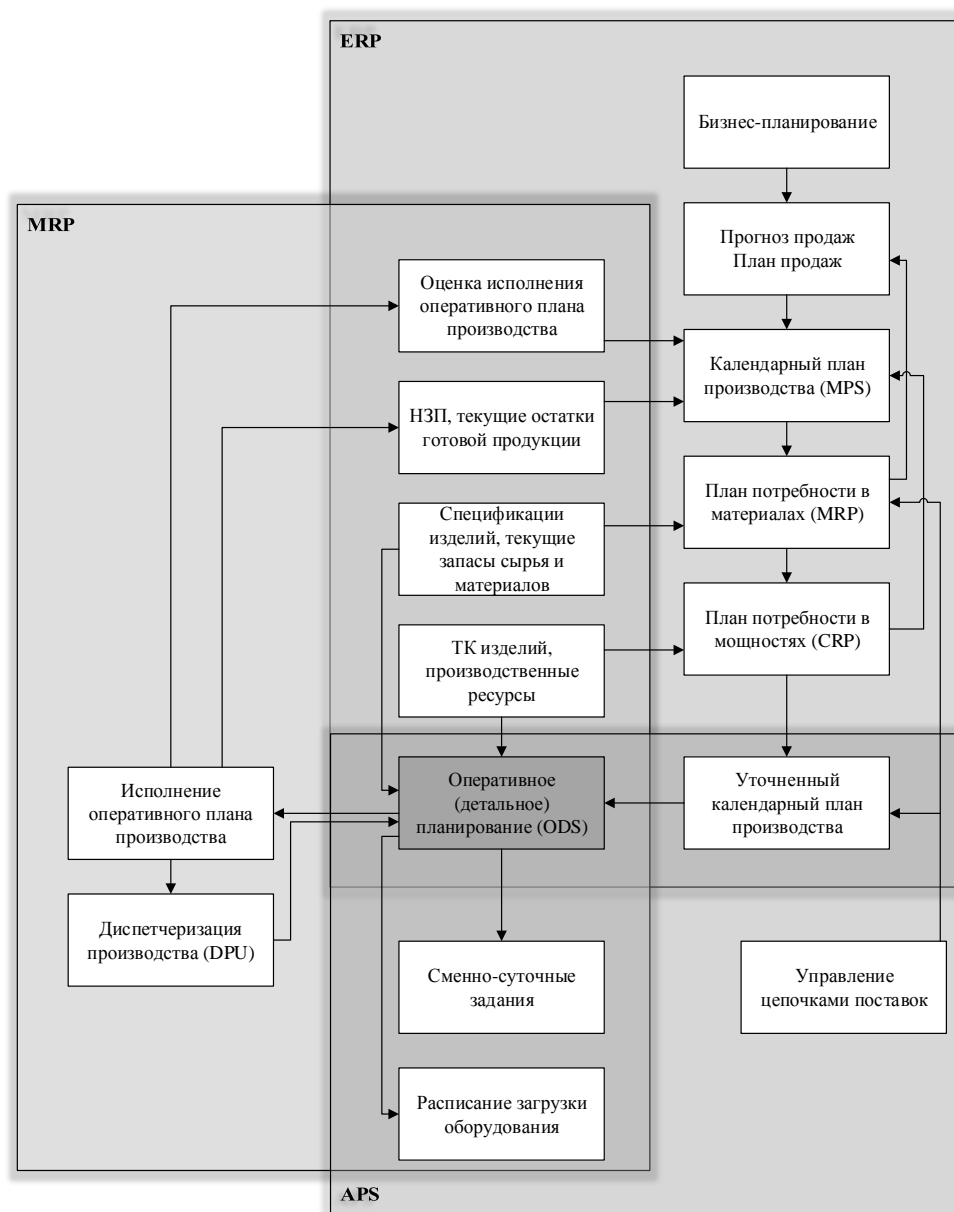


Рис 1. Схема применимости систем для оперативного управления производством

## **Выводы**

Рассматривая способы организации оперативного управления, можно сделать вывод, что необходим комплексный подход, который предполагает оптимальной выбор форм и методов управления, не противоречащий существующим. Поскольку оперативное управление производством достаточно объемный процесс, не правильно утверждать, что лишь внедрение системы с функциями оперативного управления производством будет досочно чтобы покрыть все потребности производства. С большой вероятностью в таких случаях необходимо проводить реинжиниринг процессов оперативного управления производством. Проанализировав возможности существующий решений можно сделать вывод, что универсального варианта не существует, но данную проблему можно решить следующими способами:

- доработка системы до реалий и потребностей конкретного предприятия;
- интеграция возможностей ERP, MES и APS.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Syreyshchikova N. V. et al. Automation of Production Activities of an Industrial Enterprise based on the ERP System // *Procedia manufacturing*. – 2020. – Т. 46. – С. 525-532.
2. Valencia E. T. et al. Production planning in the fourth industrial revolution: A literature review // *IFAC-PapersOnLine*. – 2019. – Т. 52. – №. 13. – С. 2158-2163.
3. Амирханян А. Г., Амирханян Л. Г., Зобнина О. В. APS-системы как современный способ планирования производства // *Modern Science*. – 2020. – №. 6-3. – С. 36-39.
4. Голубь Н. Н. Организация оперативного управления производством: современные проблемы и пути совершенствования // *Вестник Воронежского государственного технического университета*. – 2009. – Т. 5. – №. 1. – С. 90-92.
5. Григорян К. Г. Теоретические основы реинжиниринга бизнес-процессов // *Вестник науки*. – 2021.
6. Громов С. А., Тарасов В. Б. Интегрированные интеллектуальные системы оперативного планирования производства // *Известия Южного федерального университета. Технические науки*. – 2011. – Т. 120. – №. 7. – С. 60-67.
7. Долгих А. Ю., Бабешко В. Н. Исследование систем учета и управления (ERP) // *Поколение будущего: Взгляд молодых ученых-2019*. – 2019. – С. 90-93.
8. Кудряшова Т. В., Павелъ Е. В., Петров В. С. Возможности и перспективы использования MRP-систем для совершенствования логистической деятельности производственных предприятий // *Актуальные проблемы логистического управления и инструменты их решения*. – 2021. – С. 62-80.
9. Лебедева О. В., Третьякова В. А. Современная концепция MES системы // *Инновации. Наука. Образование*. – 2021. – №. 36. – С. 2068-2076.

10. Некрасова О. И., Комарова В. В. Оперативное управление как инструмент повышения эффективности деятельности предприятия // Проблемы и перспективы управления развитием дальнего востока. – 2018. – С. 110-114.
11. Подолян Е. Д. Информационные системы в оперативном управлении // Инновации в науке и практике. – 2020. – С. 195-199.
12. Решетняк Е. И., Кириченко Д. А. Методический подход к реинжинирингу системы оперативного управления основным производством на машиностроительных предприятиях // Проблемы экономики. – 2011. – №. 1.
13. Себекина Т. И., Лысенко А. Н., Себекин Д. С. Реинжиниринг бизнес-процессов и проблемы внедрения автоматизированных систем управления // Вызовы цифровой экономики: условия, ключевые институты, инфраструктура: сборник статей I Всероссийской научно-практической конференции (г. Брянск, 21-22 марта 2018 г.) [Электронный ресурс]. – Брянск: Брян. гос. инженерно-технол. ун-т., 2018. – 288 с. – 2018. – С. 257.
14. Шельгов А. В., Шаронин П. Н. Оперативное управление производством в принтмедиаорганизации // Медиаэкономика 21 века. – 2018. – №. 2. – С. 4-13.
15. Шиханцова Д. А. Преимущества использования стандарта планирования ресурсов MRP II // ББК 65 А43. – С. 215.



УДК 5.01

И. С. ЛАТКИН

*igorlatkin2@gmail.com*

Науч. руковод. – док. техн. наук, проф. А. Ф. ВАЛЕЕВА

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ЗАКУПОК ПО ЛОТАМ НА ФЕДЕРАЛЬНОМ ОПЕРАТОРЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ЗАКУПОК**

*Аннотация.* Объектом исследования является процесс закупок по лотам на федеральных электронных торговых площадках. Предметом исследования торговые лоты и подачи заявок на них. В работе приводятся результаты проведенного анализа предметной области, аналитического обзора программных решений для решения задачи автоматизации технологических процессов. С помощью разработанного программного продукта была решена задача автоматизации закупок на федеральном сайте закупок [roseltorg.ru](http://roseltorg.ru), который позволил сэкономить человеческие ресурсы и увеличить точность и объем найденных лотов, по сравнению с ручной работой сотрудника в страховой компании.

**Ключевые слова:** автоматизация закупок, закупки по 44-ФЗ, программный робот.

### ***Введение***

Статья посвящена разработке программного обеспечения по автоматизации поиска торговых лотов\* и подачи заявок на оказание услуг по ним. Данное ПО необходимо для крупной страховой компании, которой среди всех лотов будут интересны только те, которые связаны со страхованием.

Автоматизация важная часть любого технологического процесса. В условиях рыночной конкуренции предприятиям необходимо улучшать качество услуг, а также количество клиентов и скорость реагирования на запросы покупателей. Поскольку ручной поиск требует на это много времени и ресурсов, требуется создать программного робота, который будет автоматически искать лоты закупок и подавать на них заявки, экономя денежные и людские ресурсы, а также повышая точность поиска.

---

\* единица купли-продажи во время торгов на аукционах, биржах. Размеру лота соответствует определенный заранее объем товара в натуральном выражении.

## ***Цель работы***

Целью работы является автоматизировать процесс поиска и закупок по страховым лотам государственных учреждений на федеральном сайте электронных торгов для страховой компании.

Для ее достижения были поставлены следующие задачи:

- 1) Изучить особенность технологии RPA и разработку программ на основе этой технологии
- 2) Разработать алгоритмы.
- 3) Реализовать алгоритмы в виде ПО и протестировать.

## ***Анализ проблемы и подходы к решению***

### ***Анализ проблемы***

Сложность решения обусловлена тем, что это узкоспециализированная задача, которая решается внутри предприятия с особенностями его работы. В настоящее время не существует (по крайней мере, в свободном доступе) подобных роботов.

## ***Обзор программных решений разработки***

Для решения задачи была выбрана технология RPA (Robotic process automation)

### **Преимущества RPA**

1. Гибкость. Робота, созданного с помощью RPA легко перестроить или модифицировать при необходимости, без переписывания большого объема строк кода как в традиционной автоматизации.
2. Для большинства RPA конструкторов практически не требуются большие навыки программирования, что может сэкономить время при создании программного робота.
3. Роботы RPA действуют как пользователь, что позволяет очень легко настроить робота.

Для решения задачи была выбрана RPA платформа Robin. Данная платформа довольна проста в освоении благодаря строгому соблюдению No-Code концепции, имеет отзывчивую тех. Поддержку и входит в реестр российского ПО.

### ***Описание задачи, алгоритмов и структуры решения.***

#### ***Содержательная постановка задачи***

Отдел корпоративного страхования крупной страховой фирмы, которой необходимо нарастить свою клиентскую базу среди государственных учреждений и юридических лиц через федеральных операторов электронных торгов, минимизировать при этом затраты человеческих и временных ресурсов, а также предложить услуги максимально возможным потенциальным клиентам. Для этого требуется специальное автоматизированное ПО, которое:

1. Ищет лоты на тему страхования на сайтах электронных торгов.
2. Заполняет информацию о найденных лотах в отчеты.
3. Подает на них заявку на оказание услуг.
4. Оповещает сотрудников о поданной заявке на электронную почту.

При этом должны быть выполнены следующие требования:

1. Проект должен представлять RPA-решение.
2. ПО должно быть автоматизировано и не требовать вмешательства человека.
3. ПО должно работать стабильно и бесперебойно весь день.
4. ПО должно автоматически отключаться только в 23:59 каждого дня для очистки логов и снова автоматически запускаться в 00:00 каждого дня.
5. Должно пройти не больше 10 минут между публикацией лота на сайте и подачи заявки на него.

### ***Описание ПО***

Задачу можно разделить на 2 функциональные части:

1. Поиск и сбор лотов

- a. На версии сайта с ЭП\*
- b. На версии сайта без ЭП.
2. Подача заявки на лоты и оповещение сотрудников.

Так как робот работает на федеральной площадке от лица реальной организации, для работ робота используется электронная подпись и основные роботы (поисковый и подающий) работают на версиях сайта с этой электронной подписью. Однако в ходе разработке выяснилось, что данная версия сайта иногда дает сбой, но версия сайта без электронной подписи продолжает работать, поэтому был разработан еще один робот поиска и сбора лотов, работающий на версии сайта без ЭП. Так как без ЭП подача заявок невозможна, подающий робот так же в это время может продолжать работать, однако подавать заявки он не сможет.

### ***Программное обеспечение***

#### ***Описание вывода результатов программы.***

Результатом работы программы являются созданные excel и txt отчеты, где можно посмотреть информацию о лотах, также результатом является отправленное электронное письмо, и лоты, по которым подали заявку отображаются в личном кабинете сайта [etp.roseltorg.ru](http://etp.roseltorg.ru). На (рис. 37-44) представлены результаты работы роботов.

### ***Заключение***

Основные результаты работы заключаются в следующем:

- 1) Изучена особенность технологии RPA и разработка программ на основе этой технологии
- 2) Разработаны алгоритмы поиска лотов и создания отчетов по ним для основного и аварийного роботов.

---

\* реквизит документа, позволяющий подтвердить принадлежность ЭЦП ее владельцу, а также зафиксировать состояние информации/данных (наличие, либо отсутствие изменений) в электронном документе с момента его подписания

- 3) Разработан алгоритм подачи заявок на лоты и оповещения сотрудников.
- 4) Алгоритмы реализованы в виде ПО.
- 5) ПО протестировано и готово к внедрению.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ПОДХОД К СОЗДАНИЮ КОМПЛЕКСА ТЕСТ-КЕЙСОВ ДЛЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ ПРОГРАММНЫХ РОБОТОВ НА ПРОЕКТЕ ROVIN RPA. Машнина Л.А., Зверева Н.Н. В сборнике: Цифровая экономика. Материалы II Региональной научной конференции-школы для молодежи. 2019. С. 53..
2. АВТОМАТИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ЗАКУПОК. Лясин В.Э. В сборнике: НАУКА. ТЕХНОЛОГИИ. ИННОВАЦИИ. Сборник научных трудов: в 10 частях. 2017. С. 361-362.

УДК 681.5

А. Н. СКИТЯЕВА

*skityaeva.anastasi@mail.ru*

Науч. руковод. – докт. техн. наук, проф. В. Ю. АРЬКОВ

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **АНАЛИЗ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ**

*Аннотация.* Обсуждается проблема сравнительного анализа быстродействия автоматизированных систем. В качестве примера рассматривается задача построения регрессии, для которой исходные данные многократно генерируются средствами имитационного моделирования. Обнаружено явление неустойчивости результатов в отношении продолжительности вычислений, построена гистограмма распределения.

*Ключевые слова:* автоматизированные системы; анализ данных; регрессионный анализ; распределение вероятностей.

Современные автоматизированные системы обработки информации управления имеют дело с очень большими объемами данных. Поэтому появился даже термин «большие данные», который охватывает не только объемы данных, но также и скорость их поступления, и разнообразие форм представления и т.д. При этом для обработки больших объемов данных приходится использовать не только персональную технику, но и более мощные серверы или суперкомпьютеры.

В последнее время для обработки данных часто используют Python, в том числе в форме блокнота Jupiter Notebook. Такой инструмент хорошо зарекомендовал себя и в локальной версии персонального компьютера, и в облачной версии, и в суперкомпьютерном исполнении, при этом текст программы практически не требует переделки.

В данной статье будет рассмотрена задача построения регрессии, для которой можно сгенерировать произвольный объем исходных данных и исследовать характеристики производительности. Эксперимент будет реализован в блокнотах JupiterLab, Jupiter Notebook и Google Colab.

Будем анализировать процедуру анализа данных и время выполнения кода. Для этого сгенерируем исходные данные, получаем оценки коэффициентов

уравнения регрессии и измеряем время выполнения расчетов. Проведем эксперимент несколько раз и получим распределение статистических оценок.

Программный код был поделен на шесть кодовых ячеек.

Ячейка 1 (подготовка инструментария): импорт библиотек, задание параметров и их начальных значений и создание пустых списков.

```
import time #импорт библиотеки (ИБ) (получение текущего времени)
import numpy as np #ИБ (работа с числовыми массивами)
import matplotlib.pyplot as plt #ИБ(построение графиков)
from sklearn import linear_model #ИБ(машинное обучение)
#инструмент построения линейной регрессии
reg = linear_model.LinearRegression()
np.random.seed(20130479)
A = [] #пустой список (ПС) оценки свободного члена
B = [] #ПС оценки коэффициента регрессии
T = [] #ПС длительности вычислений
N = 10000 #параметр объема выборки
n = 1200 #параметр количества итераций цикла
```

Ячейка 2 (вычисления в цикле): здесь организован вычислительный эксперимент, где будут проведены вычисления в цикле  $n$  раз. На каждой итерации будем моделировать массив данных, имитирующих измерения роста  $X$  и веса  $Y$  для  $N$  добровольцев. Предполагается, что все участники эксперимента имеют среднее телосложение, соответствующее формуле «идеального веса» в килограммах: «возьмите свой рост в сантиметрах и отнимите 100». Данные будут содержать случайные отклонения  $E$  от этой идеальной зависимости.

Затем по этой выборке построим модель линейной регрессии и получим оценки коэффициентов уравнения регрессии. Повторим эксперимент  $n$  раз и соберем наши оценки в массивы. Затем оценим распределение полученных оценок. Для каждой итерации будем измерять время расчетов и рассмотрим распределение длительности вычислений.

```

for i in range(n):
    t = time.time()
    x = np.random.uniform(low = 150, high = 200, size = N)
    e = np.random.normal(loc = 0, scale = 10, size = N)
    y = -100 + x + e
    reg.fit(x.reshape(-1, 1), y.reshape(-1, 1))
    A.append(reg.intercept_[0])
    B.append(reg.coef_[0][0])
    T.append(time.time() - t)

```

Ячейка 3 (анализ распределения): проводим группировку оценок регрессионных коэффициентов и построим гистограмму их распределения. С помощью функции `hist` строим гистограмму для коэффициента регрессии `B`. Настраиваем цвета: `edgecolor='black'` – границы столбиков черного цвета, `color='white'` – заливка столбиков белого цвета.

```

plt.figure(figsize = (10, 6))                #размер графика в дюймах
plt.hist(B, bins = 20, edgecolor = 'black', color = 'white')    #bins – деление
plt.title ('Гистограмма оценок коэффициента регрессии')
plt.show                                     #вывод графика на экран

```

На рис.1 приводится пример полученной гистограммы распределения оценок коэффициента регрессии (рис. 1). Можно видеть, что форма распределения близка к нормальной, причем центральное значение соответствует величине коэффициента, заданного в имитационной модели.

Ячейка 4 (длительность расчетов): проведем анализ длительности расчетов (медиана, минимальное и максимальное значения). Кроме того, построим диаграмму изменения продолжительности расчетов.



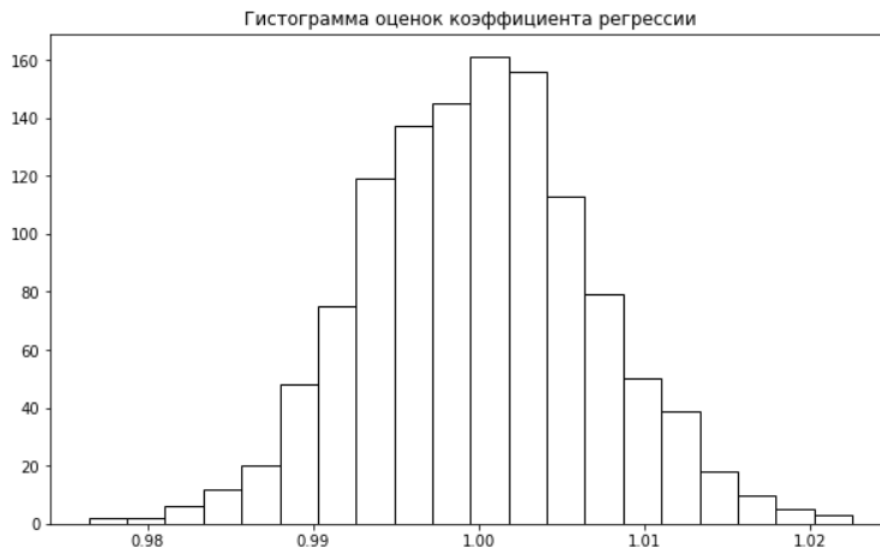


Рис. 1. Оценки коэффициента регрессии

```
print (min(T), np.median(T), max(T))
plt.figure(figsize = (10, 4))
plt.plot(T, marker = '.')
plt.title ('График изменения продолжительности расчетов')
plt.show()
```

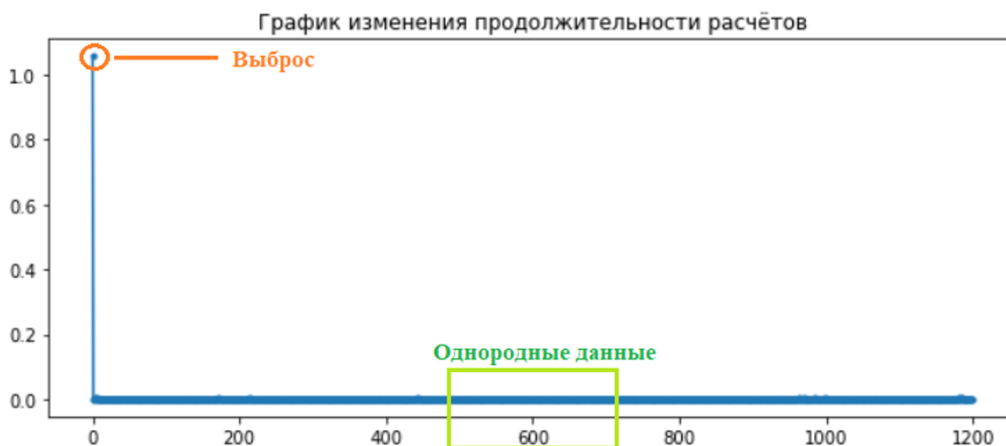


Рис. 2. Длительность расчетов

На рис. 2 показано изменение продолжительности расчетов. Для дальнейшего анализа выбираем в качестве примера возьмем отрезок [500;700], содержащий однородные результаты.

Ячейка 5 (однородный фрагмент): рассматриваем график, полученный на 4 этапе. Находим выбросы, которые представляют собой аномальные «пики», где длительность оказалась в несколько раз больше основной массы значений.

Выбираем однородные участки, на которых график приблизительно напоминает горизонтальную линию с небольшим случайным разбросом. Пусть  $x_1$  – начало отрезка однородных данных,  $x_2$  – конец отрезка однородных данных.

```
plt.figure(figsize = (10, 4))
plt.plot(T[x1:x2], marker = '.')
plt.show()
```

На рис. 3 можно видеть, что даже на относительно однородном участке наблюдаются выбросы, не превышающие 20% среднего.

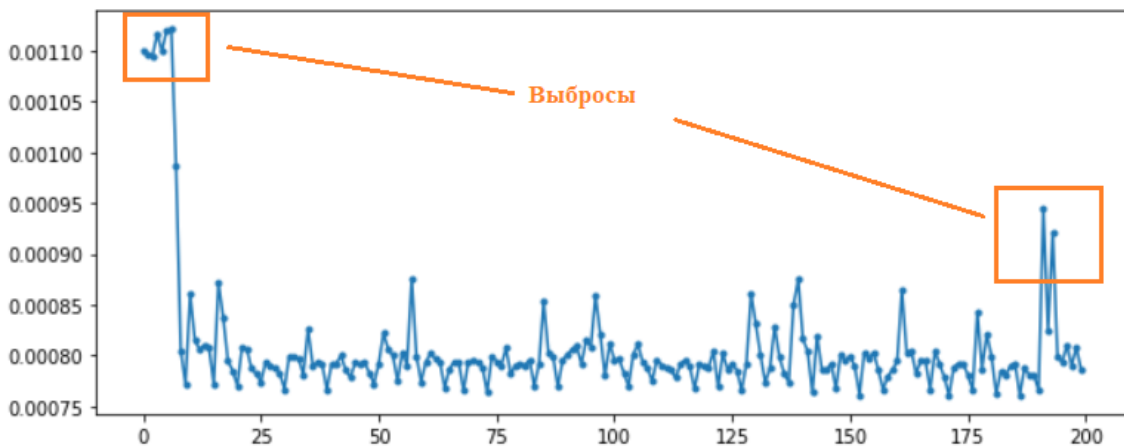


Рис. 3. «Однородные» длительности вычислений

Ячейка 6 (распределение однородных данных): построим гистограмму длительности расчетов и проведем анализ формы распределения.

```
plt.figure(figsize = (10, 4))
plt.hist(T[300:500], bins = 30, edgecolor = 'black', color = 'white')
plt.title ('Гистограмма однородного массива')
plt.show()
```

Рассмотрим гистограмму распределения для продолжительности вычислений – «однородного» массива (рис. 4).

Преобладающее большинство наблюдаемых значений продолжительности образует распределение, близкое к нормальному. Аномалии выделены на диаграмме оранжевым цветом. Результаты вычислительных экспериментов,

проведенных в JupiterLab, Jupiter Notebook и Google Colab практически совпали – продолжительность вычислений нестабильна.



Рис. 4. Гистограмма «однородных» длительностей

**Заключение.** В результате сравнительного анализа многократного прогона одной и той же программы на разных платформах установлена нестабильность производительности, в том числе для облачных сервисов. На графиках наблюдаются однородные участки и некоторое количество существенных выбросов, когда продолжительность вычислений увеличивается в несколько раз по сравнению со средними показателями. Эту особенность необходимо учитывать при планировании объемных вычислений, в том числе в облаке.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Галочкин, В.Т. Эконометрика. М.: Юрайт, 2019. 288 с.
2. Анализ данных // Под редакцией В.С. Мхитаряна. М.: Юрайт, 2022. 490 с.
3. Эрик М. Изучаем Python. СПб.: Питер, 2020. 512 с.
4. Дейтел П., Дейтел Х. Python: Искусственный интеллект, большие данные и облачные вычисления. СПб.: Питер, 2020. — 864 с.
5. Криволапов С.Я. Статистические вычисления на платформе Jupyter Notebook с использованием Python. М.: Кнорус, 2022. 431 с.

УДК 004

Ч. Р. ХАСАНОВА

*hasanova-chulpan@mail.ru*

Науч. руковод. - канд. техн. наук, доц. А. В. КАЗАНЦЕВ

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **К ВОПРОСУ ОБ ОБРАБОТКЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ КАДАСТРОВОГО УЧЕТА**

**Аннотация.** В данной статье рассмотрен общий порядок проведения кадастрового учета, который регламентируется Федеральным законом от 13.07.2015 № 218-ФЗ «О государственной регистрации недвижимости». Как и любой процесс, он имеет ряд недостатков и недочетов с технологической стороны осуществления процесса. При анализе процесса выявлена проблема при осуществлении обработки документов, необходимых для внесения сведений в Единый государственный реестр недвижимости. В выводе статьи предлагается решение проблемы, позволяющее повысить качество и минимизировать временные затраты Филиала федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральная кадастровая палата Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии» на проведение процедур кадастрового учета на этапе проверки направленных документов.

**Ключевые слова:** кадастровый учет; описание местоположения границ; пространственные данные; Росреестр; искусственный интеллект.

### ***Введение***

Постановка на государственный кадастровый учет объектов недвижимости и государственная регистрация прав на них являются одними из значимых правовых процедур, поскольку от качества проведения кадастрового учета и регистрации прав зависит рынок недвижимости любой страны.

С 2017 года в России действует Федеральный закон «О государственной регистрации недвижимости» от 13.07.2015 г. № 218-ФЗ, согласно которому все сведения об объектах недвижимого имущества и ее собственниках вносятся в Единый государственный реестр недвижимости (далее – ЕГРН).

Внесение сведений в ЕГРН осуществляется органом регистрации прав на основании специальной документации – пакета документов, который в порядке межведомственного информационного взаимодействия направляется органами исполнительной власти и органами местного самоуправления.

Направляемый пакет документов рассматривается в ФГБУ ФКП «Росреестра» и в случае, если нет оснований для отказа, сведения вносятся в ЕГРН и в

дальнейшем отображаются на публичной кадастровой карте и в выписке из ЕГРН об основных и дополнительных характеристиках об объекте недвижимости.

Для рассмотрения пакета документов нужно сравнить предоставляемые XML-файлы с PDF-образами решений, актов, приказов необходимых для осуществления внесения сведений в ЕГРН. Зачастую при подготовке документов заявитель допускает ошибки, которые выявляются органом регистрации прав в рамках проверки документов. Для проверки документов специалистом ФГБУ ФКП «Росреестра» необходимо вручную сравнивать направленные заявителем документы на наличие несоответствия пространственных данных. Такая проверка является трудоемкой, требующей больших затрат времени и внимания со стороны специалиста.

Цель исследования – рассмотрение порядка осуществления государственного кадастрового учета со стороны специалиста ФГБУ ФКП «Росреестра», а именно обработка документов при внесении сведений в ЕГРН.

Задачи исследования – анализ предметной области, определение перечня существующих решений по поставленной проблеме, обоснование оптимального способа решения проблемы с помощью анализа.

### ***Основная часть***

Отношения, возникающие в процессе осуществления на территории Российской Федерации (далее – РФ) государственной регистрации прав на недвижимое имущество и сделок с ним, государственного кадастрового учета недвижимого имущества, а также составление ЕГРН и предоставлением содержащихся в нем сведений, регулируются на основании Федерального закона от 13.07.2015 № 218-ФЗ «О государственной регистрации недвижимости»[1]. ЕГРН – это свод достоверных и систематизированных сведений об учтенном недвижимом имуществе, а также о зарегистрированных на него правах, осно-

ваниях их возникновения, правообладателях, а также других установленных в соответствии с законом сведений[2].

Информация, содержащаяся в ЕГРН, может быть внесена, изменена и исключена органом регистрации прав в следующих случаях:

1) в результате государственного кадастрового учета (далее – ГКУ) и (или) государственной регистрации прав - при внесении основных сведений об объекте недвижимости;

2) в порядке межведомственного взаимодействия – при внесении дополнительных сведений об объекте недвижимости;

3) в уведомительном порядке – при внесении дополнительных сведений, внесение которых в ЕГРН не влечет за собой переход, прекращение права, ограничение права или обременение объекта недвижимости[3].

Главой 4 «Внесение сведений в Единый государственный реестр недвижимости в порядке межведомственного информационного взаимодействия» 218-ФЗ установлены[1]:

– правила направления документов (содержащихся в них сведений), необходимых для внесения сведений в ЕГРН, в порядке межведомственного информационного взаимодействия;

– правила внесения сведений в ЕГРН по заявлению заинтересованного лица;

– правила внесения в ЕГРН сведений, поступивших в порядке межведомственного информационного взаимодействия.

Также постановлением установлены перечень документов и состав содержащихся в них сведений и порядок их направления или предоставления[4].

Внесение сведений в ЕГРН осуществляется органом регистрации прав на основании специальной документации – пакета документов, который в порядке межведомственного информационного взаимодействия направляется органами исполнительной власти и органами местного самоуправления, либо с заявлением может обратиться собственник или представитель правообладателя объекта

сооружения, на который устанавливается охранная зона. Однако прежде чем внести такие сведения в названный реестр, необходимо удостовериться в соответствии устанавливаемой зоны требованиям законодательства, а также проверить перечень документов и состав содержащихся в них сведений.

В пакет документов включается:

- сопроводительное письмо с перечнем объектов;
- описание местоположения границ охранной зоны;
- решение об утверждении, изменении, аннулировании охранных зон (при необходимости);
- правоустанавливающие документы, либо документы, подтверждающие в соответствии с положениями Гражданского кодекса РФ законное владение объектами (при необходимости).

Основным документом, подлежащим проверке с целью установления зоны, выступает описание местоположения границ такой зоны, представляемой в текстовой и графической формах и утверждаемой уполномоченными органами власти. Формы графического и текстового описания местоположения границ населенных пунктов, территориальных зон, особо охраняемых природных территорий, зон с особыми условиями использования территории установлены приказом Министерства экономического развития Российской Федерации от 23 ноября 2018 г. N 650[5]. Также в приказе утверждены требования к точности определения координат характерных точек границ, формату электронного документа, содержащего сведения, схемы, используемые для формирования документов в формате XML, представляемых органами исполнительной власти и органами местного самоуправления в орган регистрации прав[6]. В случае верно заполненных электронных и бумажных документов, а также правильно сформированного XML – файла, сведения вносятся в ЕГРН[7].

Важно отметить, что графическая составляющая рассматриваемого документа представлена не только визуальным отображением конфигурации устанавливаемой зоны (план границ), но и сведениями об объекте в табличной

форме[8]. Сюда относят данные о наименовании зоны, ее площади, вычисленной на основании координат поворотных точек ее границ. В разделе «Сведения об объекте» (строка «Местоположение объекта») указывается расположение объекта, указывается название субъекта РФ, муниципального образования, населенного пункта. В том же разделе в строке «Иные характеристики объекта» описываются сведения о специальном режиме, устанавливаемом в пределах конкретной зоны (ограничения)[6]. Перечень возможных ограничений установлен законодательством по каждой конкретной зоне. В табличной форме также предоставляются данные о местоположении границ в виде координат характерных точек с указанием метода их определения[8]. В разделе «Сведения о местоположении границ объекта» указываются:

- система координат, используемая для ведения ЕГРН;
- сведения о характерных точках границ объекта;

Кроме того, указывается погрешность осуществленных измерений. Именно координатные данные позволяют установить местоположение границ охранной зоны на местности. Для обозначения характерных точек границ объекта используются арабские цифры. Для всех характерных точек границ объекта работ либо частей таких границ применяется сквозная нумерация[6].

XML-схема предназначена для формирования документов, воспроизводящих сведения, содержащиеся в решении (соглашении, уведомлении) уполномоченного органа об установлении, изменении, прекращении существования зон с особыми условиями использования территорий, территориальных зон, территорий объекта культурного наследия или его зон охраны, особых экономических зон. Документ должен состоять из набора файлов, упакованных в один ZIP - архив (далее – Пакет). Один Документ соответствует одному пакету. Имя Пакета должно иметь вид `ZoneToGKN_*.zip`, где \* – уникальный набор символов, соответствующий GUID, указанный в XML-файле данных. Таким образом, XML – документ на внесение сведений в ЕГРН должен быть представлен в виде ZIP – архива с именем Пакета `ZoneToGKN_*.zip` и содержать в



себе XML – файлы. Описание местоположения границ представляет из себя XML-файл, содержащий семантические сведения, а также один или несколько файлов с расширением PDF, содержащих графическую часть и приложения[9].

В соответствии с пунктом 34 Правил предоставления документов, направляемых или предоставляемых в соответствии с частями 1, 3 - 13, 15, 15(1), 15.2 статьи 32 Федерального закона "О государственной регистрации недвижимости" в федеральный орган исполнительной власти (его территориальные органы), уполномоченный Правительством РФ на осуществление государственного кадастрового учета, государственной регистрации прав, ведение ЕГРН и предоставление сведений, содержащихся в ЕГРН, утвержденных постановлением Правительства РФ от 31.12.2015 № 1532, документы, предоставляемые в орган регистрации прав в электронном виде, должны быть заверены усиленной квалифицированной подписью подготовившего и направившего их органа (а именно, все документы внутри zip-архива (XML – документы, образы бумажных документов в формате PDF)[4]. Требования к электронным образам бумажных документов, подписанных усиленной квалифицированной электронной подписью утверждены приказом Министерства экономического развития Российской Федерации от 30 апреля 2014 г. № п/203. Электронные образы бумажных документов оформляются в виде файлов в формате .PDF, подписанных усиленной квалифицированной электронной подписью лиц, которые в соответствии с нормативными правовыми актами РФ уполномочены заверять копии таких документов в форме документов на бумажном носителе[10].

Направляемый пакет документов рассматривается в ФГБУ ФКП «Росреестра» и в случае, если нет оснований для отказа, сведения вносятся в ЕГРН и в дальнейшем отображаются в Федеральной государственной информационной системой Единого государственного реестра недвижимости (далее – ФГИС ЕГРН), на публичной кадастровой карте и в выписке из ЕГРН об основных и дополнительных характеристиках об объекте недвижимости[11].

Для рассмотрения пакета документов нужно сравнить предоставляемые XML-файлы с PDF-образами решений, актов, приказов необходимых для осуществления внесения сведений в ЕГРН. Зачастую при подготовке документов заявитель допускает ошибки (невнимательность, незнание норм действующего законодательства, некорректное внесение сведений в программное обеспечение для формирования межевых и технических планов и т.д.), которые выявляются органом регистрации прав в рамках проверки документов. Для проверки документов специалистом ФГБУ ФКП «Росреестра» необходимо вручную сравнивать направленные заявителем документы на наличие несоответствия пространственных данных. Такая проверка является трудоемкой, требующей больших затрат времени и внимания со стороны специалиста.

На этом этапе возможно применение искусственного интеллекта для оптимизации бизнес-процесса[12,13]. В частности, технологии искусственного интеллекта возможно использовать в сервисе по распознаванию документов. Этот инструмент нужен для сокращения трудозатрат сравнение и проверку документов и извлечение необходимой информации[14].

### ***Заключение***

В статье был проведен общий порядок проведения кадастрового учета органом регистрации прав, а именно рассмотрен процесс обработки документов при внесении сведений в Единый государственный реестр недвижимости специалистом ФГБУ ФКП «Росреестра». Проведенный анализ показал, что лучшим образом процесс можно оптимизировать с помощью применения искусственного интеллекта, с помощью которого услуги будут предоставляться более эффективно [15].

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Федеральный закон Российской Федерации «О государственной регистрации недвижимости» от 13 июля 2015 г №218-ФЗ // сайт Консультант. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_182661/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_182661/) (дата обращения: 18.05.2022);
2. Саушкина Н. В. ГОСУДАРСТВЕННАЯ РЕГИСТРАЦИЯ И УЧЕТ ЗЕМЕЛЬ. – 2019.

3. Соловьева С. В. Информационное обеспечение при постановке объектов недвижимости на государственный кадастровый учет // *Аллея науки*. – 2019. – Т. 1. – №. 6. – С. 237-242.
4. Постановление правительство Российской Федерации «Об утверждении правил предоставления документов, направляемых или предоставляемых в соответствии с частями 1, 3 - 13, 15 статьи 32 федерального закона "о государственной регистрации недвижимости" в федеральный орган исполнительной власти (его территориальные органы), уполномоченный правительством российской федерации на осуществление государственного кадастрового учета, государственной регистрации прав, ведение единого государственного реестра недвижимости и предоставление сведений, содержащихся в едином государственном реестре недвижимости» от 31 декабря 2015 г. № 1532 // сайт Консультант. URL: <http://10.2.143.14/cons/cgi/online.cgi?req=doc&ts=kXTN27TG5sOXwM2B&cacheid=477566EDA7ABDEE56CA8B7DD3295F5FB&mode=splus&rnd=0.3503464030619343&base=LAW&n=403521#SvVN27TaoKmPi7Vx2> (дата обращения: 18.05.2022);
5. Тихомирова Л. А. Зоны с особыми условиями использования территорий: особенности правового регулирования // *Доступ из СПС «КонсультантПлюс*. – 2014.
6. Приказ Министерства экономического развития Российской Федерации «Об установлении формы графического описания местоположения границ населенных пунктов, территориальных зон, особо охраняемых природных территорий, зон с особыми условиями использования территории, формы текстового описания местоположения границ населенных пунктов, территориальных зон, требований к точности определения координат характерных точек границ населенных пунктов, территориальных зон, особо охраняемых природных территорий, зон с особыми условиями использования территории, формату электронного документа, содержащего сведения о границах населенных пунктов, территориальных зон, особо охраняемых природных территорий, зон с особыми условиями использования территории, и о признании утратившими силу приказов минэкономразвития России от 23 марта 2016 г. № 163 и от 4 мая 2018 г. № 236» от 23 ноября 2018 г. № 650 // сайт Консультант. URL: <http://10.2.143.14/cons/cgi/online.cgi?req=doc&ts=3pXcfnSye0HiqRni1&cacheid=A829A9B6DBE6E7C73FD697027EF49867&mode=splus&rnd=0.3503464030619343&base=LAW&n=344829#gylI27TSgp2zys1a/> (дата обращения: 18.05.2022);
7. Бугаева И. А., Митрофанова Н. О., Норкин В. И. Этапы установления границ охранных зон магистральных газопроводов // *Интерэкспо Гео-Сибирь*. – 2020. – Т. 7. – №. 2. – С. 115-120.
8. Калиниченко А. О., Калиниченко Е. О. Особенности процедуры согласования границ зон с особыми условиями использования территории // *Вестник экспертного совета*. – 2021. – №. 2 (25). – С. 101-106.
9. Приказ Министерства экономического развития Российской Федерации «О внесении изменений в приказ Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии от 01.08.2014 №П/369 «О реализации информационного взаимодействия при ведении государственного кадастра недвижимости в электронном виде» от 15 сентября 2016 г. № П/0465
10. Приказ Министерства экономического развития Российской Федерации «О размещении на официальном сайте федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии в информационно-телекоммуникационной сети "интернет" требований к электронным образам бумажных документов, подписанных усиленной квалифицированной электронной подписью лиц, которые в соответствии с нормативными правовыми актами российской федерации уполномочены заверять копии таких документов в форме документов на бумажном носителе, представляемых органами государственной власти и органами местного самоуправления» от 30 апреля 2014 г. № п/203 // сайт Консультант. URL: <http://10.2.143.14/cons/cgi/online.cgi?req=doc&ts=3pXcfnSye0HiqRni1&cacheid=64F983EE276AFBD51765D92A36014F19&mode=splus&rnd=0.3503464030619343&base=LAW&n=162681#8ddK27TYJZTlvwpN1> (дата обращения: 18.05.2022);

11. Кузнецова А. Б., Аллес П. С., Митрофанова Н. О. ОСОБЕННОСТИ УСТАНОВЛЕНИЯ ГРАНИЦ ЗОН С ОСОБЫМИ УСЛОВИЯМИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ В ОТНОШЕНИИ ЛИНЕЙНЫХ ОБЪЕКТОВ //Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2020. – Т. 7. – №. 2. – С. 71-77.
12. Paschek D., Luminosu C. T., Draghici A. Automated business process management–in times of digital transformation using machine learning or artificial intelligence //MATEC web of conferences. – EDP Sciences, 2017. – Т. 121. – С. 04007.
13. Davenport T. H., Ronanki R. Artificial intelligence for the real world //Harvard business review. – 2018. – Т. 96. – №. 1. – С. 108-116.
14. Бокова А. Г. ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ОРГАНОВ РОСРЕЕСТРА В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ РОССИЙСКОГО ОБЩЕСТВА //Интеллектуальные ресурсы-региональному развитию. – 2021. – №. 2. – С. 316-320.
15. Солдаткина Ю. В., Караваева А. А. Применение искусственного интеллекта на государственной службе //Вызовы современности и стратегии развития общества в условиях новой реальности. – 2022. – С. 102-107.

Т. А. ШАЙХИНУРОВ, А. А. МЕЧКАЕВ, А. Д. АХМЕТОВА  
*fosterygaty@yandex.ru*

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ЗАЯВОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ HELPDESK-БОТОВ**

**Аннотация.** Статья посвящена оптимизации работы технической поддержки при внедрении HelpDesk-бота.

**Ключевые слова:** helpdesk, техническая поддержка, бот, автоматизация.

В настоящее время наблюдается тенденция внедрения ПО на многие предприятия, и для такого случая всегда должна быть техническая поддержка.

Техническая поддержка является одной из ключевых подразделений в большинстве предприятий. В задачи работников технической поддержки входят следующие обязанности [1]:

- сопровождение ПО, используемое на предприятии, в течении всего жизненного цикла;
- обслуживание или установка ИТ-оборудования или программного обеспечения;
- техническая поддержка сотрудников предприятия;
- создание и сопровождение документации в области ПО;
- предоставление консультации или документации в области ПО.

Для выполнения данных задач, специалисты технической поддержки часто используют HelpDesk системы, которые позволяют централизовать сбор всех заявок со стороны обычных сотрудников. Такое решение оптимизирует и автоматизирует процесс обработки заявок. Следовательно, в случае повторных инцидентов, затрагиваемых программного обеспечения, у специалиста есть возможность использовать заранее заготовленные документации по тому или иному ПО [2].

Исходя из такой оптимизации, главной потребностью для технической поддержки будет актуальность документаций для программного обеспечения,

для создания которого требуется время. Следовательно, в таких условиях, техническая поддержка находится в затруднительном положении: либо своевременно отвечать на поступающие заявки, используя устаревшие инструкции, либо отдавать приоритет на документацию, из-за чего качество и скорость решения инцидентов может упасть.

Для такого случая можно применить поискового бота HelpDesk-Bot, который может снять значительную часть нагрузки с сотрудников технической поддержки. Для сравнения, приведены мнемосхемы, которые визуализируют работу технической поддержки с применением и без применения бота.

В данной статье в качестве примера будет приведено предприятие ООО «РН-БашНИПИнефть» и ее отдел ОСП ПИР (отдел сопровождения проектов проектно-изыскательных работ). В таком случае стоит сделать акцент на используемой системе заявок, а именно ЕСПП, базирующийся на GLPI HelpDesk, которая включает управление инцидентами, базу знаний для документаций и т.д. [3].

Обращая внимание на рисунке 1, где сотрудники работают в ручном режиме, т.е. делегируют инциденты между с собой в зависимости от сложности полученной заявки, а также вручную отправляют заявки сотрудникам. В данном случае были выявлены следующие недостатки:

- возникает большая очередь ожидания на выполнение той или иной заявки;
- падает эффективность сотрудников ПИР, в следствии долгого ожидания решения технических неполадок;
- повышается нагрузка на специалистов всех трех линий из-за однотипных заявок;
- падает эффективность специалистов второй и третьей линий, т.к. более сложные задачи не доходят вовремя;
- база знаний пополняется новыми документациями и инструкциями долго.

На рисунке 2, в качестве участника появляется GLPI HelpDesk-Bot, выполняющий роль делегирования инцидентов между сотрудниками, в зависимости от уровня сложности. Главным условием для назначения уровня сложности заявки – категория ПО, повторяемость инцидента, отдел и др. атрибуты. Также, в случае полного повтора инцидента, бот имеет возможность самостоятельно отправлять документации по ПО, за исключением 3 уровня поддержки, где требуется полное участие человека в процессе устранения неполадок. Бот имеет следующий функционал: просмотр заявок, сравнение заявок по содержащимся тексту и атрибутам, отправлять ранее отправленные инструкции и документации без участия специалистов первых двух линий, перенаправлять заявления напрямую диспетчерам всех трех линий [4].

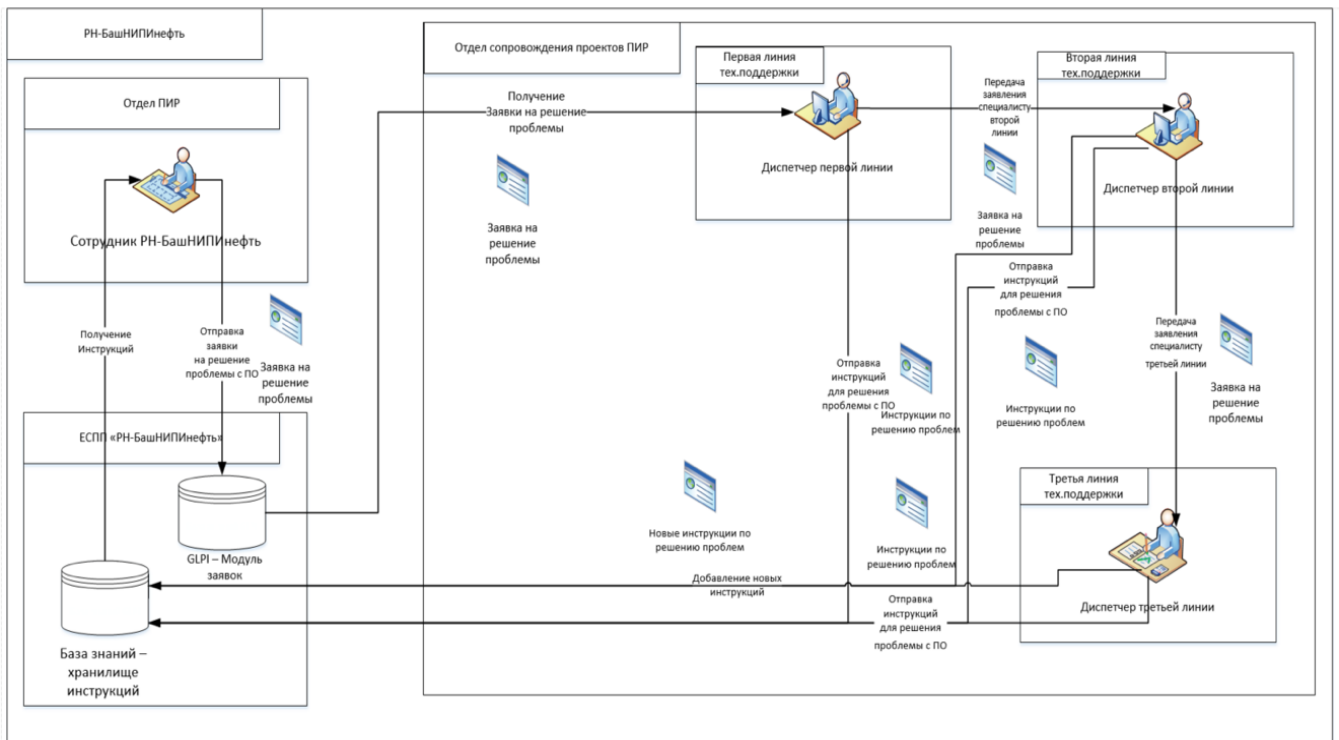


Рис. 1. Мнемосхема существующего процесса обработки заявок в отделе сопровождения проектов ПИР

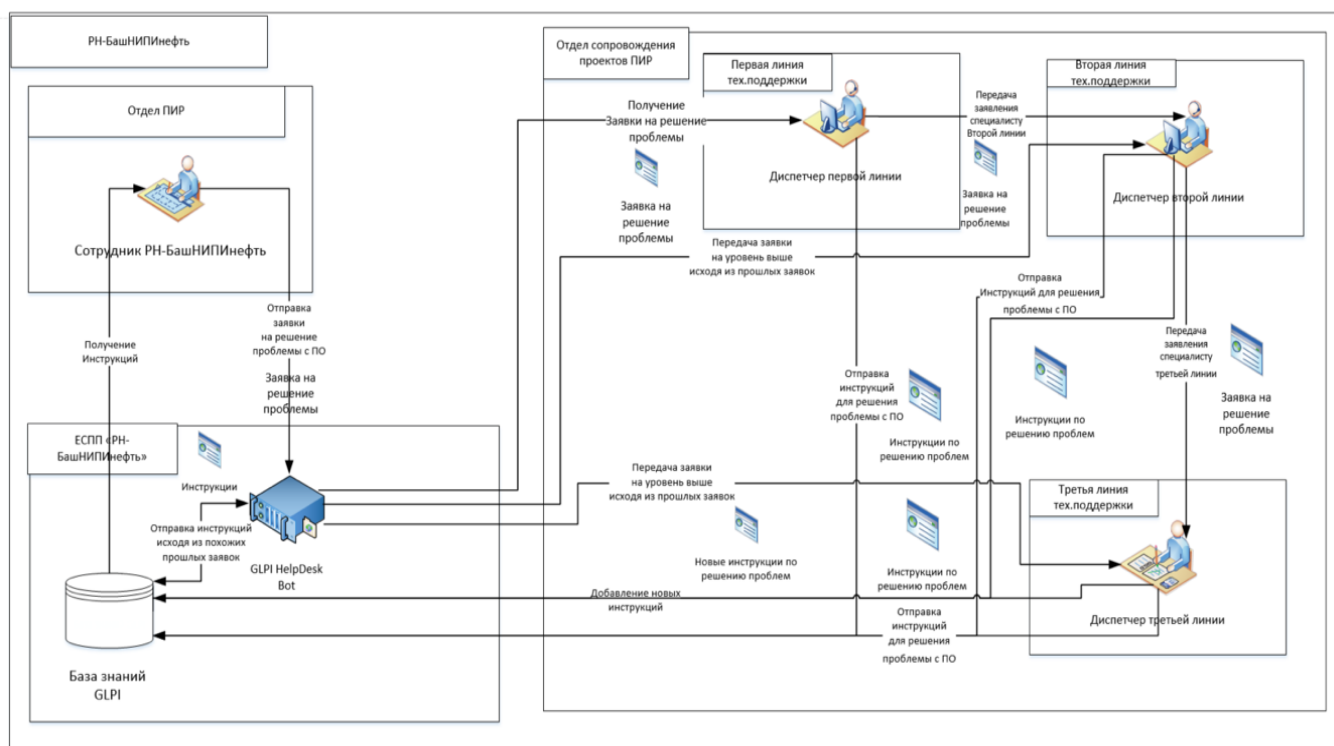


Рис. 2. Мнемосхема предполагаемого процесса обработки заявок при внедрении GLPI HelpDesk Bot

Для повышения эффективности и сокращение временных издержек при решении инцидентов, связанных с ПО можно внедрить Service Desk bot на базе готового решения GLPI HelpDesk Bot. Внедрение системы позволит сократить временные затраты, повысит эффективность специалистов технической поддержки, значительно сократит поток однотипный заявок, вследствие чего снизится загруженность специалистов, отвечающих за обновление документации, а также увеличится эффективность работы отделов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Technical Support (Tech Support). [Электронный ресурс] // – Режим доступа: <https://www.techopedia.com/definition/9675/technical-support-tech-support>
2. Кирьянов В. Комплексный интерфейс Service Desk на базе технологии Web-сервисов // Byte, №6, 2007, стр. 72-76
3. FAQ – GLPI. [Электронный ресурс] // – Режим доступа: <https://glpi-project.org/faq/>
4. M. Dahiya. A Tool of Conversation: Chatbot [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.researchgate.net/profile/Menal-Dahiya/publication/321864990\\_A\\_Tool\\_of\\_Conversation\\_Chatbot/links/5a360b02aca27247eddea031/A-Tool-of-Conversation-Chatbot.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Menal-Dahiya/publication/321864990_A_Tool_of_Conversation_Chatbot/links/5a360b02aca27247eddea031/A-Tool-of-Conversation-Chatbot.pdf)



## СЕКЦИЯ 5.2 МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

УДК 004.02

А. Р. АЛИМГАФАРОВ

*artur.alimgafarov@gmail.com*

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. Е. Ю. САЗОНОВА

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

### ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ ПОСТРОЕНИЯ МАРШРУТОВ ЭВАКУАЦИИ

**Аннотация.** В статье рассматривается подход к решению задачи построения маршрутов эвакуации. Предлагается решить три подзадачи построения рациональных маршрутов в помещении: предобработка изображений, построение маршрутов, визуализации построенных маршрутов. Для предобработки изображения разработан алгоритм, в основу которого положено преобразование изображения из RGB в формат черно-белое изображение и пиксельное сравнение, для построения рациональных маршрутов используется модифицированный метод поиска кратчайшего пути  $A^*$ , который учитывает пропускную способность эвакуационных выходов и интенсивность потока людей в помещении.

**Ключевые слова:** эвакуация, построение кратчайшего маршрута, задача построения маршрутов эвакуации, методы поиска кратчайшего пути, предобработка изображений.

#### ***Введение***

Эвакуация представляет собой процесс организованного самостоятельного движения людей наружу из помещений, в которых имеется возможность воздействия на них опасных факторов пожара. При этом несамостоятельное перемещение людей, относящихся к маломобильным группам населения, осуществляемое обслуживающим персоналом также является эвакуацией. Передвижения людей осуществляется по маршрутам эвакуации через эвакуационные выходы [1].

Значительная пожарная опасность объектов с массовым пребыванием людей обусловлена наличием множества помещений с различным функциональным назначением, неоднозначной (порой уникальной) планировки и большим количеством одновременно присутствующих людей. Поэтому в основе системы обеспечения пожарной безопасности объектов с массовым пребыванием людей должен лежать системный подход, учитывающий динамику пожара,

наличие систем пожарной безопасности, реакции людей в здании, процессы эвакуации и прочее.

Правильно организованные пути эвакуации обязаны обеспечивать безопасное и беспрепятственное передвижение людей. Маршруты движения должны проходить по кратчайшим траекториям, ведущим к аварийным выходам. Для предотвращения возникновения давки и «пробок» на путях движения важно правильно распределять потоки людей и учитывать пропускную способность выходов.

Одним из способов эффективной эвакуации людей являются применение информационных технологий. Так, разработка программного решения для составления карт помещений и построения кратчайших маршрутов будет способствовать сокращению времени на нахождение маршрутов эвакуации и процесс эвакуации людей из зданий.

### ***Постановка задачи построения маршрутов эвакуации***

Рассмотрим постановку задачи построения кратчайших маршрутов эвакуации. Имеются схемы помещений различного назначения, например, торговые площади, банковские учреждения, здания образовательных и развлекательных учреждений, спортивные объекты, медицинские учреждения и др.; данные о препятствиях, эвакуационных выходах, местоположении посетителей, количестве посетителей. Необходимо построить и визуализировать маршруты эвакуации.

Решение поставленной задаче должно быть реализовано в виде приложения, которое позволяет создавать интерактивные карты помещений с нахождением и визуализацией кратчайших эвакуационных маршрутов, при этом, необходимо сделать так, чтобы у пользователя была возможность сохранять созданную карту, редактировать и динамически изменять уже ранее созданные карты.

Логичным решением является разделение основного будущего продукта на две функциональные части. Первая состоит из составления карты в качестве

исходных данных к алгоритму поиска маршрутов эвакуации, иными словами разработка карты помещения, вторая – сам алгоритм, иными словами поиск эвакуационного маршрута. Рассмотрим каждую из частей по отдельности.

### ***Разработка карты помещения***

На вход будут поступать изображения планов помещения видом сверху, как показано на рисунке 1. Необходимо реализовать процесс назначения или распознавания стен, объектов-препятствий и свободной области перемещения, а также нужна их инициализация в виде цифровых данных для выполнения расчетов.

Дано: изображение плана помещения.

Требуется: реализовать инициализацию препятствий, эвакуационных выходов, местоположения посетителей.

При реализации необходимо учитывать, что данные должны быть изменяемыми, а их количество может быть увеличено.

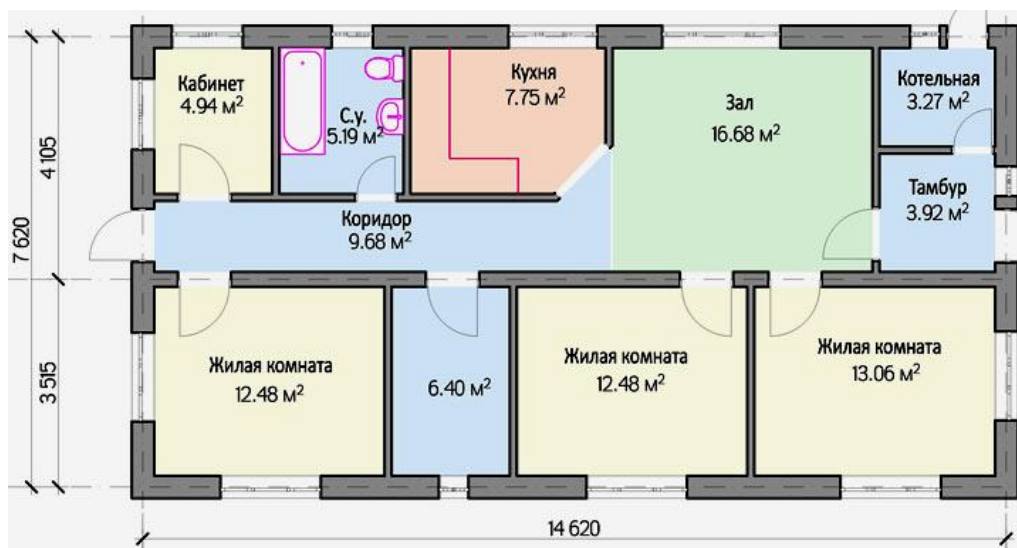


Рис. 1. Пример плана помещения в качестве исходных данных

### ***Поиск маршрута эвакуации***

На вход будут поступать данные о местоположении препятствий помещения, эвакуационных выходов и людей, полученные в предыдущей части приложения. Необходимо получить на выходе маршрут. Необходима визуализация

зация полученного результата: графическое отображение маршрута на карте помещения.

В связи с вышеописанными требованиями к функционалу, было решено разработать GUI-приложение (приложение с графическим пользовательским интерфейсом), в котором пользователю доступна возможность создавать карты, редактировать их и в случае чрезвычайных ситуаций находить для каждого посетителя (человека в помещении) кратчайший маршрут до эвакуационного выхода.

### ***Структура решения задачи построения маршрутов эвакуации***

На рисунке 2 показана формальная постановка задачи построения маршрутов эвакуации.

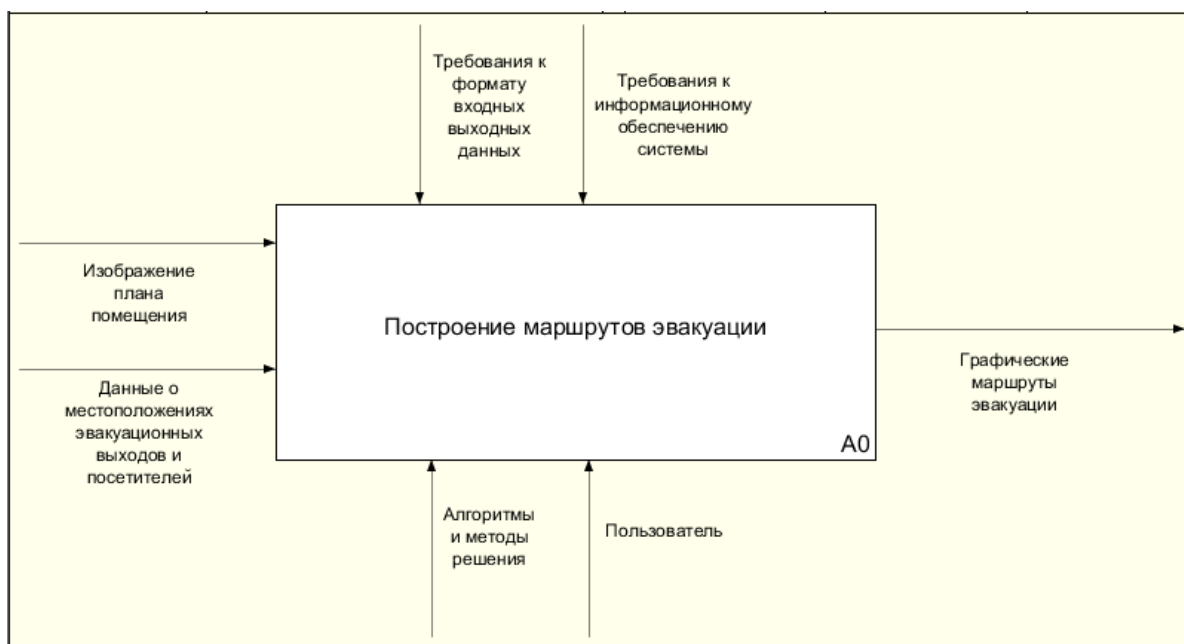


Рис. 2. Формальная постановка задачи

Входными данными являются изображение плана помещения, данные о местоположении эвакуационных выходов и посетителей. Выходными данным является графические маршруты эвакуации. К управляющим воздействиям относятся требования к форматы входных данных, требования к информационному обеспечению, к которому также относятся нормативные документы. Механизмами выступают алгоритмы и методы решения, и пользователь ПО.

При декомпозиции задачи были выделены следующие (рис.3) подзадачи: предобработка входного изображения, построение маршрутов, визуализации результат построения. Рассмотрим математическое обеспечение задач предобработки входного изображения и построения маршрутов.

### ***Задача предобработки изображения плана помещения***

Математическая модель может быть представлена следующим образом:

Дано: *image* – входное изображение плана помещения, *w* – ширина одной клетки карты, *h* – высота одной клетки, *t* – пороговое значение преобразования. Следующие условия и ограничения должны быть учтены при создании карты помещения с препятствиями:  $0 \leq t \leq 255$ ,  $t \in \mathbb{Z}$ ,  $2 \leq w \leq 50$ ,  $w \in \mathbb{Z}$ ,  $2 \leq h \leq 50$ ,  $h \in \mathbb{Z}$ . Разработан алгоритм предобработки входного изображения, в основу которого положено преобразование изображения из RGB в формат черно-белое изображение и пиксельное сравнение.

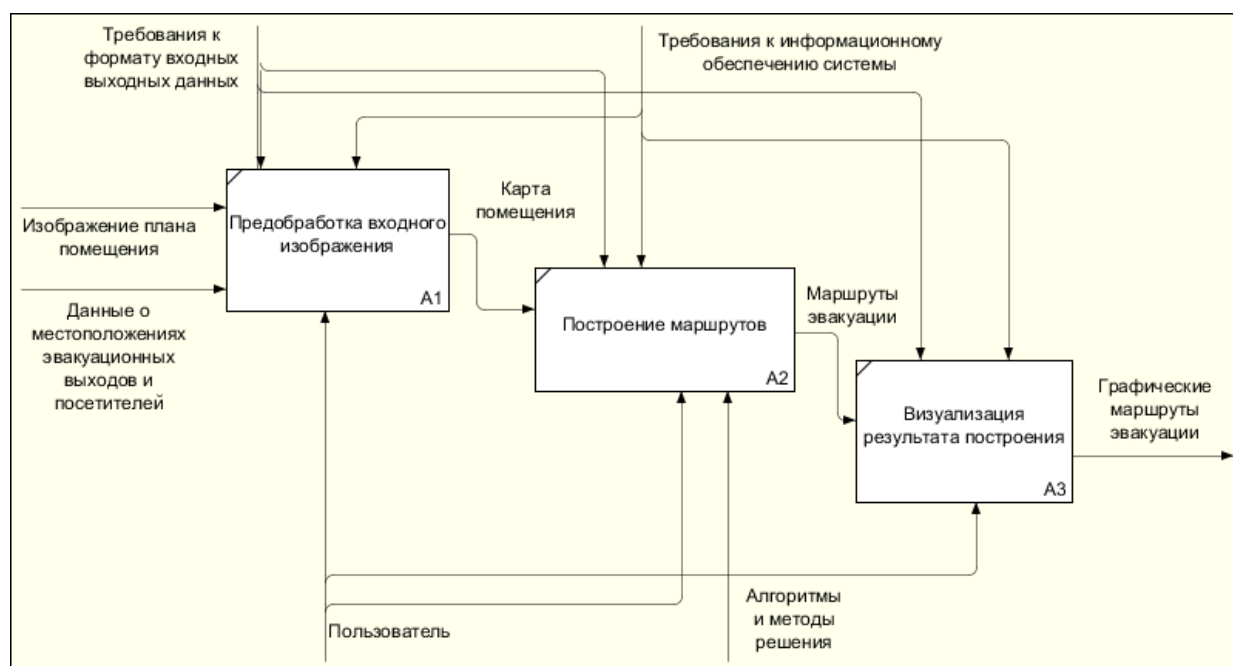


Рис. 3. Декомпозиция 1 уровня

### ***Задача поиска маршрутов эвакуации***

Математическая модель задачи построения маршрутов эвакуации может быть представлена следующим образом:  $M = \{m_{ij}: i = \overline{1, r}, j = \overline{1, c}\}$  – карта

помещения,  $r$  – количество строк карты,  $c$  – количество столбцов карты,  $a$  – местоположение посетителя,  $b$  – местоположение эвакуационного выхода. Необходимо найти кратчайший путь от точки  $a$  до точки  $b$   $f(t) \rightarrow \min$ , с учетом следующих ограничений:  $r \in \mathbb{Z}$ ,  $c \in \mathbb{Z}$ . Для поиска маршрутов эвакуации был использован модифицированный алгоритм  $A^*$ , в котором учтена интенсивность человеческого потока и пропускная способность выходов.

Для решения задачи поиска эвакуационных маршрутов был применен модифицированный алгоритм  $A^*$  с учетом интенсивности человеческого потока и пропускной способности эвакуационных выходов.

При разработке программного решения был использован следующий стек технологий: язык программирования – Python, используемые библиотеки – JSON, NumPy, OpenCV, PIL, Tkinter.

### ***Заключение***

В статье рассматривает актуальная задача построения кратчайшего маршрута на примере движения людей при эвакуации. Для ее решения предложен подход, включающий предобработку входного изображения, построение маршрутов, визуализацию результата построения. Результатом данной работы является программное решение построения кратчайших эвакуационных маршрутов с учетом пропускной способности эвакуационных выходов и интенсивности человеческого потока.

*Результаты исследований, приведенные в статье, получены в рамках выполнения государственного задания № FEUE-2020-0007.*

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. СНиП 21-01-97. Пожарная безопасность. Общие требования". — [Электронный ресурс] URL: <https://docs.cntd.ru/document/871001022>.
2. Введение в OpenCV — библиотеку компьютерного зрения на Python. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://pythonist.ru/vvedenie-v-opencv-biblioteku-kompyuternogo-zreniya-na-python/> (дата обращения: 14.09.2022).

3. OpenCV Python. Image Thresholding. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [https://docs.opencv.org/4.x/d7/d4d/tutorial\\_py\\_thresholding.html](https://docs.opencv.org/4.x/d7/d4d/tutorial_py_thresholding.html) (дата обращения: 14.09.2022).
4. Русские блоги. Официальное руководство по OpenCV Python. Основные операции с изображениями. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://russianblogs.com/article/1289593719/> (дата обращения: 14.09.2022)
5. Pillow обработка изображений в Python на примерах. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://python-scripts.com/pillow> (дата обращения: 14.09.2022).
6. Хабр – блог об информационных технологиях. Базовые алгоритмы нахождения кратчайших путей во взвешенных графах. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/119158/> (дата обращения: 14.09.2022).
7. Хабр – блог об информационных технологиях. Реализация алгоритма A\*. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/331220/> (дата обращения: 14.09.2022).

УДК 004.021

А. И. БАСЫРОВ

*bruder.ocn@gmail.com*

Науч. руковод. – д-р. тех. наук, проф. Г. Р. ВОРОБЬЕВА

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАЗРАБОТКИ ПРОЦЕДУРНОЙ ГЕНЕРАЦИИ КОНТЕНТА**

*Аннотация.* В статье рассматривается задача разработки модуля приложения, который обеспечит потенциальным отображением полярных сияний на карте с использованием диаграммы Вороного. Предложены математические методы решения поставленной задачи. Разработан алгоритм на основе предложенных методов. Описано разработанное ПО.

*Ключевые слова:* диаграмма Вороного; гистограмма; вариограмма.

Данная работа посвящена текущим результатам по НИР. Было разработано Python приложение, отображающее диаграмму вороного по вводимому файлу geojson, с координатами точек в пространстве, а также построение гистограммы отображающая расстояние между точками.

Основная *цель данной работы* – это сбор данных и точное отображение полярных сияний на карте.

*Основной задачей* является разработка модуля приложения, который обеспечит потенциальным отображением полярных сияний на карте с использованием диаграммы Вороного.

### ***Диаграмма Вороного***

Под классической диаграммой Вороного для набора точечных объектов на плоскости понимается разбиение плоскости на ячейки Вороного, каждая из которых является геометрическим местом точек, расположенных ближе к данному объекту, чем к остальным. В качестве меры близости в работе используется евклидово расстояние.

Диаграмма Вороного является фундаментальной геометрической структурой, широко используемой в современной науке, а также при решении практических задач, в частности, в вычислительной геометрии и компьютерной



графике. С ее помощью строятся различные сетки, разбиения поверхностей, осуществляется поиск кратчайшего пути между объектами, ближайших соседей и многое другое.

Настоящая работа посвящена использованию диаграммы Вороного для построения на плоскости, а затем созданию на ее основе трехмерной модели объекта (части Земли – Антарктида, где появляются полярные или северные сияния), которая впоследствии разбивается на отдельные участки потенциального прогнозирования северных сияний по ячейкам Вороного.

На рис. 1 приведен пример диаграммы Вороного. Вершины многоугольников определяют вершины диаграммы Вороного, а соединяющие их отрезки – ребра диаграммы Вороного.

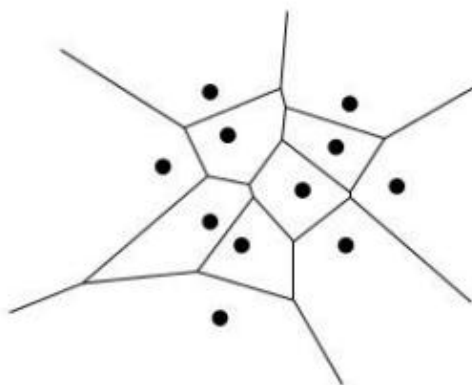


Рис. 1. Диаграмма Вороного для 11 точек

В настоящее время известно множество алгоритмов построения диаграммы Вороного на плоскости, имеющих разную эффективность. Наилучшие алгоритмы имеют эффективность  $O(n \cdot \log n)$ , среди них следует отметить метод Форчуна и алгоритм, основанный на методе декомпозиции. Для пространств большей размерности эффективные алгоритмы разработаны пока только для частных случаев, в общем же случае применяются приближенные алгоритмы.

### ***Входные и выходные данные***

В качестве входных данных был создан и использован geojson файл (формат, предназначенный для хранения географических структур данных), в

котором предоставлены свойства и координаты точек по которым с использованием евклидова пространства будет создаваться диаграмма Вороного на трехмерном модели объекта Антарктиды.

В качестве выходных данных будет создаваться новый geojson файл с координатами точек созданных в диаграмме Вороного. Эти данные впоследствии будут использоваться в приложении для точного прогнозирования новых северных сияний.

### ***Формальная постановка задачи***

Формальной постановке задачи соответствует контекстная диаграмма функциональной модели IDEF-0 (Рисунок 2).



Рис. 2. Нотация IDEF 0

В соответствии с вышеприведенной схемой опишем входные и выходные данные:

А) Координаты: точки координат в двумерной плоскости во входном файле geojson.

Б) Точки в евклидовом пространстве: точки координат в евклидовом пространстве в выходном geojson файле

### *Разработка модуля приложения*

Создадим функцию строящую диаграмму вороного по вводимому файлу geojson (рисунок 3):

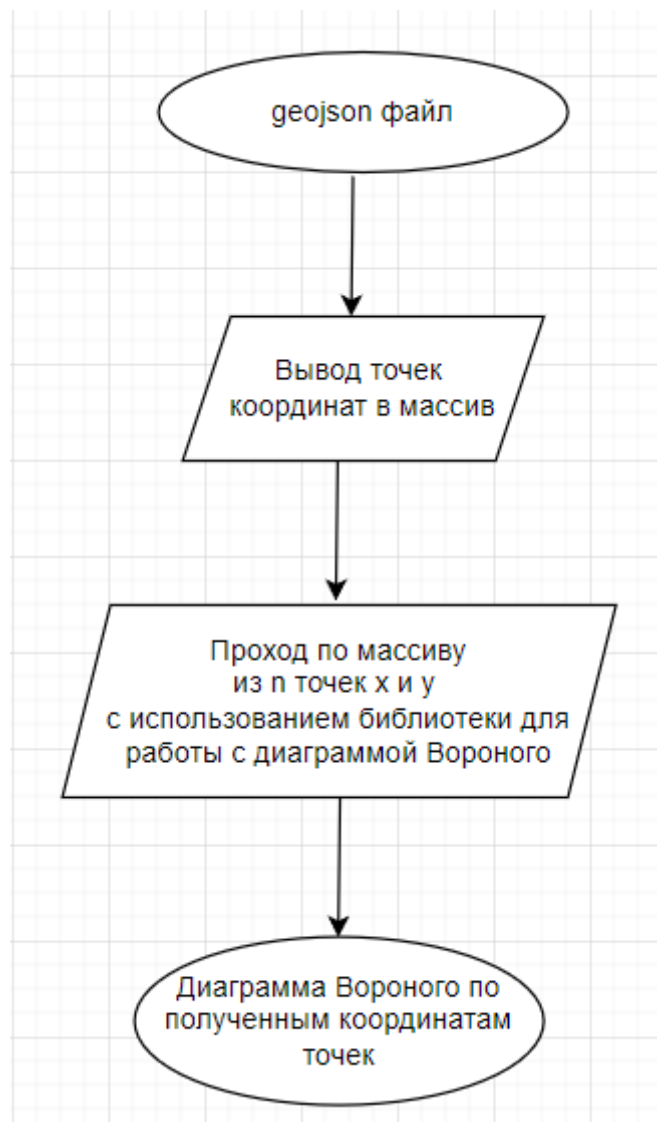


Рис. 3. Блок схема алгоритма построения диаграммы Вороного

Результат работы программы представлен на рисунке 4.

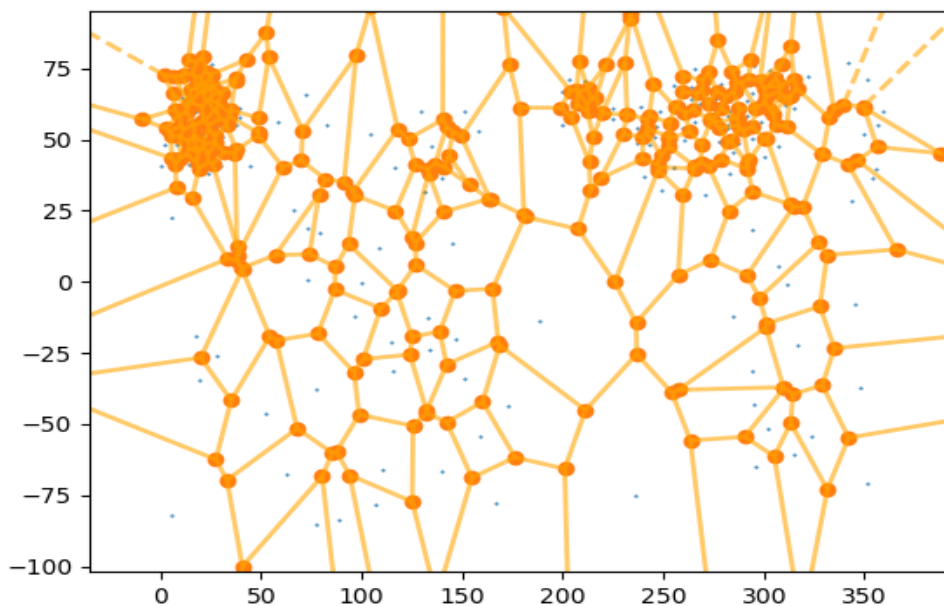


Рис. 4. Диаграмма Вороного

Далее требуется отобразить полученную диаграмму Вороного на карте. Для этого использовалась пакет данных Cartopy.

Импортируем нужную библиотеку:

```
import cartopy.crs as ccrs
```

И добавляем код для отображения диаграммы на карте:

```
plt.axis('equal')
plt.xlim(-100.00, 330.50)
plt.ylim(-100.00, 230.00)

central_lon, central_lat = -66, 77
extent = [-80, -20, 20, 80]

fig = plt.figure(voronoi_plot_2d(vor, line_colors='orange',
                                line_width=2, line_alpha=0.6, point_size=1))
#abobus.axes(projection=ccrs.Orthographic(central_lon, central_lat))
ax = plt.axes(projection=ccrs.Orthographic(central_lon, central_lat))
ax.set_extent(extent)
ax.gridlines()
ax.coastlines(resolution='50m')
fig.figure.add_axes(ax)
plt.show()
```

Результат работы представлен на рисунке.

Далее была создана функция, отображающая расстояние между координатами точек (гистограмма) вводимого файла (рисунок 5):



Рис. 5. Блок схема алгоритма построения гистограммы

Результат работы кода представлен на рисунке 6, где по оси ординат отображается частота появления точек, а по оси абсцисс соответственно расстояние между точками.

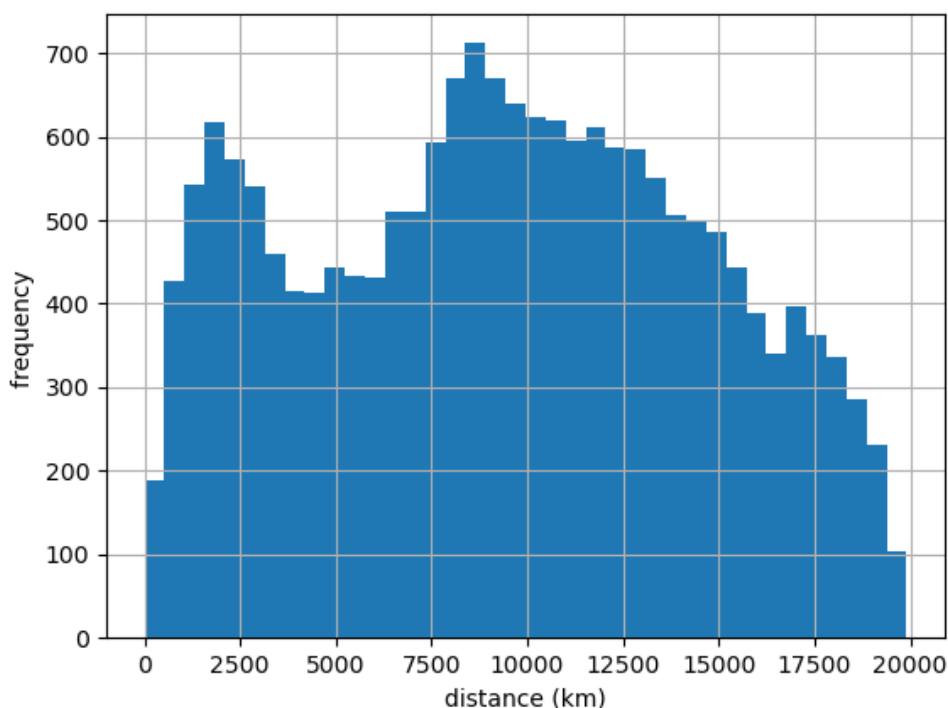


Рис. 6. Сформированная Гистограмма

В ходе дальнейшей работы планируется добавить:

- вывод диаграммы Вороного в новый geojson
- для исходного geojson оценить пространственную непрерывность и стационарность через вариограмму.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Использование диаграммы Вороного на плоскости в трехмерных моделях для последующего разбиения на фрагменты [Электронный ресурс] URL: <https://www.cs.vsu.ru/ipmt-conf/conf/2021/works>
2. Диаграмма Вороного Wiki Интернет-ресурс: URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Диаграмма\\_Вороного](https://ru.wikipedia.org/wiki/Диаграмма_Вороного)

Р. Р. ГАЙНЕТДИНОВ, В. В. МУХАМЕТЗЯНОВ

rtn\_bis@mail.ru, vil\_20011@mail.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, проф. Н. М. ШЕРЫХАЛИНА

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ УРАВНЕНИЙ. МЕТОД БИСЕКЦИЙ И МЕТОД СЕКУЩИХ

**Аннотация.** В данной работе были рассмотрены методы решения нелинейных уравнений такие как метод бисекций и метод секущих, а также с помощью численного эксперимента проведено сравнение сходимости этих методов.

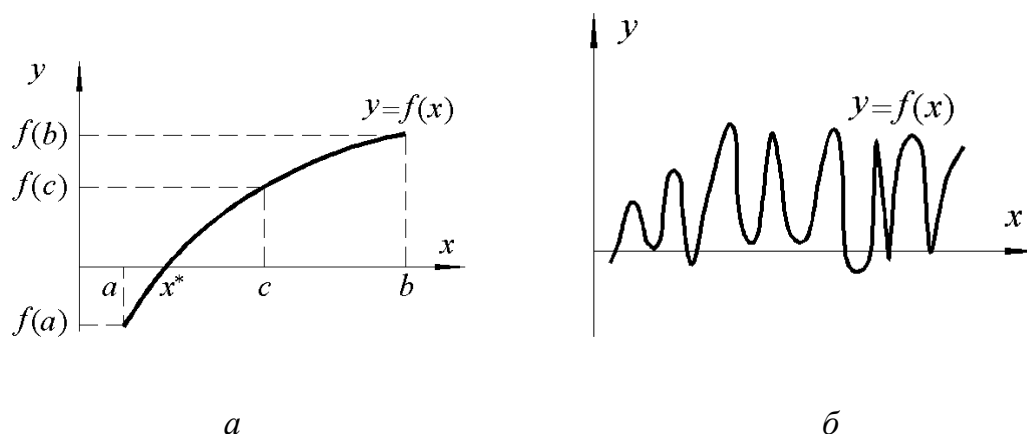
**Ключевые слова:** нелинейное уравнение, сходимость, метод секущих, непрерывность, производные, аппроксимация.

Пусть дано нелинейное уравнение

$$f(x) = 0,$$

корни которого необходимо найти, где  $f(x)$  – функция, определенная и непрерывная на некотором промежутке. В некоторых случаях на функцию могут быть наложены дополнительные ограничения, например, непрерывность первой и второй производных, что специально оговаривается. Функция может быть задана в виде алгебраического многочлена или трансцендентной функции (тогда ей соответствует алгебраическое или трансцендентное уравнение).

Рис. 1а иллюстрирует один из возможных случаев, характерных для данной задачи.



а б  
Рис. 1. Решение нелинейного уравнения

На рис. 1б показан сложный случай, когда уравнение имеет несколько решений. Этот пример объясняет тот факт, что данная задача в общем случае является алгоритмически неразрешимой. Однако, для решения практической задачи можно выявить интервалы, на которых функция  $f(x)$  меняет знак. В этом случае можно декомпозировать задачу на подзадачи, аналогичные той, которая рассмотрена на рис. 1а. Тогда задача сводится к уточнению значения корня уравнения на каждом интервале.

### ***Теорема***

Если на концах интервала  $[a, b]$  функция  $f(x)$  имеет разные знаки, то это значит, что в интервале  $[a, b]$  уравнение  $f(x)=0$  имеет хотя бы один корень.

### ***Метод бисекций (половинного деления, дихотомии)***

– Пусть мы нашли отрезок  $[a; b]$ , на котором функция меняет знак, т.е. на котором находится значение корня  $x=c$

– В качестве начального приближения корня принимаем середину этого отрезка

$$c_0 = (a + b)/2$$

– Далее исследуем значения функции  $f(x)$  на концах отрезков  $[a; c_0]$  и  $[c_0; b]$

– Тот из отрезков, на концах которого  $f(x)$  принимает значения разных знаков, содержит искомый корень; поэтому его принимаем в качестве нового отрезка  $[a_1; b_1]$

– В качестве первого приближения корня принимаем

$$c_1 = (a_1 + b_1)/2$$

– Таким образом,  $k$ -е приближение вычисляется как

$$c_k = (a_k + b_k)/2$$

– После каждой итерации отрезок, на котором расположен корень, уменьшается вдвое, а после  $k$  итераций он сокращается в  $2^k$  раз:



$$b_k - a_k = \frac{b - a}{2^k}$$

### ***Скорость сходимости***

Поскольку после каждой итерации интервал неопределенности уменьшается в два раза

$$\Delta^{(k+1)} = \frac{\Delta^{(k)}}{2}, \quad (2)$$

то

$$\Delta^{(k)} = \frac{\Delta^{(0)}}{2^k} = \frac{b - a}{2 \cdot 2^k}. \quad (3)$$

Тем самым, зная  $a, b$  и заданную верхнюю границу погрешности  $\varepsilon$ , можно заранее определить количество необходимых итераций.

$$k \geq \log_2 \frac{b - a}{2\varepsilon}.$$

### ***Метод секущих***

Идея метода заключается в замене производной конечной разностью в приведенной выше формуле Ньютона.

$$f'(x^{(k)}) \approx \frac{f(x^{(k)}) - f(x^{(k-1)})}{x^{(k)} - x^{(k-1)}},$$

что приводит к замене касательной в точке секущей, проведенной через две точки кривой  $y = f(x)$  (линейная аппроксимация).

$$x^{(k+1)} = x^{(k)} - \frac{f(x^{(k)}) \cdot (x^{(k)} - x^{(k-1)})}{f(x^{(k)}) - f(x^{(k-1)})}.$$

### ***Условие сходимости***

Пусть корень уравнения  $f(x) = 0$  отделен на отрезке  $[a; b]$  (функция  $f(x)$  непрерывна на  $[a; b]$  и на концах его принимает разные знаки), а производные  $f'(x)$  и  $f''(x)$  отличны от нуля и сохраняют постоянные знаки на  $[a; b]$ . Тогда, если выбрать начальное приближение  $x_0 \in [a; b]$  так, чтобы  $f'(x_0) \cdot f''(x_0) > 0$ , то последовательность приближений, определяемая формулой

$$x_n = x_{n-1} - \frac{f(x_{n-1})}{f'(x_{n-1})}$$

СХОДИТСЯ

*Скорость сходимости.* Для оценки скорости сходимости, как и выше, введем обозначения  $x^{(k-1)} = x^* + \varepsilon^{(k-1)}$ ,  $x^{(k)} = x^* + \varepsilon^{(k)}$ ,  $x^{(k+1)} = x^* + \varepsilon^{(k+1)}$ , где  $x^*$  - точное решение уравнения. Считая  $\varepsilon^{(k)}$  малыми, подставим эти выражения в (15).

$$x^* + \varepsilon^{(k+1)} = x^* + \varepsilon^{(k-1)} - \frac{f(x^* + \varepsilon^{(k-1)}) (\varepsilon^{(k)} - \varepsilon^{(k-1)})}{f(x^* + \varepsilon^{(k)}) - f(x^* + \varepsilon^{(k-1)})}$$

$$x^* + \varepsilon^{(k+1)} = x^* + \varepsilon^{(k)} - \frac{f(x^* + \varepsilon^{(k)}) (\varepsilon^{(k)} - \varepsilon^{(k-1)})}{f(x^* + \varepsilon^{(k)}) - f(x^* + \varepsilon^{(k-1)})}$$

Тогда

$$\begin{aligned} \varepsilon^{(k+1)} &= \frac{\varepsilon^{(k)} \left[ f'(x^*) (\varepsilon^{(k)} - \varepsilon^{(k-1)}) + \frac{1}{2} f''(x^*) (\varepsilon^{(k)2} - \varepsilon^{(k-1)2}) + o(\varepsilon^2) \right]}{f(x^*) + f'(x^*) \varepsilon^{(k)} - f(x^*) - f'(x^*) \varepsilon^{(k-1)} + o(\varepsilon)} - \\ &= \frac{\left[ f(x^*) + f'(x^*) \varepsilon^{(k)} + \frac{1}{2} f''(x^*) \varepsilon^{(k)2} + o(\varepsilon^2) \right] (\varepsilon^{(k)} - \varepsilon^{(k-1)})}{f(x^*) + f'(x^*) \varepsilon^{(k)} - f(x^*) - f'(x^*) \varepsilon^{(k-1)} + o(\varepsilon)} = \\ &= \frac{\varepsilon^{(k)} (\varepsilon^{(k)} - \varepsilon^{(k-1)}) \left[ f'(x^*) + \frac{1}{2} f''(x^*) (\varepsilon^{(k)} + \varepsilon^{(k-1)}) + o(\varepsilon) \right]}{f'(x^*) (\varepsilon^{(k)} - \varepsilon^{(k-1)}) + o(\varepsilon)} - \\ &= \frac{\varepsilon^{(k)} (\varepsilon^{(k)} - \varepsilon^{(k-1)}) \left[ f'(x^*) + \frac{1}{2} f''(x^*) \varepsilon^{(k)} + o(\varepsilon) \right]}{f'(x^*) (\varepsilon^{(k)} - \varepsilon^{(k-1)}) + o(\varepsilon)} = \\ &= \frac{\frac{1}{2} f''(x^*) \varepsilon^{(k-1)} + o(\varepsilon)}{f'(x^*) + o(1)} \varepsilon^{(k)} = \frac{1}{2} \frac{f''(x^*)}{f'(x^*)} \varepsilon^{(k-1)} \varepsilon^{(k)} + o(\varepsilon^2). \end{aligned} \quad (1)$$

Найдем зависимость  $\varepsilon^{(k+1)}$  от  $\varepsilon^{(k)}$ . Будем искать эту зависимость в виде

$$\varepsilon^{(k+1)} = \beta \varepsilon^{(k)\alpha}, \quad \varepsilon^{(k)} = \beta \varepsilon^{(k-1)\alpha}.$$

Подставим это соотношение в (1)

$$\beta \varepsilon^{(k)\alpha} = \beta \left( \beta \varepsilon^{(k-1)\alpha} \right)^\alpha = \beta^{1+\alpha} \varepsilon^{(k-1)\alpha^2} = \frac{1}{2} \frac{f''(x^*)}{f'(x^*)} \beta \varepsilon^{(k-1)\alpha} \varepsilon^{(k-1)}$$

Отсюда следует, что

$$\beta^\alpha = \frac{1}{2} \frac{f''(x^*)}{f'(x^*)}, \quad \alpha^2 = \alpha + 1$$

Тем самым

$$\beta = \left[ \frac{1}{2} \frac{f''(x^*)}{f'(x^*)} \right]^{1/\alpha}, \quad \alpha = \frac{\sqrt{5}+1}{2} \approx 1.618$$

Таким образом, скорость убывания погрешности за одну итерацию у метода секущих меньше, чем у метода Ньютона. Однако метод Ньютона требует вычисления на каждой итерации значения функции и производной, а метод секущих – только значения функции. А за две итерации изменение погрешности составляет

$$\varepsilon^{(k+1)} = \beta^{1+\alpha} \varepsilon^{(k-1)\alpha^2}$$

Величина  $\alpha^2 > 2$ , т.е. за две итерации метода секущих следует ожидать большего уменьшения погрешности, чем за одну итерацию метода Ньютона.

Таким образом, первый недостаток метода Ньютона можно устранить, не жертвуя скоростью сходимости.

### ***Численный эксперимент***

Сравним кол-во итераций, необходимых каждому методу для нахождения корня нелинейного уравнения с заданной точностью.

$$f(x) = x^3 + x^2 + x + 2 = 0$$

Таблица 1

При погрешности  $\varepsilon = 10^{-4}$ 

	Метод секущих	Метод бисекций
Количество итераций	14	15
Корень $x$	-1.35321	-1.35321

Таблица 2

При погрешности  $\varepsilon = 10^{-5}$ 

	Метод секущих	Метод бисекций
Количество итераций	16	15
Корень $x$	-1.35321	-1.35321

Таблица 3

При погрешности  $\varepsilon = 10^{-6}$ 

	Метод секущих	Метод бисекций
Количество итераций	18	22
Корень $x$	-1.35321	-1.35321

Таблица 4

При погрешности  $\varepsilon = 10^{-9}$ 

	Метод секущих	Метод бисекций
Количество итераций	26	31
Корень $x$	-1.35321	-1.35321

### ***Заключение***

Таким образом, в статье были рассмотрены различные методы решения нелинейных уравнений, сравнены их скорости сходимости. Из результатов численного эксперимента становится ясно, что метод секущих обладает наибольшей скоростью сходимости по сравнению с методом половинного деления.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Житников В. П., Шерыхалина Н. М., Поречный С. С., Зарипов А. А. Исследование свойств численных методов с помощью вычислительного эксперимента: учеб. пособие // Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. – Уфа : РИК УГАТУ, 2019. – 287 с.
2. Волков, Е. А. Численные методы / Е. А. Волков. — М. : Наука, 1982.
3. Турчак, Л. И. Основы численных методов / Л. И. Турчак. — М. : Наука, 1987.

УДК 004.023

А. Р. ГАФАРОВ

*arthurGafarovForWork@yandex.ru*

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. Е. Ю. САЗОНОВА

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ПОСТРОЕНИЯ МАРШРУТОВ КУРСАНТОВ АВТОШКОЛЫ**

**Аннотация.** В статье рассмотрена проблема практической подготовки курсантов автошколы и методы ее решения. Авторами предлагается разработка программного обеспечения, в основе которого лежит модифицированный генетический алгоритм, решающий задачу построения уникальных и гибко-настраиваемых маршрутов практических занятий курсантов.

**Ключевые слова:** построение рационального маршрута; эвристические методы; решение NP-полных задач.

### ***Введение***

За последние несколько лет процедура сдачи экзамена на право владения транспортным средством крайне ужесточилась. Данную тенденцию замечают, как обучающиеся курсанты, так и их инструкторы. На различных информационных ресурсах можно увидеть краткие выжимки из статистики сдачи экзаменов, подкрепленные комментариями представителей ГИБДД, свидетельствующие о падении качества подготовки курсантов к реальным экзаменационным условиям.

В данной статье предлагается рассмотреть проблему низкого качества подготовки курсантов автошкол к экзамену по вождению в городских условиях.

Согласно постановлению Правительства РФ от 20.12.2019 N 1734 (ред. от 28.04.2020) "О внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации по вопросам допуска граждан к управлению транспортными средствами" процедура прохождения экзаменов изменилась, а именно для получения прав необходимо сдать теоретический материал и показать умение управлять автотранспортом в городской среде, кроме того, маршруты не определены заранее. Теперь инспектор имеет право избирать любой маршрут в пределах заранее известного списка улиц. Все вышесказанное говорит о том, что правительство Российской Федерации обеспокоено низким качеством подго-

товки будущих водителей, в связи с чем и пытается изменить процедуру сдачи экзамена на получение водительских прав.

Введение новых правил тестирования навыков вождения в три раза снизило количество тех, кто с первого раза успешно сдает экзамен на водительские права, – по итогам 2021 года таковых оказалось лишь 12,3% от общего числа кандидатов. И, если за последние годы, этот процент понижался плавно, то в 2021-ом, в связи с нововведениями, данный показатель имел значительное понижение.

Таблица 1

Процент курсантов, сдавших экзамен в условиях дорожного движения с первого раза (автошколы города Уфа)

Название автошколы	2018 год	2019 год	2020 год
Башавтолига	32%	30%	29%
Приоритет	15%	1%	4%
Автоландия	13%	5%	4%

### ***Постановка задачи построения тренировочных маршрутов и обзор существующих решений***

Анализ предметной области показал, что в настоящее время остро стоит проблема качества подготовки курсантов автошкол. Одним из решений данной проблемы состоит в построение уникальных и гибко-настраиваемых маршрутов для тренировочных маршрутов курсантов. Таким образом, перед авторами статьи стояла задача разработки программного решения для построения маршрутов с учетом временных ограничений и персональных условий пользователя.

Однако, перед разработкой собственного программного решения, целесообразно провести аналитический обзор существующих решений в области построения тренировочных маршрутов. Рассмотрим, два программных решения - Test Routes и Route-Led. Test Routes содержит множество заранее заготовленных маршрутов, прогресс по котором пользователь может зафиксировать. Использовать его можно для удобной навигации во время занятия и сохранения их

истории. Route-Led позволяет загрузить на смартфон карты с заранее подобранными тестовыми маршрутами, то есть система здесь работает аналогично первому решению – необходимо выбрать заранее заготовленный маршрут и затем воспользоваться маршрутом в любой удобной для вас программе (например, GoogleMaps). Данные программные решения не являются отечественными разработками.

Маршруты для практических занятий в городах России также можно посмотреть на сайте ГИБДД, они специально отобраны профессиональными автоинспекторами для проверки уровня подготовки начинающего водителя к вождению в условиях дорожного движения. Принимая во внимание специфику проблемы, и то, что заучивание наизусть маршрутов не улучшит результаты сдачи курсантами экзамена, поскольку автоинспектор вправе кардинально изменить экзаменационный маршрут.

Таким образом, можно сделать вывод, что в вышеописанных программных решениях отсутствует какая-либо система оценивания и контроля пройденных курсантом маршрутов, маршруты не могут быть построены исходя из индивидуальных качеств и текущего уровня подготовки курсанта, а задаются статично.

Предлагается разработать систему более открытой и динамичной. Необходимо реализовать механизм оценивания сложных мест в маршрутах инструкторами и курсантами, и на основе данных, собранных от пользователей, реализовать механизм подбора уникальных маршрутов. Предполагается, что предложенное решение поможет начинающему водителю в отработке слабых мест.

### ***Формальная постановка задачи построения тренировочных маршрутов***

Авторами предлагается разработать систему подбора тренировочных маршрутов для курсантов автошкол. Для ее создания необходимо разработать две подсистемы – одна из них позволит курсантам и инструкторам расставлять

на карте города метки тех мест, где учеником была совершена та или иная ошибка. Эти данные будут собираться от всех пользователей и обрабатываться следующей подсистемой – подсистемой генерации маршрутов, которая на основе полученной информации и заданных пользовательских настроек будут предлагать разнообразные маршруты для практических занятий. Формализация поставленной задачи в общем представлена на рисунке 1.

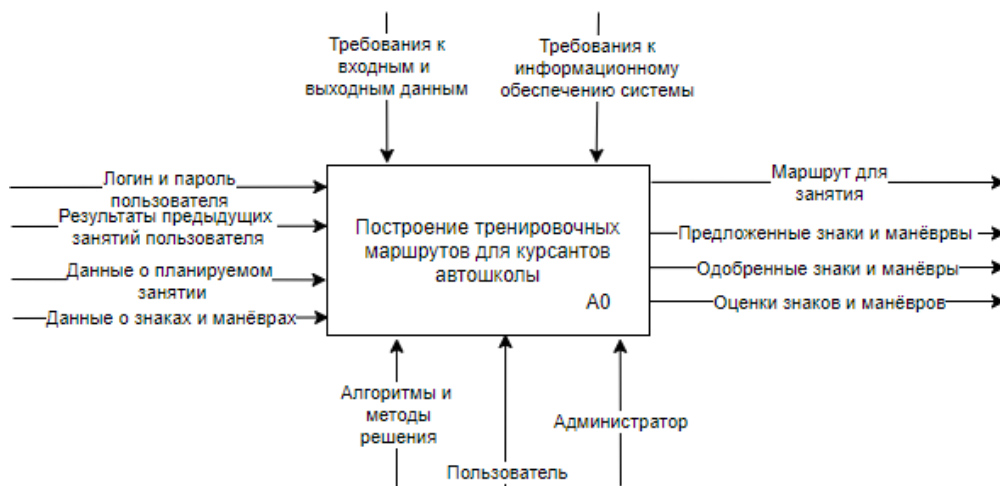


Рис. 1. Формальная постановка задачи

Рассмотрим каждую подсистему подробнее.

*Подсистема сбора маркеров.* Эта система должно работать следующим образом: пользователи путем интерактивного взаимодействия с картой, предоставляемой в приложении картографическим сервисом, будут устанавливать и настраивать маркеры, которые будут означать тот или иной знак или маневр, при этом во время настройки маркеры они могут указывать, например, тип знака («Пешеходный переход», «Стоп» и др.), тип маневра («Разворот», «Поворот налево», «Поворот направо»).

Однако для того, чтобы информация, заносимая в хранилище, была достоверной и непротиворечивой, ее необходимо проверить. С этой целью должно производиться модерация получаемых маркеров. Проверяющий должен быть компетентным в области работы с картографическими сервисами, он также должен уметь ориентироваться в дорожной ситуации и иметь определенный



водительский стаж. У проверяющего будут иметься возможности по удалению, изменению и окончательному одобрению предложенного пользователем маркера.

После проверки маркер попадает на общую карту. Необходимо собрать оценки этого маркера – это может быть любой параметр, но в работе на данном этапе рассматривается – сложность. Пусть сложность будет задаваться значение от 1 до 10, характеризуя таким образом мнение пользователя о том, насколько тяжело безошибочно проехать отмеченный данным маркером знак или маневр. Таким образом, каждый пользователь, активно отмечая новые маркеры и оценивая старые - помогает развивать систему. Эта система позволит использовать опыт одних курсантов для подготовки других и может быть развита в более сложную, но полезную как для начинающих водителей, так и для водителей со стажем.

*Подсистема генерации маршрута.* Для начала работы пользователю необходимо будет указать ограничение по времени занятия, а также место, где начинается практическое занятие (обычно место, где начинается занятие, является местом, где оно заканчивается, а потому указывать нужно лишь одну точку). Для корректного учета времени занятия также предлагается указать среднюю скорость движения, поскольку курсанты водят с разной степенью уверенности, что влияет на их скорость в транспортном потоке. В качестве способа учета результатов предыдущих практических занятий предлагается указать количественные характеристики ошибок, ранее допущенных курсантом на каком-то знаке или при выполнении какого-то маневра. После указания всех необходимых параметров пользователь должен получить маршрут, учитывающий заданные временные ограничения и количественные характеристики ошибок, начинающийся и заканчивающийся в заданной точке.

Подытоживая выше сказанное, общую задачу, которое должно решать разрабатываемое программное обеспечение, можно декомпозировать так, как это представлено на рисунке 2.

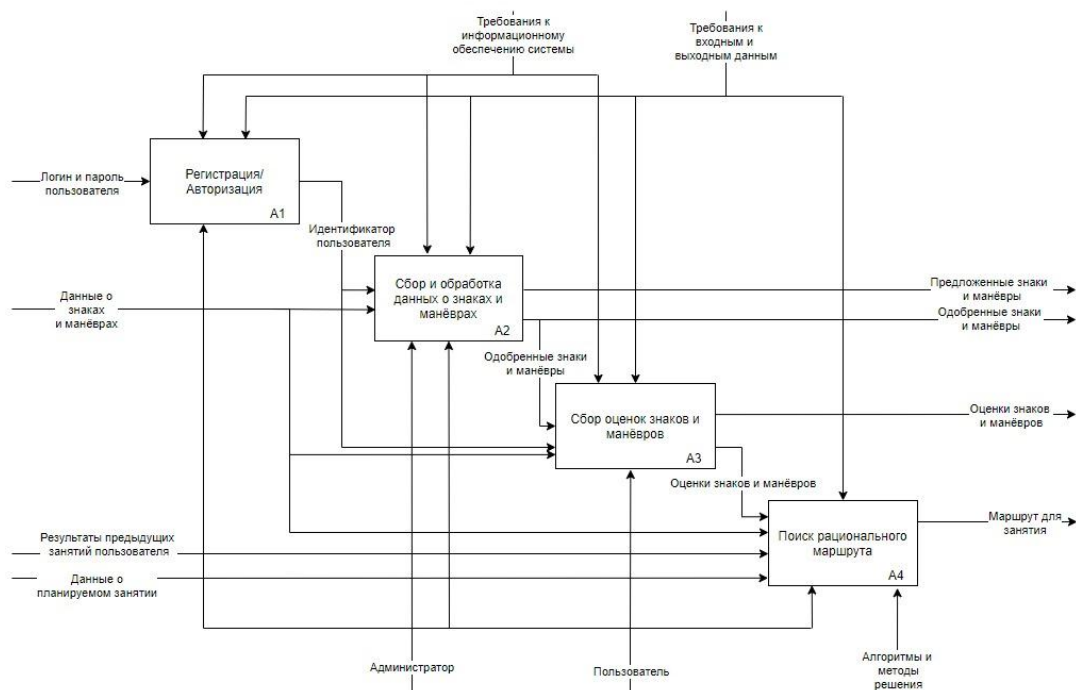


Рис. 2. Декомпозиция главной задачи

### ***Математическое и программное решение задачи построения тренировочных маршрутов***

Отдельное внимание стоит уделить математическому обеспечению системы генерации маршрутов. Задача может быть сведена к задаче о загрузке рюкзака и не относится к задаче маршрутизации, поскольку в общем случае задача маршрутизации связана с поиском оптимального маршрута через заранее оговоренные пункты назначения с учетом определенных условий, например, грузоподъемность транспорта. В то же время разрабатываемое программное обеспечение не ставит перед собой подобной цели. Цель разрабатываемого программного обеспечения, как и в задаче «о загрузке рюкзака» - уложить как можно больше ценных вещей (знаков и маневров) в рюкзак (маршрут), при условии, что вместимость рюкзака (время прохождения маршрута) ограничена. Под ценностью знаков и маневров понимается их сложность. Время прохождения маршрута конвертируется в расстояние при заданной средней скорости движения по маршруту.

Среди известных типов задач о загрузке рюкзака, под описание поставленной задачи подходит «неограниченный рюкзак», так как в задаче одни и те же маневры и знаки могут содержаться в маршруте неограниченное количество

раз, то есть можно сформулировать математическую постановку задачи так: каждый предмет  $x_i$  может быть выбран неограниченное число раз. Задача: максимизировать  $\sum_{i=1}^n c_i x_i$  так, чтобы  $\sum_{i=1}^n p_i x_i \leq P$  выполнялось условие на вместимость и целое  $x_i \geq 0$  для всех  $i = 1, 2, \dots, n$ .

Задача «о рюкзаке» относится к классу NP-полных задач. Для нее, на данный момент, не существует точного решения, определяемого полиномиальным алгоритмом, решающее задачу за рациональное время. При решении задачи «о рюкзаке» необходимо выбирать между точными и приближенными методами решения. Аналитический обзор методов решения задачи о рюкзаке позволит отклонить использование точных методов решения, поскольку, во-первых, невозможно заранее определить время движения к знаку или маневру из текущего положения, так как текущее расположение постоянно различное, во-вторых, желательно получить решение как можно быстрее, в-третьих, решение должно быть, а при решении точным методом мы получим только один, самый сложный маршрут, что будет противоречить назначению программы. Среди приближенных методов больше всех подошел генетический алгоритм, поскольку лежащий в его основе природный механизм лучше других алгоритмов гарантирует разнообразие получаемых решений. Данный алгоритм был адаптирован к решаемой задаче.

Авторами был реализован прототип системы подбора тренировочных в виде web-приложения (рис.3).

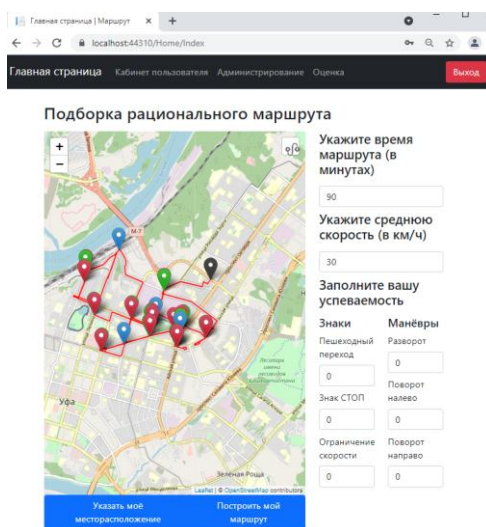


Рис. 3. Интерфейс программного решения

При разработке программного решения был использован язык C#. Разработка велась в Microsoft Visual Studio с использованием фреймворка ASP.NET MVC. Для разработки визуальной части был выбран язык Javascript, язык разметки HTML и каскадная таблица стилей CSS, и библиотека Bootstrap. В качестве картографических сервисов был выбран API Openstreetmap, а для маршрутизации – API Open Source Routing Machine для Openstreetmap, для работы с сервисом Openstreetmap - свободная библиотека для Javascript – Leaflet.

### *Заключение*

Для практической подготовки курсантов автошкол необходимо удобное и гибко-настраиваемое программное обеспечение, которое будет сопровождать основной аспект данного вида обучения – получение навыков вождения в разнообразных условиях дорожной среды, поиск и устранение пробелов в знаниях путем закрепления теоретического материала с помощью практики. Программное обеспечение для генерации маршрутов для практической подготовки курсантов автошколы может быть разработано с применением эвристических методов, исключая необходимость обращения к API сторонних картографических сервисов. В результате работы такой программы за сравнительно небольшое время может быть получен настраиваемый, но уникальный маршрут, способствующий как отработке старых ошибок, так и поиску новых.

*Результаты исследования, приведенные в статье, получены в рамках выполнения государственного задания FEUE-2020-0007.*

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Панченко Т. В. Генетические алгоритмы. Учебное пособие. / ред. Ю.Ю. Тарасевич — М: Астраханский университет, 2007 — 88 с.
  2. Гладков Л. А., Курейчик В. В., Курейчик В. М. Генетические алгоритмы: Учебное пособие. — 2-е изд. — М: Физматлит, 2006. — 320 с.
  3. КонсультантПлюс – справочная правовая система. Постановление Правительства РФ от 20.12.2019 N 1734 (ред. от 28.04.2020). — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_341003/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_341003/) (дата обращения: 12.09.2022).
  4. РБК – новостной портал. ГИБДД поменяла правила сдачи на водительские права (01.04.2021). — [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://www.rbc.ru/society/01/04/2021/605c74229a79473b85a9f0c7> (дата обращения: 12.09.2022).
- УДК 519.622.1

И. А. ЕЖОВ

*ilyaevzhov-a@yandex.ru*

Науч. руковод. – д-р техн. наук, проф. Н. М. ШЕРЫХАЛИНА

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **СРАВНЕНИЕ ТОЧНОСТИ РЕШЕНИЙ ЗАДАЧИ КОШИ РАЗЛИЧНЫМИ ЧИСЛЕННЫМИ МЕТОДАМИ**

**Аннотация.** В статье исследуются четыре метода решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений (метод Эйлера, усовершенствованный метод Эйлера, предиктор-корректор, метод Рунге-Кутты четвертого порядка точности), проводится сравнительный анализ погрешностей результатов вычислений, полученных разными методами.

**Ключевые слова:** задача Коши, метод Эйлера, усовершенствованный метод Эйлера, предиктор-корректор, метод Рунге-Кутты.

### ***Введение***

Задача Коши состоит в нахождении решения дифференциального уравнения, удовлетворяющего начальным условиям. Она является неотъемлемой частью моделирования систем и нахождения решения этой модели. В связи с этим разработано множество методов, решающих эту проблему. В зависимости от мощности вычислительной техники и выделенного времени выбирается тот или иной метод. Критерием качества оценки метода является отклонение от тестового примера с известным решением. Наиболее известными методами решения задачи Коши являются: метод Эйлера, усовершенствованный метод Эйлера, предиктор-корректор и метод Рунге-Кутты 4 порядка.

Целью данной работы является исследование погрешности решения задачи Коши заданными методами по сравнению с известным решением. Для этого проводится численный эксперимент с вычислением конечных точек заданного дифференциального уравнения на определенном отрезке с заданным количеством частичных отрезков  $n$ :

$$\frac{dy}{dx} = y \sin x, \quad y(0) = y_0 = 1, \quad x \in \left[0, \frac{\pi}{2}\right]$$

## **Описание методов**

### **Метода Эйлера**

Разобьем отрезок интегрирования на  $n$  частей. Введем в рассмотрение последовательность узловых точек  $x_i \in [a, b]$ :  $x_i = a + ih$ ,  $i = 0, \dots, n$ , где

$$h = \frac{b - a}{n} = x_{i+1} - x_i \text{ — шаг разбиения.}$$

Допустим, интегрирование проводится при постоянном значении  $f(x, y)$ , аналогично методу левых прямоугольников численного интегрирования функций

$$y_j = y_{j-1} + h \cdot f(y_{j-1}, t_{j-1}) = h \sum_{i=0}^{j-1} f(y_i, t_i)$$

Поскольку значение функции  $f(x, y)$  равно производной искомой функции  $y(x)$ , из этого следует, что происходит сдвиг вдоль касательной, проведенной к графику функции  $y(x)$  из начальной точки. Далее определяется угол наклона касательной в полученной точке и проводится новый шаг. Данный метод имеет первый порядок точности.

### **Усовершенствованный метод Эйлера**

На идее метода средних прямоугольников численного интегрирования функции базируется усовершенствованный метод Эйлера 2-го порядка точности. По методу Эйлера получим значение функции в промежуточной точке, которая находится в середине частного отрезка:

$$y_{j+1/2}^* = y_j + \frac{h}{2} f(x_j, y_j)$$

При сдвиге вдоль прямой, проведенной из начальной точки параллельно касательной к средней точке, образующаяся погрешность имеет намного меньшее значение, чем в методе Эйлера

$$y_{j+1} = y_j + hf(x_{j+1/2}, y_{j+1/2}^*)$$

### ***Предиктор-корректор***

Другим методом численного интегрирования функций является метод трапеций, на котором основан метод предиктор-корректор 2-го порядка точности.

Шаг «предиктор»: по методу Эйлера получим предсказанное значение на следующем шаге разбиения

$$y_{j+1}^* = y_j + hf(x_j, y_j).$$

Шаг «корректор»: на данном шаге предсказанное значение уточняется

$$y_{j+1} = y_j + \frac{h}{2} [f(x_j, y_j) + f(x_{j+1}, y_{j+1}^*)].$$

### ***Метод Рунге-Кутты 4-го порядка***

Данный метод требует большего объема вычислений по сравнению со всеми описанными выше методами, однако это позволяет добиться большей точности за меньшее число шагов

$$k_1 = hf(x_j, y_j), \quad k_2 = hf(x_{j+1/2}, y_j + k_1/2)$$

$$k_3 = hf(x_{j+1/2}, y_j + k_2/2),$$

$$k_4 = hf(x_{j+1}, y_j + k_3)$$

$$y_{j+1} = y_j + \frac{1}{6} [k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4]$$

### ***Численное сравнение методов***

В результате численного эксперимента мы получили таблицу 1, где в соответствии с числом шагов представлена разница между точным значением и вычисленным значением каждого из методов в конечной точке отрезка задачи. В *таблице 2* представлены значения, полученные путем повторной экстраполяции методом Эйткена.

## Отклонение методов от точного значения

n	Метод Эйлера	Ул. метод Эйлера	Предиктор-Корректор	Метод Рунге-Кутта
2	-1,1629E+00	-2,1197E-01	-3,0542E-01	-4,1392E-03
4	-7,1538E-01	-6,5206E-02	-8,1597E-02	-2,7604E-04
8	-4,0739E-01	-1,8231E-02	-2,0610E-02	-1,7234E-05
16	-2,1943E-01	-4,8207E-03	-5,1396E-03	-1,0619E-06
32	-1,1420E-01	-1,2391E-03	-1,2803E-03	-6,5616E-08
64	-5,8299E-02	-3,1407E-04	-3,1931E-04	-4,0729E-09
128	-2,9461E-02	-7,9058E-05	-7,9718E-05	-2,5360E-10
256	-1,4809E-02	-1,9832E-05	-1,9915E-05	-1,5818E-11
512	-7,4247E-03	-4,9665E-06	-4,9769E-06	-9,8721E-13
1024	-3,7173E-03	-1,2427E-06	-1,2440E-06	-6,1284E-14
2048	-1,8599E-03	-3,1080E-07	-3,1097E-07	-1,5543E-14
4096	-9,3028E-04	-7,7717E-08	-7,7738E-08	-1,6875E-14
8192	-4,6522E-04	-1,9431E-08	-1,9434E-08	2,6201E-14
16384	-2,3263E-04	-4,8581E-09	-4,8584E-09	-1,3767E-14
32768	-1,1632E-04	-1,2145E-09	-1,2146E-09	-3,5083E-14
65536	-5,8161E-05	-3,0374E-10	-3,0364E-10	2,5313E-14
131072	-2,9081E-05	-7,5978E-11	-7,5862E-11	1,8652E-14
262144	-1,4540E-05	-1,8955E-11	-1,8928E-11	3,2419E-14
524288	-7,2702E-06	-4,7056E-12	-4,7407E-12	2,7534E-14
1048576	-3,6351E-06	-1,2452E-12	-1,2523E-12	-8,3045E-14



## Отклонение методов от точного значения с повторной экстраполяцией

n	Метод Эйлера	Ул. метод Эйлера	Предиктор-Корректор	Метод Рунге-Кутта
2	–	–	–	–
4	–	–	–	–
8	–	–	–	–
16	–	–	–	–
32	-1,8097E-03	-1,0979E-05	-4,4264E-06	-4,1454E-10
64	-2,3483E-04	-1,2279E-07	-7,2938E-07	-2,3050E-11
128	-2,7792E-05	1,0315E-08	-2,1867E-07	1,3731E-12
256	-3,4237E-06	1,2652E-09	1,8296E-08	9,3259E-15
512	-4,2719E-07	1,0023E-10	5,5842E-10	0,0000E+00
1024	-5,3432E-08	6,9531E-12	2,8237E-11	4,4409E-16
2048	-6,6839E-09	4,7073E-13	1,6094E-12	-8,8818E-16
4096	-8,3567E-10	3,9080E-14	5,4623E-14	-1,8208E-14
8192	-1,0461E-10	4,4409E-15	8,3933E-14	-1,5987E-14
16384	-1,3081E-11	-4,0412E-14	-2,6645E-15	-1,6875E-14
32768	-1,7244E-12	5,0626E-14	7,1054E-15	-1,0658E-14
65536	-4,5297E-14	-1,3221E-12	6,2172E-15	-3,4639E-14
131072	3,8636E-14	-8,3933E-14	-7,5495E-15	1,1395E-12
262144	-3,3440E-13	4,2810E-13	5,7288E-14	2,3537E-14
524288	-1,1413E-13	5,5511E-14	1,1724E-13	1,0214E-14
1048576	1,0352E-12	1,0703E-13	1,0796E-12	4,1744E-14

Детальное рассмотрение столбцов каждой таблицы показало, что метод Эйлера значительно уступает в точности любому другому методу. Наиболее точное решение зафиксировано при повторной экстраполяции и  $n = 131072$  в таблице 2. Стоит отметить, что повторная экстраполяция позволяет достичь лучший результат из таблицы 1 за гораздо меньшее число шагов (2048).

Результаты улучшенного метода Эйлера и предиктор-корректора сравнимы в связи с их одинаковым порядком точности. Методы достигают пикового значения в *таблице 2* при  $n = 8192$  и  $n = 16384$  соответственно. Несмотря на то, что в *таблице 1* результаты на каждом шаге методов сравнимы, при повторной экстраполяции метод предиктор-корректор теряет точность гораздо позже улучшенного метода Эйлера (131072 против 8192 соответственно).

Лучший результат показал метод Рунге-Кутты 4 порядка при наименьшем количестве шагов. При повторной экстраполяции и  $n = 512$  данный метод достиг пикового значения.

### **Выводы**

В статье представлено сравнение результатов численного решения задачи Коши разными методами. Изучены их алгоритмы и математические модели.

В результате эксперимента были подтверждены теоретические знания о точности каждого из методов, в частности, можно отметить, что метод Эйлера достигает более точных результатов значительно медленнее метода Рунге-Кутты и делает это за большее число шагов. Повторная экстраполяция не только уточняет значения, но и позволяет достичь лучшие результаты за меньшее число шагов.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Численные методы: учебное пособие, А.В. Зенков, 2016.— 124 с.
2. Методы вычислений: учебное пособие, И.И. Ляшко, В.Л. Макаров, 2015. 1997. – 408 с.
3. Методика качественного улучшения результатов вычислительного эксперимента. Житников В.П., Шерыхалина Н.М., Федорова Г. И., Соколова А.А. Системная инженерия и информационные технологии / Уфа, 2021, Т.3, №1(5). С. 58-64.
4. Численные методы решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений [Электронный ресурс] // Википедия. – Режим доступа: [https://ru.wikiversity.org/wiki/Численные\\_методы\\_решения\\_задачи\\_Коши\\_для\\_обыкновенных\\_дифференциальных\\_уравнений](https://ru.wikiversity.org/wiki/Численные_методы_решения_задачи_Коши_для_обыкновенных_дифференциальных_уравнений)

УДК 004.58

А. В. КИСЕЛЁВ

*andrey.kise15@yandex.ru*

Науч. руковод. – д-р техн. наук, проф. Н. И. ЮСУПОВА

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ПРИ ВЫБОРЕ МЕТОДА ГЛОБАЛЬНОГО ОСВЕЩЕНИЯ**

**Аннотация.** В настоящее время количество областей применения рендеринга становится все больше. Стремительное его распространение привело к появлению множества исследований, направленных на улучшение процесса рендеринга. По этой причине при разработке нового программного обеспечения возникает проблема выбора подходящего метода для реализации определенной части системы рендеринга. Одной из таких частей является глобальное освещение. В этой статье рассмотрено текущее состояние системы глобального освещения. Представлены существующие классы методов глобального освещения и предложена методика оценки их эффективности.

**Ключевые слова:** принятие решений; рендеринг; глобальное освещение.

***Описание проблемы и постановка задачи принятия решения при выборе метода реализации глобального освещения как системы имитации света***

Термин глобальное освещение (Global Illumination, ГО) представляет собой систему, предназначенную для моделирования отражения света от поверхностей на другие поверхности (непрямой свет), в отличие от алгоритмов прямого света, которые моделируют только свет, падающий на поверхность непосредственно от своего источника [1].

Для реалистичного рендеринга обычно требуется моделирование именно непрямого освещения, так как свет взаимодействует с поверхностями сцены несколько раз. Благодаря этому создаются эффекты, которые делают результаты рендеринга более естественными и взаимосвязанными, поскольку объекты на сцене влияют на внешний вид друг друга.

Для расчета эффектов преломления и теней тоже необходимо учитывать глобальное освещение. Обычно глобальное освещение относится к двум эффектам: диффузному глобальному освещению и каустике.

В реальном мире эффектом диффузного (рассеянного) глобального освещения называется случайное рассеивание во всех направлениях фотона света при столкновении с шероховатой поверхностью

Когда фотон света сталкивается с сильно отражающей или преломляющей поверхностью, например с зеркалом, он начинает отражаться в направлениях, которые возможно предсказать. После покидания отражения и преломления фотоны света стремятся собраться вместе, что образует узоры, называемые каустикой. На рисунке 1 представлен рендер модели печени в трех ситуациях.

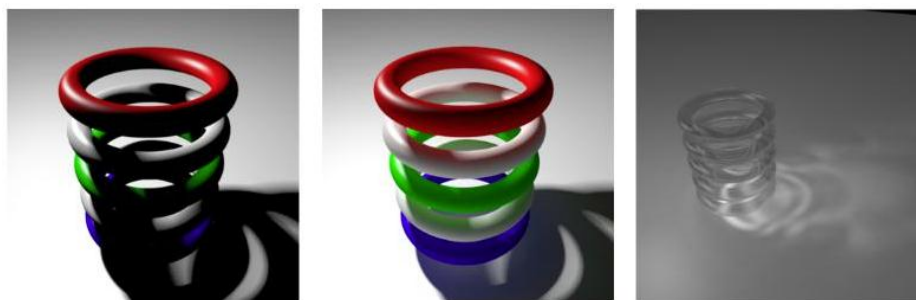


Рис. 1. Рендер без глобального освещения, с диффузным отражением и каустика

Существует множество методов глобального освещения в реальном времени с разной степенью гибкости. Для большинства из них требуется предварительный проход, в котором накапливается информация о геометрии сцены. Существенным недостатком этого подхода является отсутствие непрямого влияния освещения на динамические объекты, которое невозможно обработать в режиме реального времени.

### ***Классификация методов глобального освещения по способу реализации***

В последние годы произошел прорыв в методах глобального освещения в реальном времени, которые не требуют прохода предварительной обработки и полностью работают с вычисляемыми в реальном времени структурами данных. Все эти методы обладают различной степенью фотореализма и затратами на производительность [1].

К числу наиболее известных классов методов глобального освещения относятся: Finite Elements, Monte Carlo, Photon Mapping, Instant Radiosity, Many Lights, Point-based, Discrete Ordinate Methods, PRT. При этом некоторые из перечисленных выше методов можно дополнительно подразделить на подклассы в зависимости от способов применения. В результате получается схема, представленная на рисунке 2.

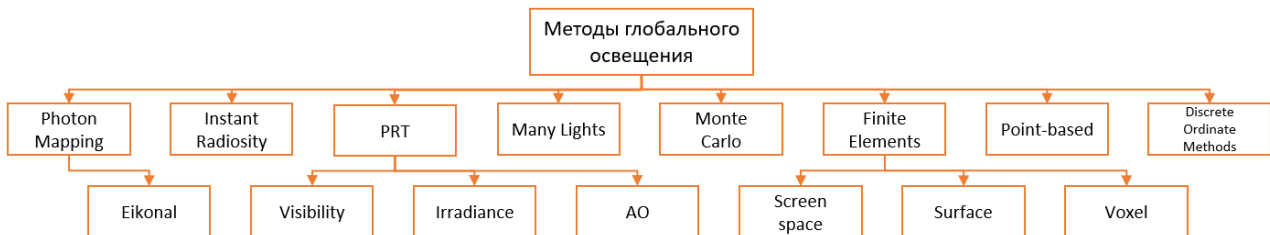


Рис. 2. Классы методов глобального освещения

Рассмотрим представленные на рисунке 2 классы методов глобального освещения.

В своей работе один из первопроходцев компьютерной графики Кажиуа J. Т. предположил, что свет можно описать как электромагнитное излучение с помощью следующего уравнения [2]:

$$L(x, \omega) = L_e(x, \omega) + \int_{\Omega^+} f_r(x, \omega, \omega') L_i(x, \omega') \cos\theta \, d\omega'$$

где

- $L(x, \omega)$  представляет яркость, исходящую из точки  $x$  в направлении  $\omega$ .
- $L_e(x, \omega)$  – это коэффициент излучения, который представляет собой энергетическую яркость, излучаемую непосредственно из точки  $x$  в направлении  $\omega$ .
- $f_r(x, \omega, \omega')$  – функция рассеяния поверхностью в точке  $x$  яркости, которая исходит из направления  $\omega'$  и отражается в направлении  $\omega$ .
- $L_i(x, \omega')$  представляет яркость, которая исходит из направления  $\omega'$  в сторону  $x$ .
- $\Omega^+$  – верхняя полусфера, ориентированная вокруг вектора нормали  $N_x$ .
- $\theta$  – угол, образуемый направлением  $\omega'$  с  $N_x$ .

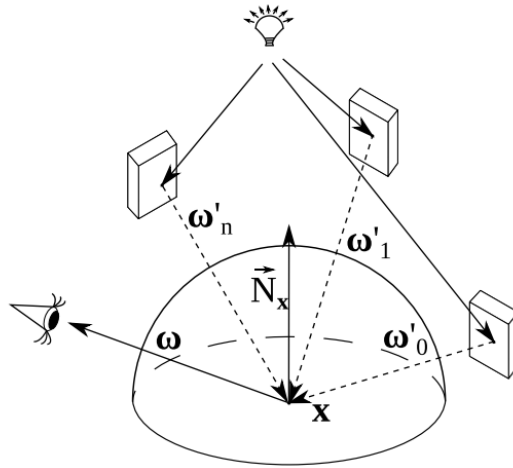


Рис. 3. Уравнение рендеринга

Функция  $f_r(x, \omega, \omega')$  представляет собой распределение яркости, отраженной от верхней полусферы точки  $x$ . Функция оценивается для пары направлений  $(\omega, \omega')$  по отношению к углу с вектором нормали  $N_x$ . Она широко известна как функция распределения двунаправленной отражательной способности (BRDF).

Конечная цель методов глобального освещения состоит в вычислении аппроксимации фактора  $L_i(x, \omega')$  с использованием различных методов накопления яркости для всех направлений в верхней полусфере точки  $x$ .

Кajiya J. T. предложил использовать интегрирование методом Монте-Карло для решения уравнения. Данное решение было названо трассировкой пути. Использование нескольких лучей в каждой точке пересечения вместо одного отраженного позволило расширить трассировку лучей, предложенную за несколько лет до этого [3]. По мере развития технологии предлагались разные варианты, как оптимизировать данный подход, однако рекурсивное использование множества лучей влечет за собой низкую эффективность.

Другим подходом является использование метода конечных элементов (Finite Elements) или же метода излучаемости (Radiosity) для того, чтобы дискретизировать геометрию сцены в участках с последующим вычислением глобального освещения используя оценки этих участков. В основе идеи данного

метода лежит разбиение сцены на конечные элементы поверхности – патчи. Затем вычисляется перемещение света между ними.

На методе конечных элементов также основывается метод перемещения света в экранном пространстве. Здесь конечные элементы поверхности под каждым пикселем заменяют классическую декомпозицию поверхности на конечные элементы. Но у данного подхода есть недостаток, заключающийся в том, что такие методы должны работать с неполной информацией, что приводит к отсутствию света или теней от элементов. Для устранения данной проблемы можно использовать другую прокси-геометрию, например воксели [4].

В 1996 году метод, основанный на трассировке пути, был расширен за счет введения фотонной карты (Photon Mapping). Этот подход был разработан для улучшения рендеринга как прямых, так и непрямых световых эффектов, включая каустику. Этот подход вычисляет входящую яркость за два прохода.

Алгоритм картирования фотонов предполагает двухэтапный процесс. Первый этап состоит в излучении из источника света и прохождении через сцену определенного количества фотонов. Когда фотон попадает на рассеивающую поверхность, информация о положении точки попадания, энергии фотона и входящем векторе сохраняется в структуре данных, называемой фотонной картой. Если поверхность зеркальная или преломляющая, фотон распространяется дальше в соответствии с законом отражения и законом Шелла, пока, наконец, не достигнет диффузионной поверхности. Затем, в зависимости от его коэффициента вероятности, фотон либо поглощается, либо отражается с масштабированным значением энергии. Процесс повторяется до тех пор, пока не будет достигнута заданная глубина рекурсии. Второй этап — классический рендеринг сцены с помощью трассировки лучей с использованием информации, собранной в фотонной карте.

Более общим подходом является рендеринг Эйконала, при котором фронты световых волн отслеживаются во времени на этапе предварительного расчета [5].

Класс, который расширяет эту технику – мгновенная излучаемость (Instant Radiosity). Instant Radiosity позволяет вычислять непрямоe освещение сцены с помощью аппроксимации моделирования частиц. Создается несколько частиц, начиная с источника света, которые запускаются в сцену. В каждой из этих точек создается виртуальный точечный источник света (VPL). Для каждого VPL один раз рендерится сцена, используя VPL в качестве источника света. Результат хранится в буфере накопления. Таким образом, метод приближается к непрямому освещению. Как и Radiosity, он ограничен диффузными отражениями, но у IR есть большое преимущество, заключающееся в том, что он позволяет напрямую работать с геометрией сцены, и поэтому не нужно выполнять много предварительной обработки и не нужно много памяти. Еще одно большое преимущество заключается в том, что нам просто нужен метод ray casting, чтобы получить VPL, а сам рендеринг может быть выполнен с помощью обычного графического оборудования.

Этот метод использует первый проход, аналогичный методу фотонного картирования, для определения положения VPL, но для второго прохода используется метод сбора для вычисления непрямого освещения [6].

Многосветового рендеринг (Many Lights) является классом новой волна алгоритмов глобального освещения, которые ориентированы на приложения реального времени. Он основан на алгоритме мгновенного излучения Келлера. Основная идея этих методов заключается в том, что общая проблема переноса света может быть аппроксимирована более простой задачей расчета прямого освещения от многих виртуальных источников света. Это дает алгоритмам с множеством источников света два явных преимущества. Во-первых, он обеспечивает единую математическую основу для расчета глобального освещения. Во-вторых, это делает многоуровневые алгоритмы очень адаптируемыми: один и тот же алгоритм можно настроить для достижения широкого диапазона целей в области качества и производительности [7].



Еще один класс методов – глобальное освещение на основе точек (Point-based) использует плотную точечную выборку поверхностей сцены для аппроксимации переноса непрямого света. Каждая точка кэширует отраженный свет, используя сферическую функцию, и обычно используется в последующем процессе растеризации для экономичного и бесшумного вычисления цветового размытия и рассеянного затенения. Весь набор точек организован в виде пространственной древовидной структуры, которая иерархически моделирует перенос света, обеспечивая быстрое адаптивное затенение на приемниках (например, непроецируемые пиксели). Одно из основных ограничений РВ связано с размером этого дерева, которое может быстро стать слишком большим, чтобы поместиться в памяти для сложных сцен [8].

Чтобы избежать сохранения отраженной яркости после одного или нескольких отражений света для всех поверхностей в сцене, было предложено несколько подходов к предварительному вычислению и сохранению передачи яркости в дискретных позициях в сетке, покрывающей всю сцену. Информация в ячейках сетки может быть использована для получения яркости, достигающей любого положения для любого направления на поверхностях сцены. Чтобы сохранить передачу яркости в определенной позиции, требуется специализированная структура данных для хранения яркости, которая достигает указанной позиции со всех направлений вокруг нее. Этот класс подходов известен как методы дискретных ординат (DOM).

Класс методов Precomputed Radiance Transfer (PRT) позволяет синтезировать реалистичные изображения в режиме реального времени. Это достигается за счет ограничения решения уравнения рендеринга подмножеством путей переноса света, которые обрабатывают только обмен энергией между диффузными поверхностями.

PRT основан на двух основных предположениях:

- все объекты в сцене не излучающие
- источники света бесконечно удалены.

Второе предположение делает направление падающего света независимым от положения точки  $x$ . Другим распространенным предположением в PRT является рассмотрение всех поверхностей в сцене как ламбертовских отражателей

Одним из дальнейших расширения метода PRT является редактирование BRDF для проектирования материалов с высококачественной интерактивной обратной связью. Вместо того, чтобы хранить полную передачу яркости, можно сохранить только видимость, а затем использовать ее для ускорения освещения.

Еще одним расширением PRT стал предварительный расчет полного перемещения яркости для статических объектов, которые затем могут подвергаться жестким деформациям [9].

### ***Определение набора показателей и особенности их оценки для принятия решения при выборе метода глобального освещения***

На основе проведенных Ritschel T., Dachsbacher C., Grosch T., Kautz J тестов была создана таблица, которая позволяет оценить тот или иной метод глобального освещения по шести критериям [10]:

1. Скорость – это абсолютная производительность метода.
2. Качество – представляет собой меру абсолютного качества метода, с упором на фотореалистичность, а не на физическую правильности.
3. Динамика – этот показатель классифицирует методы в соответствии с тем, сколько аспектов или параметров можно изменить во время выполнения.
4. Масштабируемость – данный показатель является высоким, если метод может сохранять свою скорость и качество при изменении (увеличении или уменьшении) сложности сцены или разрешения изображения.
5. Реализация – показывает, насколько сложно или дорого повторно реализовать метод. На данную эту оценку влияет количество и сложность кода, а также использование общих структур данных и возможность повторного использования библиотек.

6. GPU – отражает, насколько хорошо подход соответствует графическим процессорам.

Был проведен анализ 14 классов и 65 методов глобального освещения. Ritschel, Dachsbacher, Grosch и Kautz провели независимую друг от друга оценку методов по всем шести критериям, используя шкалу целых чисел от 0 до 5. Далее для каждого критерия их оценки были суммированы и разделены на количество исследователей. Округление происходило в большую сторону. Полученные таким образом усредненные значения представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты оценки по 6 критериям

Class / Method	1	2	3.	4.	5	6
Finite Elements (Surface)						
Coombe et al.	3	3	0	1	4	1
Bunnell et al.	4	1	3	1	4	4
Dong et al.	3	2	3	1	3	3
Dachsbacher et al.	3	3	3	2	2	4
Meyer et al.	3	3	4	2	2	4
Finite Elements (Screen space)						
Ritschel et al.	5	1	4	4	4	4
Nichols et al.	4	2	4	4	3	4
Soler et al.	3	2	4	5	3	4
Finite Elements (Voxel)						
Thiedemann et al.	4	3	3	2	3	4
Monte Carlo						
Wald et al.	1	4	3	4	3	3
Novak et al.	1	4	3	4	4	3
van Antwerpen	2	5	3	4	3	3
Niessner et al.	2	2	1	3	4	4
Photon Mapping						
Ma and McCool	2	3	1	2	2	3
Dmitriev et al.	3	3	3	3	3	3
Purcell et al.	3	3	1	2	2	3
Krüger et al.	3	2	4	3	3	4
Zhou et al.	3	3	3	3	3	3
Wang et al.	3	4	3	3	1	4
McGuire et al.	4	2	3	4	3	3
Fabianowski and Dingliana	2	3	1	3	3	4
Yao et al.	4	2	4	3	2	4
Hachisuka and Jensen	0	5	0	3	3	3

Class / Method	1	2	3.	4.	5	6
Photon Mapping (Eikonal)						
Ihrke et al.	2	4	1	1	1	2
Sun et al.	3	4	3	1	2	4
Instant Radiosity						
Keller	3	2	3	2	3	3
Dachsbacher and Stamminger	4	1	5	3	4	4
Dachsbacher and Stamminger	5	2	5	3	4	4
Segovia et al.	3	3	3	3	3	3
Laine et al.	4	3	2	2	3	4
Ritschel et al.	4	2	4	3	3	4
Dong et al.	5	1	3	2	2	4
Novak et al.	4	3	4	3	2	4
Ritschel et al.	4	3	4	5	1	3
Holländer et al.	4	2	4	4	2	4
Many Lights						
Hašan et al.	1	4	2	3	2	3
Hašan et al.	1	4	2	3	3	3
Point-based						
Christensen	1	4	3	4	2	0
Ritschel et al.	3	4	2	3	2	3
Holländer et al.	4	3	2	3	1	4
Maletz and Wang	2	2	2	3	1	5
Discrete Ordinate Methods						
Geist et al.	2	2	1	1	4	5
Fattal	0	4	0	2	2	4
Kaplanyan and Dachsbacher	5	2	4	5	3	5
PRT						
Sloan et al.	4	2	2	2	4	4
Kautz et al.	2	2	1	2	3	3
Ng et al.	2	5	1	2	3	2
Ng et al.	2	3	1	2	3	3
Annen et al	2	3	1	2	2	3
Liu et al.	3	3	1	2	4	4
Wang et al.	3	4	1	2	4	4
Sloan	3	3	2	2	3	3
Tsai and Shih	3	4	1	3	2	2
Green et al.	2	4	1	2	2	3
Green et al.	5	3	1	3	3	4
Akerlund et al.	3	4	1	2	2	3
Sun and Ramamoorthi	3	3	2	1	2	1
Xu et al.	2	4	3	1	2	3
Lehtinen et al.	3	5	1	3	2	3
Sun et al.	1	4	1	2	1	2

Class / Method	1	2	3.	4.	5	6
PRT (Visibility)						
Ritschel et al.	2	3	1	1	2	3
Ritschel et al.	3	3	2	2	2	3
PRT (Irradiance)						
Greger et al.	3	2	1	2	4	3
PRT (AO)						
Kontkanen and Laine	4	1	2	2	3	5
Kontkanen and Aila	4	1	3	2	2	4

Выбрав критерии, правила и алгоритм принятия решения с помощью данной таблицы можно обоснованно выбрать подходящий алгоритм для реализации с учетом множества показателей эффективности.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Comparative Analysis of Real-Time Global Illumination Techniques in Current Game Engines / C. Lambro [и др.] // IEEE Access. – 2021. – Т. 9. – С. 125158 - 125183
2. Kajiya, J. T. The Rendering Equation / J. T. Kajiya. – 1986: Association for Computing Machinery, 1986. – 143–150 с
3. Zhang, B., Oh, K. Indirect illumination with efficient monte carlo integration and denoising // Multimedia Tools and Applications. - 2021. - №80. - С. 1-19
4. Pereira, D., Stolfi, J., Gomide, A. Comparison of Finite Element Bases for Global Illumination in Image Synthesis // 2010 23rd SIBGRAPI Conference on Graphics, Patterns and Images. - New York, U.S.: IEEE, 2010. - С. 287 - 294
5. Efficient rendering of caustics with streamed photon mapping / Guzek, K., Napieralski, P. // Bulletin of the Polish Academy of Sciences, Technical Sciences. — 2017. — №65. — С. 361-368
6. Radax, I. Instant Radiosity for Real-Time Global Illumination / I. Radax // Technical Report. – 2008
7. Scalable Realistic Rendering with Many-Light Methods / C. Dachsbacher [и др.] // Computer Graphics Forum. – 2013. – Т. 33, № 1. – С. 88 - 104
8. Buchholz, B. Quantized Point-Based Global Illumination / B. Buchholz, T. Boubekeur // Computer Graphics Fo-rum (Special Issue: EGSR 2012). – 2012. – Т. 31, № 4. – С. 1399--1405
9. Slomp, M. A Gentle Introduction to Precomputed Radiance Transfer / M. Slomp, M. M. Oliveira, D. I. Patrício // RITA. – 2006. – Т. 13. – С. 131-160
10. The State of the Art in Interactive Global Illumination / T. Ritschel [и др.] // Computer Graphics Forum. – 2012. – Т. 31. – С. 160 - 188

УДК 519.857

М. А. КОЛОТОВ

*mi-sha-9@mail.ru*

Науч. руковод. – канд. экон. наук, доц. М. А. СТРЕЛЬЦОВ

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **УЛУЧШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ИТ-КОМПАНИИ ПУТЕМ ОПТИМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕНЕЖНЫХ ПОТОКОВ**

**Аннотация.** В данной работе рассмотрен пример применения динамического программирования в игровой индустрии в задаче распределения денежных средств между проектами для максимизации итоговой прибыли компании.

**Ключевые слова:** динамическое программирование; управление денежными потоками; математические методы в экономике; финансы.

В течении последних лет рынок игровой индустрии показывает стабильную динамику роста и все большее количество компаний начинает вкладывать в данную индустрию значительное количество денежных средств, так как она является высоко маржинальной [1]. Так за 2021 год рынок вырос на 1,4% и составил 180,3 млн. долларов США, из которых на мобильный рынок пришлось 52% суммарной прибыли, на рынок ПК и консолей по 20 и 28 процентов соответственно [2]. При этом в 2020 году данный рынок вырос на 19,6% [3].

Данный рост обусловлен рядом факторов:

1) Из-за пандемии многие люди, которые были ограничены в развлечениях в связи с коронавирусными ограничениями, стали активными игроками [4].

2) Неуклонный рост количества владельцев мобильных устройств, на долю которых, как отмечалось выше, приходится большая часть современной игровой индустрии [5].

3) Видеоигры перестали быть нишевым развлечением для детей, какими они считались долгое время.

Все эти факторы обуславливают существующий экономический интерес со стороны инвесторов, которые рассматривают данное направление как пер-

спективное. Однако данный вид деятельности сопряжен с рядом трудностей и рисков, который характерен для такого рода творческих областей:

1) Проблема взаимодействия между командой разработки, из-за чего возникают «кранчи», отодвигание сроков, срывы инвестиционных планов и так далее [6].

2) Трудности при проведении экономических расчетов.

В русскоязычной среде решение данных проблем почти не рассматривалось, так все отечественные студии в первую очередь ориентируются на иностранные рынки, либо являются дочерними компаниями крупных европейских игроков. В связи с этим данный вопрос рассматривался только за рубежом, но и там предпочитали уделять внимание социальной стороне вопроса, несмотря на крупные провалы в области распределения финансов в данной сфере за последнее время [7].

В частности, для решения второй проблемы можно использовать методы математического моделирования, основываясь на имеющихся у компании данных. Это позволит избежать человеческого фактора во время процесса распределения финансовых ресурсов компании/инвестора.

Рассмотрим вариант распределения денежных средств между внутренними студиями разработки. Сначала сформулируем условия задачи:

Компания планирует разработать новые игровые проекты в течение двух последующих лет. Для этого внутри компании есть 2 внутренние студии, для краткости обозначим их  $C_1$  и  $C_2$ . В ходе разработки компания получает прибыль, расходуя при этом часть имеющихся денежных средств в определенном количестве. Для обеспечения работы студий компания в начале каждого года выделяет им определенные бюджеты, которые им необходимы, а по окончании года нераспределенные денежные средства изымаются и перераспределяются заново.

Формализуем данную задачу:

После выделения бюджетов студиям  $C_1$  и  $C_2$  в объеме  $v$  руб., они получают прибыль, равную  $P_1(v)$  и  $P_2(v)$  руб., расходуя при этом часть денежных средств в объеме  $Q_1(v)$  и  $Q_2(v)$  руб. соответственно. Таким образом возникают следующие естественные условия задачи (16):

$$P_k(v), \quad 0 \leq Q_k(v) \leq v, \quad \text{для } k = 1, 2. \quad (1)$$

Число шагов  $N$  в данном случае равно 2, так как планируемый срок разработки и поддержки составляет 2 года;

В качестве фазовых переменных  $x_1$  и  $x_2$  в данной задаче примем суммарный объем денежных средств;

Управляющей переменной  $u$  в данной задаче примем объем денежных средств, который выделяется студии  $C_1$  на каждом из шагов процесса. Таким образом управляющие переменные  $u_1$  и  $u_2$  представляют собой объем денежных средств, которые были выделены студии  $C_1$  в начале каждого из периодов.

Функция процесса  $x_i = f_i(x_{i-1}, u_i)$ , которая определяет, как изменится состояние студий, в данной задаче будет иметь вид (2):

$$x_i = x_{i-1} - (Q_1(u_i) + Q_2(x_{i-1} - u_i)). \quad (2)$$

Функция  $z_i$ , которая определяет частный экономический эффект на каждом шаге с номером  $i$ , в данной задаче будет вычислять по формуле (3):

$$Z_i = P_1(u_i) + P_2(x_{i-1} - u_i). \quad (3)$$

На этом завершается математическая формализация задачи. Основные допущения метода динамического программирования соблюдаются:

– Отсутствие последствий следует из явных формул для вычисления  $x_i$  и  $z_i$ .

– Аддитивность целевой функции обусловлена самой постановкой задачи.

Результатом выполнения данной задачи станет оптимальное соотношение, применив которое компания сможет добиться максимизации прибыли в течение двух лет.



### *Предварительный этап*

В данной задаче данный этап не является трудоемким и по существу сводится к установлению ряда соотношений:

$$0 \leq x_2 \leq x_1 \leq x_0 = V;$$

$$0 \leq u_i \leq x_{i-1}.$$

Вся основная работа по решению задачи сосредоточена на этапе условной оптимизации.

### *Этап условной оптимизации*

На этапе условной оптимизации для каждого шага  $i = 1, 2$  необходимо вычислить функцию Беллмана  $B_i(x_i)$ , а также условно-оптимальные управления  $\tilde{u}_i(x_{i-1})$ . Расчеты начинаются с условия  $B_2(x_2) = 0$ .

функциональное уравнение Беллмана для данного последнего шага примет следующий вид (4):

$$B_1(x_1) = \max_{0 \leq u_2 \leq x_1} \{P_1(u_2) + P_2(x_1 - u_2)\}. \quad (4)$$

Конкретизируем вид функций  $P_1(v)$  и  $P_2(v)$ , которые примут вид:

$$P_1(v) = K_1 H(v), \quad (5)$$

$$P_2(v) = K_2 H(v). \quad (6)$$

где  $H(v) = \sqrt{v}$ , а  $K_1$  и  $K_2$  – коэффициенты производительности. В данном случае итоговый вид:

$$B_1(x_1) = \max_{0 \leq u_2 \leq x_1} \{K_1 \sqrt{u_2} + K_2 \sqrt{x_1 - u_2}\}.$$

Для оптимального распределения ресурсов необходимо определить, где функция принимает свои максимальные значения на отрезке  $(0, x_1)$ . Для нахождения применим методы дифференциального исчисления относительно переменной  $u_2$ .

$$G_2(u_2) = K_1 \sqrt{u_2} + K_2 \sqrt{x_1 - u_2};$$

Функция  $G_2(u_2)$  принимает свое максимальное значение в единственной точке, которая принадлежит отрезку  $[0, x_1]$ . Для нахождения точки максимума найдем такие значения, при которых производная равна 0:

$$G_2'(u_2) = 0, \text{ или } \frac{K_1}{2\sqrt{u_2}} = \frac{K_2}{2\sqrt{x_1 - u_2}}.$$

$$\tilde{u}_2 = \frac{K_1^2}{K_2^2 + K_1^2} * x_1.$$

Решение данного уравнения относительно  $u_2$  и является условно-оптимальным значением управления на данном шаге. Таким образом, в соответствии со всем выше сказанным, функция Беллмана  $B_1(x_1)$  имеет следующий вид:

$$B_1(x_1) = K * \sqrt{x_1},$$

где  $K = \sqrt{K_1^2 + K_2^2}.$

Таким образом расчеты на данном шаге завершены. На следующем шаге проделываем аналогичные вычисления и получаем следующие значения:

Основное функциональное уравнение Беллмана для данного шага:

$$B_0(x_0) = \max_{u_1} \{z_1(x_0, u_1) + B_1(x_1) | x_1 = f_1(x_0, u_1)\}$$

На шаге  $i=1$  функции примут следующий вид с данными коэффициентами:

$$P_1(v) = 2101\sqrt{v} \quad P_2(v) = 3291\sqrt{v};$$

$$Q_1(v) = 0,4v \quad Q_2(v) = 0,5v.$$

Зная данные значения, подставим их в Mathcad и вычислим значения управления:

$$\tilde{u}_1(x_0) = 0,35x_0.$$

Тогда функция Беллмана примет следующий вид:

$$B_0(x_0) = K_1\sqrt{0.35x_0} + K_2\sqrt{0.65x_0} + K\sqrt{0.535x_0};$$

$$B_0(x_0) = 6752,13\sqrt{x_0}.$$

На этом этап условной оптимизации завершается.

### *Этап безусловной оптимизации*

Полагая что  $x_0^* = x_0 = V$ , определим максимальное значение целевой функции:

$$Z^* = B_0(x_0^*) = B_0(V) = 6787,151\sqrt{V}.$$

Найдем оптимальные управление для каждого из временных периодов:

$$i = 1:$$

$$x_0^* = V;$$

$$u_1^* = \tilde{u}_1(x_0^*) = \tilde{u}_1(V) = 0,35V;$$

$$x_1^* = x_0^* - (Q_1(u_1^*) + Q_2(x_0^* - u_1^*)) = V - 0,4 * 0,35V - 0,5 * 0,65V = 0,535V.$$

$$i = 2: x_1^* = 0,535V;$$

$$u_2^* = \tilde{u}_2(x_1^*) = \tilde{u}_2(0,535V) = 0,29 * 0,535V;$$

$$x_2^* = x_1^* - (Q_1(u_2^*) + Q_2(x_1^* - u_2^*)) = 0,535V - 0,062V - 0,189V = 0,284V.$$

На этом построение оптимального решения, этап условной оптимизации и все решения задачи завершены. Мы получили следующее решение: для максимизации прибыли компании необходимо в первом году выделить студиям  $C_1$  и  $C_2$  по 35% и 65% денежных средств соответственно, а во втором году – 29% и 71% соответственно от оставшегося объема денежных средств после первого года. При таком распределении компания сможет получить максимальную прибыль, равную 9 548 954 руб.

В результате проведенной оптимизации удалось увеличить итоговую прибыль компании без дополнительного вложения денежных средств, что наглядно продемонстрировало эффективность прикладного применения математического моделирования и динамического программирования в данной области.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новостной ресурс [Электронный ресурс] / URL: <https://rb.ru/opinion/na-white-nights/1> (дата обращения 10.09.2022)
2. Новостной ресурс [Электронный ресурс] / URL: <https://www.gamesindustry.biz/gamesindustry-biz-presents-the-year-in-numbers-2021> (дата обращения 10.09.2022)

3. Новостной ресурс [Электронный ресурс] / URL: <https://www.gamesindustry.biz/gamesindustry-biz-presents-the-year-in-numbers-2020> (дата обращения 10.09.2022)
4. Новостной ресурс [Электронный ресурс] / URL: <https://news.rambler.ru/other/44211123-kak-pandemiya-covid-19-podnyala-igrovuyu-industriyu/> (дата обращения 10.09.2022)
5. DIGITAL 2022: GLOBAL OVERVIEW REPORT / DATAREPORTAL – 26.01.2022
6. Тематический коллективный блог [Электронный ресурс] / URL: <https://habr.com/ru/post/553954/> (дата обращения 10.09.2022)
7. Онлайн-издание [Электронный ресурс] / URL: <https://club.dns-shop.ru/digest/66818-square-enix-priznala-kommercheskii-proval-marvel-s-guardians-of-t/> (дата обращения 13.09.2022)
8. Коган Д.И. Динамическое программирование и дискретная многокритериальная оптимизация: учебное пособие. – Нижний Новгород: Изд-во ННГУ, 2018. – 258 с.
9. Окулов С.М. Динамическое программирование / С.М. Окулов. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2019. – 598 с.
10. Беллман Р. Динамическое программирование. – М.: Изд-во иностр. лит., 1960. – 400 с.
11. Основы математики и ее приложения в экономическом образовании: Учебник / Красс М.С., Чупрынов Б.П. – 2-е изд., испр. – М.: Дело, 2001. – 688 с
12. Динамическое программирование в экономических задачах: учебное пособие / А.В. Лежнёв. – 4-е изд., электрон. – М.: Лаборатория знаний, 2020. – 179 с.

УДК 519.6

Е. А. КОРОВИН, С. А. ЧИГЛИНЦЕВА  
*arkvinst@gmail.com, s\_chiglintseva@inbox.ru*

Науч. руковод. – д-р техн. наук, проф. Н. М. ШЕРЫХАЛИНА

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ВЫЧИСЛЕНИЙ ОПРЕДЕЛЕННЫХ ИНТЕГРАЛОВ РАЗЛИЧНЫМИ ЧИСЛЕННЫМИ МЕТОДАМИ НА ПРИМЕРЕ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ФУНКЦИЙ**

**Аннотация.** В статье авторы проводят вычислительный эксперимент, посредством которого производится сравнение возможностей различных методов численного интегрирования, их отклонения от точного значения интеграла на примере нескольких элементарных функций.

**Ключевые слова:** численное интегрирование, точность, приближенное значение интеграла, интерполяция, методы численного интегрирования.

### ***Введение***

Поскольку аналитическое значение интеграла зачастую получить довольно сложно или вообще невозможно, применение численных методов в интегрировании является актуальной задачей. В данной работе проведен вычислительный эксперимент для определения и сравнения точности пяти методов интегрирования на примере трех элементарных функций, точное значение интеграла которых известно. В предыдущем исследовании выполнен анализ методов на примере элементарной функции  $f(x)=e^x$ , показавший величину их отклонения от точного значения интеграла. В данной работе выборка функций расширена до трех, включив в себя  $f(x)=\sin x$  и  $f(x)=\sqrt{x}$ . Рассматриваются методы левых, правых, серединных прямоугольников, метод трапеций и парабол.

### ***Постановка задачи***

Требуется сравнить точность различных методов численного интегрирования на примере элементарных функций  $e^x$ ,  $\sin x$ ,  $\sqrt{x}$ , оценить их отклонение от точного значения интеграла, проанализировать результат.

Проверить истинность и обобщить ряд выведенных для функции  $f(x)=e^x$  закономерностей с предыдущего исследования на других элементарных функциях.

Таблица 1

Квадратурные формулы различных методов

№	Название метода	Квадратурная формула	$c$	$k$
1	Левых прямоугольников	$J = h \sum_{i=0}^{n-1} f(x_i)$	$\frac{M_1}{2}$	1
2	Правых прямоугольников	$J = h \sum_{i=1}^n f(x_i)$	$\frac{M_1}{2}$	1
3	Симметричных прямоугольников	$J = h \sum_{i=0}^{n-1} f\left(x_i + \frac{h}{2}\right)$	$\frac{M_2}{24}$	2
4	Трапеций	$J = h \left( \frac{f(a) + f(b)}{2} + \sum_{i=1}^{n-1} f(x_i) \right)$	$\frac{M_2}{12}$	2
5	Парабол	$J = \frac{h}{6} \left( f(a) + f(b) + 2 \sum_{i=1}^{n-1} f(x_i) + 4 \sum_{i=0}^{n-1} f\left(x_i + \frac{h}{2}\right) \right)$	$\frac{M_4}{2880}$	4

Суть методов заключается в разбиении площади под кривой на площадь определенных фигур, а интеграл на всем отрезке интегрирования считается как сумма этих частичных интегралов.

В данной работе были доработаны алгоритм и программа вычисления интеграла выбранными методами для сравнения их точности. Выборка отладочных примеров была расширена добавлением функций  $f(x) = \sin x$ ,  $f(x) = \sqrt{x}$ , отрезок интегрирования  $[0,1]$ .

### ***Решение задачи***

Результаты работы программы для вычисления приближенных значений интеграла при увеличении количества частичных отрезков вдвое начиная с  $n=1$ , представлены в таблице 2.

Значения интеграла, полученные разными методами численного интегрирования  
на примере функции  $f(x) = \sin x$

n	J1	J2	J3	J4	J5
1	0	0.841470984807897	0.479425538604203	0.420735492403948	0.459862189870785
2	0.239712769302102	0.66044826170605	0.464521359638929	0.450080515504076	0.459707744927311
4	0.352117064470515	0.562484810672489	0.460897009411941	0.457300937571502	0.459698318798461
8	0.406507036941228	0.511690910042215	0.459997112932708	0.459098973491722	0.459697733119046
16	0.433252074936968	0.485844011487462	0.459772523245457	0.459548043212215	0.459697696567709
32	0.446512299091212	0.472808267366459	0.459716399811713	0.459660283228836	0.459697694284088
64	0.453114349451463	0.466262333589086	0.459702370451924	0.459688341520275	0.459697694141374
128	0.456408359951694	0.462982352020505	0.459698863205633	0.459695355986099	0.459697694132455
256	0.458053611578663	0.461340607613069	0.459697986399913	0.459697109595866	0.459697694131897
512	0.458875798989288	0.460519297006491	0.459697767198849	0.45969754799789	0.459697694131863
1024	0.459286783094069	0.46010853210267	0.459697712398606	0.459697657598369	0.45969769413186
2048	0.459492247746337	0.459903122250638	0.459697698698547	0.459697684998488	0.45969769413186
4096	0.459594973222442	0.459800410474592	0.459697695273532	0.459697691848517	0.45969769413186
8192	0.459646334247987	0.459749052874062	0.459697694417278	0.459697693561024	0.45969769413186
16384	0.459672014332633	0.45972337364567	0.459697694203215	0.459697693989151	0.45969769413186
32768	0.459684854267924	0.459710533924442	0.459697694149699	0.459697694096183	0.45969769413186
65536	0.459691274208811	0.459704114037071	0.45969769413632	0.459697694122941	0.45969769413186
131072	0.459694484172566	0.459700904086695	0.459697694132975	0.45969769412963	0.45969769413186
262144	0.45969608915277	0.459699299109835	0.459697694132139	0.459697694131303	0.45969769413186
524288	0.459696891642455	0.459698496620987	0.45969769413193	0.459697694131721	0.45969769413186
1048576	0.459697292887192	0.459698095376459	0.459697694131878	0.459697694131825	0.45969769413186
2097152	0.459697493509535	0.459697894754168	0.459697694131865	0.459697694131852	0.45969769413186
4194304	0.4596975938207	0.459697794443016	0.459697694131861	0.459697694131858	0.45969769413186
8388608	0.459697643976281	0.459697744287439	0.459697694131861	0.45969769413186	0.45969769413186
16777216	0.459697669054071	0.45969771920965	0.45969769413186	0.45969769413186	0.45969769413186

Первый столбец  $n$  – количество разбиений отрезка, последующие столбцы  $J1-J5$  представляют собой значение интеграла, полученного с помощью численного интегрирования методами левых, правых, средних прямоугольников, трапеций и парабол соответственно.

Для формирования выводов об оценке погрешности преобразуем полученную таблицу вычисленных приближенных значений, скорректировав каждое из них вычитанием из него точного результата интегрирования функции синуса на промежутке  $[0,1]$ , равного числу 0.4596976941318603. Получим таблицу абсолютных погрешностей значений интеграла при разных  $n$  (таблица 3).

Таблица 3

Абсолютные погрешности значений интеграла на примере функции  $f(x) = \sin x$   
для разных методов

n	J1	J2	J3	J4	J5
1	-0.45969769413186	0.381773290676036	0.0197278444723427	-0.038962201727912	0.000164495738924461
2	-0.219984924829759	0.200750567574189	0.00482366550706826	-0.00961717862778466	1.00507954506172e-05
4	-0.107580629661345	0.102787116540629	0.00119931528008082	-0.0023967565603582	6.24666601146311e-07
8	-0.0531906571906322	0.0519932159103548	0.00029941880084770 4	-	3.89871855726014e-08
16	-0.0264456191948923	0.0261463173556013	7.48291135965424e-05	0.000149650919645493	2.43584919720546e-09
32	-0.0131853950406479	0.0131105732345989	1.87056798531771e-05	-3.74109030244755e-05	1.52227292891331e-10
64	-0.00658334468039734	0.00656463945722604	4.67632006381113e-06	-9.35261158564916e-06	9.51399102186966e-12
128	-0.00328933418016676	0.00328465788864493	1.16907377238019e-06	-2.33814576091899e-06	5.94613822155893e-13
256	-0.00164408255319719	0.00164291348120865	2.92268052868601e-07	-5.84535994269483e-07	3.71559066066757e-14
512	-	0.00082160287463076 1	7.3066988822432e-08	-1.46133970700549e-07	2.31477163825655e-15
1024	-0.00041091103779167	0.00041083797080979 2	1.82667456753651e-08	-3.65334909388688e-08	1.37314205145289e-16
2048	-	0.00020542811877773 3	4.56668631775296e-09	-9.13337263187385e-09	1.24683249835833e-18
4096	-	0.00010271634273202 6	1.14167156772208e-09	-2.28334315669453e-09	-7.07441917546792e- 18
8192	-5.13598838733861e-05	5.13587422017965e-05	2.85417885804778e-10	-5.70835794784378e-10	-7.72494047895922e- 18
16384	-2.56797992277501e-05	2.56795138098413e-05	7.13544655490689e-11	-1.42708954408485e-10	-7.75204553327136e- 18
32768	-1.2839863936642e-05	1.28397925821536e-05	1.78386108239548e-11	-3.56772441993149e-11	-7.50810004446212e- 18
65536	-6.41992304901631e-06	6.41990521038153e-06	4.45964654636512e-12	-8.91931740596395e-12	-8.07730618501701e- 18
131072	-3.20995929468229e-06	3.20995483501661e-06	1.11490385066443e-12	-2.2298328277142e-12	-8.37546178245052e- 18
262144	-1.60497908989119e-06	1.60497797495828e-06	2.78720948231059e-13	-5.57466453641325e-13	-8.15862134795342e- 18
524288	-8.0248940558867e-07	8.02489126836063e-07	6.96679313631071e-14	-1.39376303467248e-13	-1.34712119931324e- 17
1048576	-4.01244667952672e-07	4.01244598259695e-07	1.74136150377785e-14	-3.48465017691729e-14	-6.42389787197661e- 18
2097152	-2.00622325260855e-07	2.00622307845315e-07	4.33857051847231e-15	-8.70776974831733e-15	-1.01915004213637e- 17
4194304	-1.00311160453498e-07	1.00311156099586e-07	1.08512374433212e-15	-2.17694243707933e-15	-2.22261445359528e- 18
8388608	-5.01555797094628e-08	5.01555785670932e-08	2.54218304393539e-16	-5.71184809519676e-16	-2.09251019289702e- 17
1677721 6	-2.50777897019402e-08	2.50777894363378e-08	5.3966163135466e-17	-1.32814766129474e-16	-8.29414661951411e- 18



Значения интеграла, полученные разными методами численного интегрирования  
на примере функции  $f(x) = \sqrt{x}$

n	J1	J2	J3	J4	J5
1	0	1	0.707106781186548	0.5	0.638071187457698
2	0.353553390593274	0.853553390593274	0.683012701892219	0.603553390593274	0.656526264792571
4	0.518283046242747	0.768283046242747	0.672977397006162	0.643283046242747	0.663079280085024
8	0.595630221624454	0.720630221624454	0.669032172130002	0.658130221624454	0.665398188628153
16	0.632331196877228	0.694831196877228	0.667536675680655	0.663581196877228	0.66621818274618
32	0.649933936278942	0.681183936278942	0.666982686478072	0.665558936278942	0.666508103078362
64	0.658458311378507	0.674083311378507	0.666780503215145	0.666270811378507	0.666610605936266
128	0.662619407296826	0.670431907296826	0.66670744065623	0.666525657296826	0.666646846203096
256	0.664663423976528	0.668569673976528	0.666681214123376	0.666616548976528	0.666659659074427
512	0.665672319049952	0.667625444049952	0.666671842888016	0.666648881549952	0.666664189108662
1024	0.666172080968984	0.667148643468984	0.666668504966957	0.666660362218984	0.666665790717633
2048	0.666420292967971	0.666908574217971	0.666667318661388	0.666664433592971	0.666666356971916
4096	0.66654380581468	0.66678794643968	0.66666897695966	0.66666587612718	0.666666557173037
8192	0.666605351755323	0.666727422067823	0.666666748476448	0.666666386911573	0.666666627954823
16384	0.666636050115885	0.666697085272135	0.666666695622939	0.66666656769401	0.666666652979963
32768	0.666651372869412	0.666681890447537	0.666666676912292	0.666666631658475	0.666666661827686
65536	0.666659024890852	0.666674283679915	0.666666670291051	0.666666654285383	0.666666664955829
131072	0.666662847590952	0.666670476985483	0.666666667948582	0.666666662288217	0.666666666061794
262144	0.666664757769767	0.666668572467033	0.666666667120018	0.6666666651184	0.666666666452812
524288	0.666665712444893	0.666667619793525	0.666666666826982	0.666666666119209	0.666666666591058
1048576	0.666666189635937	0.666667143310254	0.666666666723355	0.666666666473095	0.666666666639935
2097152	0.666666428179646	0.666666905016804	0.666666666686711	0.666666666598225	0.666666666657216
4194304	0.666666547433178	0.666666785851757	0.666666666673754	0.666666666642468	0.666666666663325
8388608	0.666666607053466	0.666666726262756	0.666666666669172	0.666666666658111	0.666666666665485
16777216	0.666666636861319	0.666666696465964	0.666666666667553	0.666666666663642	0.666666666666249

Для формирования выводов об оценке погрешности преобразуем полученную таблицу вычисленных приближенных значений, скорректировав каждое из них вычитанием из него точного результата интегрирования функции квадратного корня на промежутке  $[0,1]$ , равного числу 0.6666666666666667. Получим таблицу абсолютных погрешностей значений интеграла при разных  $n$  (таблица 5).

Таблица 5

Абсолютные погрешности значений интеграла на примере функции  $f(x) = \sqrt{x}$   
для разных методов

n	J1	J2	J3	J4	J5
1	-0.666666666666667	0.333333333333333	0.0404401145198808	-0.166666666666667	-0.0285954792089684
2	-0.313113276073393	0.186886723926607	0.0163460352255526	-0.063113276073393	-0.0101404018740959
4	-0.14838362042392	0.10161637957608	0.00631073033949538	-0.0233836204239202	-0.00358738658164315
8	-0.0710364450422124	0.0539635549577876	0.00236550546333525	-0.00853644504221241	-0.00126847803851397
16	-0.0343354697894386	0.0281645302105614	0.00087000901398864	-0.00308546978943858	-
32	-0.016732730387725	0.014517269612275	0.00031601981140535 1	-0.00110773038772497	0.000158563588304756
64	-0.00820835528815981	0.00741664471184019	0.00011383654847823 8	-0.00039585528815981	-5.60607304011115e-05
128	-0.00404725936984079	0.00376524063015921	4.07739895635913e-05	0.000141009369840786	-1.98204635712012e-05
256	-0.0020032426901386	0.0019030073098614	1.45474567093686e-05	-5.01176901385973e-05	-7.00759223995332e-06
512	-	0.00095877738328538 6	5.1762213495039e-06	-1.7785116714614e-05	-2.47755800520207e-06
1024	-	0.00048197680231744 5	1.83830029068277e-06	-6.3044476825552e-06	-8.75949033729865e-07
2048	-	0.00024190755130406 4	6.51994721551715e-07	-2.23307369593594e-06	-3.09694750944152e-07
4096	-	0.00012127977301280 8	2.31029299653149e-07	-7.90539487191815e-07	-1.09493629295136e-07
8192	-6.13149113437692e-05	6.07554011562308e-05	8.180978098405e-08	-2.79755093769197e-07	-3.87118439336811e-08
16384	-3.0616550781394e-05	3.0418605468606e-05	2.89562726080899e-08	-9.89726563939831e-08	-1.36867037259345e-08
32768	-1.52937972543932e-05	1.52237808706068e-05	1.02456251101983e-08	-3.50081918932448e-08	-4.83898055761607e-09
65536	-7.64177581464106e-06	7.61701324785894e-06	3.62438464928273e-09	-1.23812833910625e-08	-1.71083803081427e-09
131072	-3.8190757149957e-06	3.8103188162543e-06	1.28191573269031e-09	-4.37844937070013e-09	-6.04872635106505e-10
262144	-1.90889689963123e-06	1.90580036599377e-06	4.53351183037163e-10	-1.54826681873386e-09	-2.13854817535108e-10
524288	-9.54221774236838e-07	9.53126858575662e-07	1.60315193574716e-10	-5.47457830587725e-10	-7.56091477946939e-11
1048576	-4.77030729508648e-07	4.76643586897602e-07	5.66877912883471e-11	-1.93571305523183e-10	-2.67319075946196e-11
2097152	-2.38487020868302e-07	2.38350137334823e-07	2.00440833093667e-11	-6.84417667397123e-11	-9.4512000222563e-12
4194304	-1.19233488421065e-07	1.19185090680497e-07	7.08708683102091e-12	-2.41988702839001e-11	-3.34156552254938e-12
8388608	-5.96132006513961e-08	5.95960888993851e-08	2.50575412199042e-12	-8.55587600550808e-12	-1.18145586629897e-12
16777216	-2.98053474444087e-08	2.97992973309819e-08	8.85865003314584e-13	-3.02505671337036e-12	-4.17775514703622e-13

При анализе полученных таблиц значений скорректированных результатов приближенного вычисления можно сделать следующие обобщенные выводы (производятся на основе заключений исходного исследования):

1. При большом шаге разбиения (малом количестве интервалов) наибольшей степенью точности обладает метод Симпсона.

Данная закономерность наблюдается во всех испытаниях, что позволяет говорить о ее объективности и справедливости.

2. Методы правых и левых прямоугольников имеют в значительной степени низкую точность. Результат их отклонения от точного значения интеграла, при максимальном количестве отрезков ( $n=16777216$ ) укладывается в промежуток между значениями погрешности, которые мы получили методом Симпсона при количестве частичных отрезков 8 и 16.

Выполнимость закономерности наблюдается на всех тестируемых функциях, кроме  $f(x)=\sqrt{x}$ . Стоит отметить, что для данной функции прослеживается тенденция более низкой скорости набора точности при уменьшении шага разбиения для методов средних прямоугольников, трапеций и парабол, в то время как поведение методов левых и правых прямоугольников остается неизменным, от чего возникает нарушение описанной закономерности.

3. Погрешности, которые мы получили при расчетах методами левых и правых прямоугольников, являются по модулю примерно равными друг другу. При устремлении количества частичных отрезков в бесконечность, отношение вычисляемых этими методами значений устремляется к единице.

Справедливость данной закономерности подтверждается поведением всех функций из имеющейся выборки. Стоит отметить лишь наличие разной скорости сходимости для разных функций. При рассмотрении  $f(x)=\sin x$  скорость стремления к единице оказывается выше, чем при рассмотрении  $f(x)=\sqrt{x}$ . Но поскольку в данном пункте говорится о рассмотрении случая стремления к бесконечности, то, как указывалось выше, данный вывод оказывается справедливым для всего набора функций.

4. Наибольшая точность в итоговых результатах исследования отмечена в методе средних прямоугольников.

Данная закономерность не подтвердилась при рассмотрении большего числа функций на данном этапе исследования. И в  $f(x)=\sin x$ , и в  $f(x)=\sqrt{x}$  наибольшую точность продемонстрировал метод Симпсона. Более подробно данное наблюдение комментируется в следующем пункте.

5. В отличие от прочих приведенных методов, метод Симпсона сокращает погрешность наиболее быстро. Однако этот метод является единственным в рассмотрении, который вышел на плато, т.е. его точность при достижении определенного уровня в значительной степени не изменялась, в то время как остальные методы сокращали свою погрешность более равномерно. Это связано с ограничением оптимального числа частичных отрезков в связи с накоплением погрешности округления, которая снижает точность при дальнейшем увеличении  $n$ , что наблюдается в последних двух строках последнего столбца.

При расширении исследования на большее число функций данная закономерность оказалась отвергнутой с определенным замечанием. При рассмотрении  $f(x) = \sin x$  наблюдается выход на плато, что в точности совпадает с заключением авторов. Однако подобное не наблюдается у функции  $f(x) = \sqrt{x}$ , что можно назвать опровержением данной гипотезы.

Выявленное замечание: рассматриваемая функция  $f(x) = \sqrt{x}$  демонстрирует общее замедление набора точности для учитываемого метода, из-за чего полученная в рамках исследования точность является значительно более низкой, нежели точность выхода на плато для других функций. Это является необходимостью для более глубокого рассмотрения поведения используемых методов при работе с данной функцией и увеличения максимально доступного количества отрезков, что является почвой для дальнейших исследований.

Подобный случай наблюдается и в предыдущей закономерности: «Наибольшая точность в итоговых результатах исследования отмечена в методе средних прямоугольников». При рассмотрении  $f(x) = \sin x$  заметно, что уровни точности метода средних прямоугольников и парабол сравнялись, однако метод парабол уже некоторое время находится в состоянии плато. Это позволяет ввести предположение, что при увеличении максимального доступного количества отрезков в 2–4 раза наблюдалась бы истинность данной закономерности. С  $f(x) = \sqrt{x}$  сделать подобное утверждение трудно, однако необходимость ее даль-

нейшего дополнительного исследования уже была заявлена выше, что также позволило бы уточнить истинность и данного свойства.

Помимо рассмотренных выше пяти закономерностей в процессе исследования была выявлена еще одна закономерность, которая выполняется у всех приведенных функций:

б. Метод трапеций - является единственным методом, для которого абсолютная погрешность значения интеграла всегда является отрицательным числом. То есть вычисляемое приближенное значение всегда будет на некую малую величину меньше реального значения интеграла. Поскольку данный метод в рамках проводимого исследования не демонстрировал потери точности (при увеличении количества промежутков погрешность сокращается без исключений), то можно представить результат работы данного метода как предел, стремящийся к точному значению интеграла, при стремлении количества промежутков разбиения к бесконечности.

Для сравнения точности методов численного интегрирования были рассмотрены методы левых, правых, срединных прямоугольников, метод трапеций и парабол. Проведенный анализ сравнения точности методов численного интегрирования показал величину их отклонения от точного значения интеграла. Был проведен анализ ряда закономерностей, результатом которого стало в рамках проведенного исследования следующие выводы: приняты справедливыми закономерности с номерами один (1) и три (3), отвергнуты закономерности с номером два (2). Выявлена необходимость более глубокого дальнейшего исследования закономерностей с номерами четыре (4) и пять (5), а также выявление совершенно новой и справедливой в рамках исследования закономерности номер шесть (6).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Zhitnikov V.P., Sherykhalina N.M., Muksimova R. R., Zhitnikova N.I. Reliability increase of numerical data under indeterminacy condition by using of several methods // Proceedings of 19-th Workshop on Computer Science and Information Technologies (CSIT'2017), Vol. 1, Baden-Baden, Germany, 2017, pp. 268–275.

2. Zhitnikov V.P., Sherykhalina N.M., Muksimova R. R., Zhitnikova N.I. Increasing the reliability of numerical data using several methods under conditions of indeterminacy // 7th Scientific Conference on Information Technologies for Intelligent Decision Making Support (ITIDS 2019). Atlantis Press. Advances in Intelligent Systems Research, volume 166, pp. 61-68.
3. Zhitnikov V.P., Sherykhalina N.M., Muksimova R. R., Zhitnikova N.I. Influence of different components of data error on the result of solving identification and approximation problems // IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 2020. Vol. 919, article no. 052016, pp. 1-7. doi:10.1088/1757-899X/919/5/052016.
4. Житников В.П., Шерыхалина Н.М., Федорова Г. И., Соколова А.А. Методика качественного улучшения результатов вычислительного эксперимента // Системная инженерия и информационные технологии. Уфа, 2021, Т.3, №1(5). С. 58-64.
5. Коровин Е.А., Чиглинцева С.А. Сравнение точности методов численного интегрирования на примере элементарных функций. // Молодой ученый. 2022. № 34 (429), Ч.1, С. 7-12.
6. Житников В.П., Шерыхалина Н.М., Муксимова Р. Р. Исследование погрешностей при решении задач для простейших уравнений математической физики итерационными методами // Сиб. журн. вычисл. Математики РАН. Сиб. отд-ние.— Новосибирск, 2021. — Т. 24, № 2. — С. 131–143. Английская версия этой статьи печатается в журнале “Numerical Analysis and Applications” № 2, Vol. 14, 2021.
7. Шерыхалина Н.М., Ахмадуллин А.А., Галлямутдинова К.Р. Применение методов численной фильтрации в задачах интегрирования и суммирования рядов // Вестник УГАТУ. 2021. Т. 25, №4(94). С 124–131.

УДК 004.42

И. С. КОСАЧЕВ

*ilyastalk@bk.ru*

Науч. руковод. – д-р техн. наук, проф. О. Н. СМЕТАНИНА

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **ПРОГРАММНОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ МУЛЬТИМОДАЛЬНОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ЭМОЦИЙ ЧЕЛОВЕКА**

**Аннотация.** Данная статья посвящена описанию разработки программного решения для классификации эмоций человека, выраженных мимикой и голосом. В статье отражены постановка задачи классификации, структура ее решения, включающая предобработку данных и непосредственно классификацию, базирующаяся на рекуррентной нейронной сети, формализация требований к программному решению и архитектура разрабатываемого приложения. **Ключевые слова:** веб-приложение; классификация эмоций; мультимодальные данные.

### ***Введение***

Эмоция - это психический процесс, отражающий субъективное оценочное отношение человека к различным ситуациям и объектам. Эмоции могут выражаться различными способами: словами, мимикой, жестами, голосом и т. д. Считывая эмоциональные сигналы человека мы можем понять, что он чувствует в текущий момент времени. Это позволяет нам выстраивать эффективное взаимодействие друг с другом, так как при общении мы можем учитывать внутреннее состояние собеседника.

В эпоху информационных технологий жизнь человека стала тесно связана с различными технологиями, в том числе и в сфере обслуживания. Все чаще в качестве оператора в колл-центре выступает робот с заранее заданным функционалом. Это позволяет облегчить работу сотрудников колл-центра и позволяет сконцентрироваться на более сложных задачах. Однако, робот, в отличие от оператора человека, не способен улавливать эмоции человека и подстраиваться под них. Из-за этого эффективность его общения с клиентом будет снижена. Улучшить коммуникацию может помочь механизм распознавания эмоции человека.

В статье рассматривается процесс разработки программного обеспечения для классификации эмоций человека по невербальным признакам на основе машинного обучения.

В качестве инструментов разработки был выбран язык python с использованием фреймворков tensorflow и keras для разработки нейронной сети, MediaPipe для извлечения изображения лица человека, flask для разработки веб-сервера, а также языков HTML, CSS, javascript с фреймворками VideoJS и Bootstrap.

### ***Постановка задачи и структура решения***

Разработать программное обеспечение для классификации эмоции человека. В качестве входных данных подается видео, на котором присутствует лицо человека. В результате программа должна выдавать класс эмоции. Классификация происходит на основе обученной модели нейронной сети.

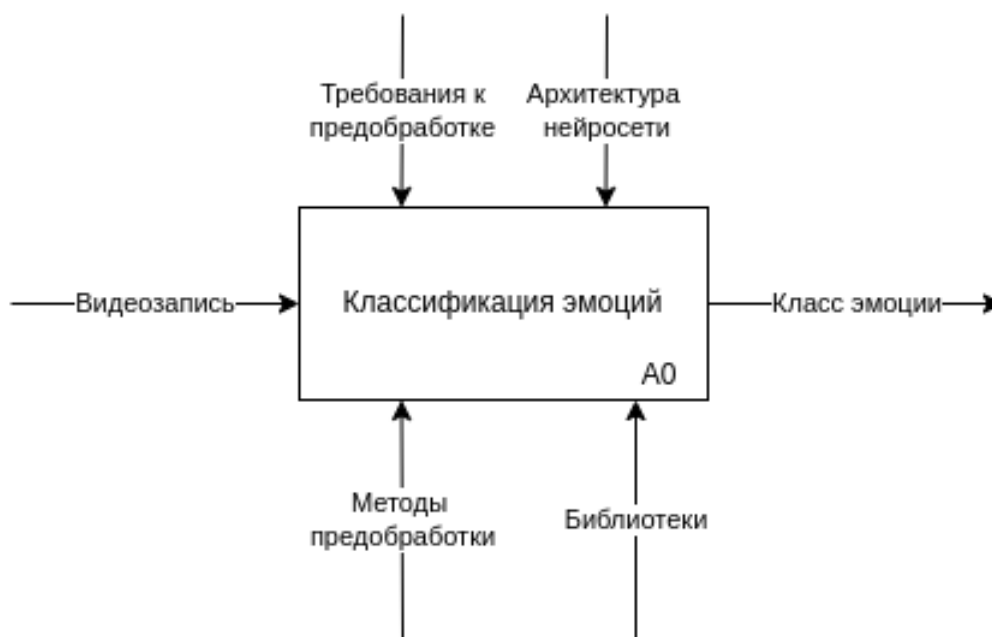


Рис. 1. Формальная постановка задачи

Декомпозиция задачи представлена на рисунке 2:



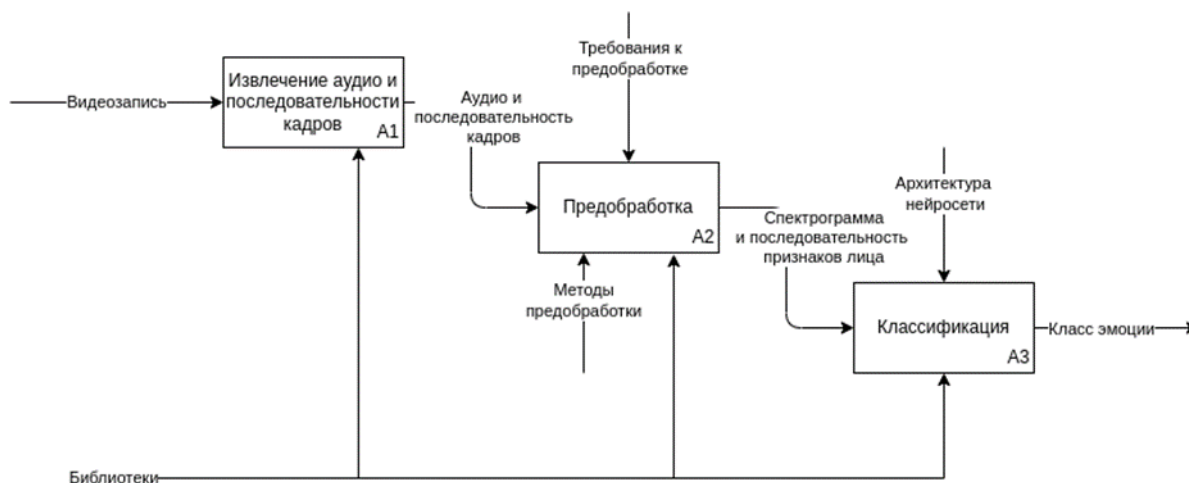


Рис. 2. Декомпозиция постановки задачи

### Формализация требований к программному решению

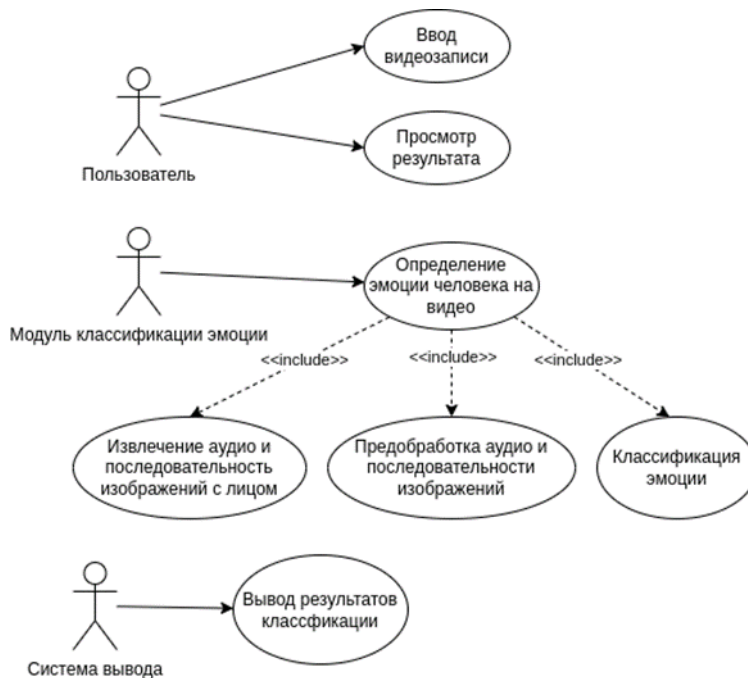


Рис. 3. Диаграмма вариантов использования

Пользователь должен иметь возможность вводить информацию и просматривать результат классификации.

Модуль классификации эмоции должен определять эмоцию человека на видео, что включает в себя:

1. Извлечение аудио и последовательности изображений с лицом;
2. Предобработку аудио и последовательности изображений;
3. Классификацию эмоции.

Система вывода должна обеспечивать вывод результатов классификации.

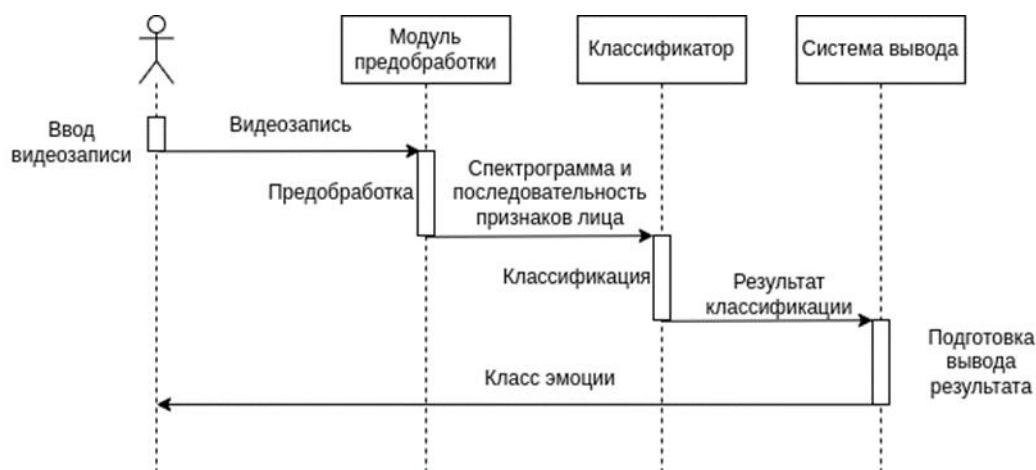


Рис. 4. Диаграмма последовательности

Пользователь вводит видеозапись, которая отправляется в модуль предобработки. Полученные спектрограмма и последовательность признаков лица подаются на вход классификатору, который должен быть предварительно обучен разработчиком. Результат классификации передается системе вывода, которая формирует вывод и отображает его пользователю.

### ***Предобработка данных***

Модель принимает на вход видео, на котором присутствует человек, и звук. Перед подачей в модель классификации данные должны пройти предобработку.

Предобработка видео состоит из следующих шагов:

1. Разделение видео на последовательность изображений;
2. Извлечения из изображений лица человека, с помощью BlazeFace MediaPipe;
3. Нормализация изображения;
4. Перевод изображений в оттенки серого, нормализация и изменение размера изображения до 48x48;
5. Извлечение признаков из изображений лица с помощью сверточной нейросети.

Сверточная сеть для извлечения признаков основана на Identity и Convolutional блоках ResNet. Нейросеть обучалась на датасете FER-2013. Архитектура сети представлена на рисунке 5.

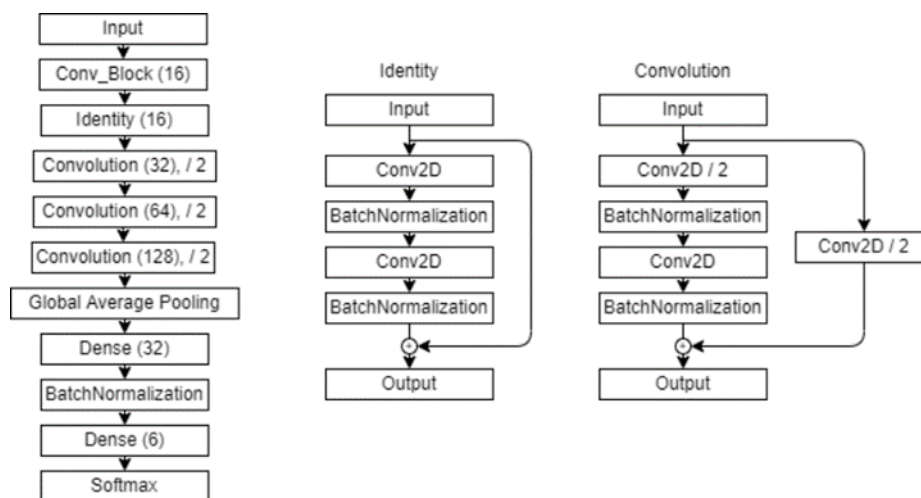


Рис. 5. Архитектура нейросети для извлечения признаков

Звук в цифровом формате представляется как последовательность амплитуд, взятых с определенным периодом, который определяется частотой дискретизации. Для извлечения признаков из такого сигнала применяется оконное преобразование Фурье, в результате которого мы получаем спектрограмму.

Спектрограмма показывает плотность, мощность сигнала на определенной частоте в определенный промежуток времени.

Мел - единица измерения звука. Человеческий слух больше реагирует не на частоты, а на громкость звука. Для того, чтобы анализировать звук по его громкости, спектрограмма переводится в мел-шкалу.

В результате предобработка звука состоит из нескольких шагов:

1. Приведение частоты дискретизации к 16 КГц;
2. Приведение к одноканальному формату;
3. Извлечение мел-спектрограммы.
4. Приведение спектрограммы к размерности (128, 100)

## Классификатор

Для классификации эмоции была разработана нейросеть, имеющая два входа для предобработанных аудио и видео. После каждого входа идет извлечение признаков с помощью рекуррентных блоков LSTM и механизма внимания. Далее эти признаки объединяются и подаются на вход полносвязному слою, который производит классификацию эмоции. Классификатор обучался на датасете RAVDESS. Архитектура модели представлена на рисунке 6.

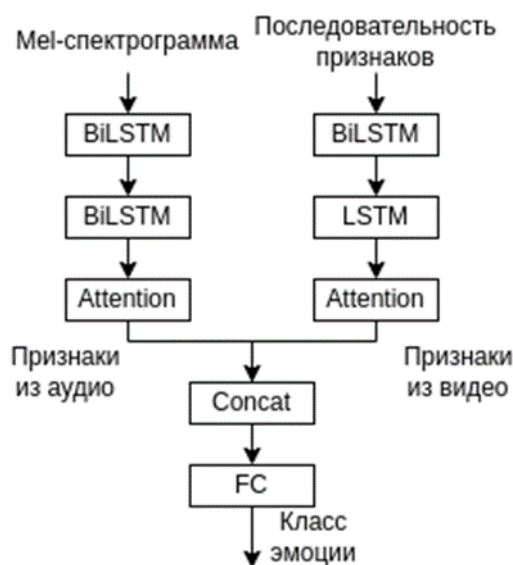


Рис. 6. Архитектура нейросети для классификации эмоции

## Архитектура ПО

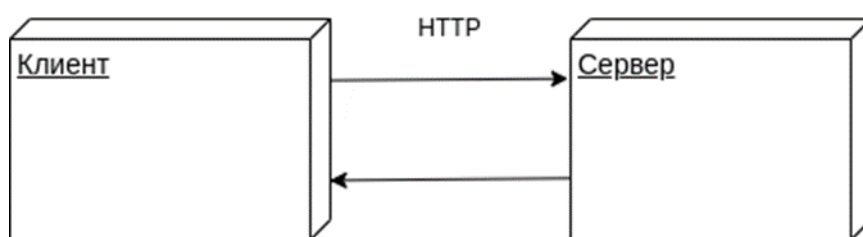


Рис. 7. Диаграмма размещения

Архитектура приложения выглядит следующим образом: Клиент отправляет серверу видео, а сервер возвращает ему ссылку на видео, класс эмоции и ошибку. В случае ошибки клиент уведомляет об этом пользователя с помощью всплывающего окна.

После того, сервер получил запрос от клиента, идет сохранение видео в локальном хранилище и конвертация видеокodeка в H.264 с помощью ffmpeg. В случае, если видео длится более 5 секунд, видеозапись обрезается. Далее путь к этому видео отдается классификатору.

Классификатор находит на видео лицо человека и извлекает признаки с помощью CNN, считывает спектрограмму из аудио и приводит его к размерности (128, 100). После полученные признаки подаются на вход модели, которая возвращает степень уверенности в каждой из 8 эмоций. Классификатор возвращает ту эмоцию, в которой модель уверена больше всего. В случае, если на видео не было найдено лицо, сервер возвращает ошибку клиенту.

После классификации эмоции сервер формирует url для видео и отправляет ответ на запрос клиента в формате JSON.

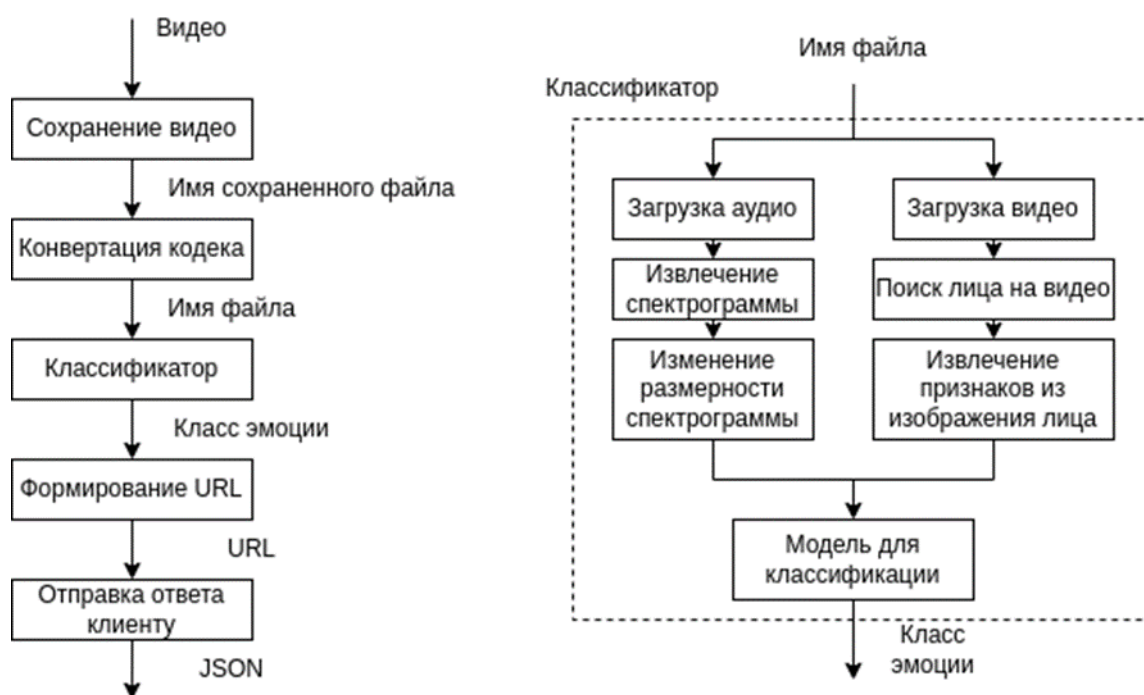


Рис. 8. Алгоритм работы сервера

В качестве инструментов разработки используется язык python с использованием библиотек tensorflow + keras, для обучения модели, flask, для разработки веб-сервера, и фреймворк MediaPipe для извлечения лиц из изображения. Для разработки нейросетевой модели использовались полносвязные, сверточные и рекуррентные слои. Для обучения модели использовался метод “Обуче-

ния с учителем”, для обновления весов использовался метод обратного распространения ошибки. Для разработки клиентской части приложения использовались языки HTML, CSS и Javascript с использованием библиотек VideoJS и Bootstrap.

### ***Тестирование ПО***

Процесс тестирования ПО можно разделить на следующие этапы:

Проверка работы ПО в нормальных условиях (тестирование в условиях среднестатистического ввода данных);

Проверка работы ПО в экстремальных условиях (работоспособность программы для граничных значений области изменения входных данных; правильность работы программы при граничных объемах исходной информации);

Проверка работы ПО в исключительных случаях (реакция программы на нулевые примеры: нулевое значение числовых переменных, пробелы для символьных или строковых величин).

### ***Тестирование в нормальных условиях***

Для тестирования были выбраны два видео, на которых изображены эмоции Angry и Happy. Результаты тестирования:

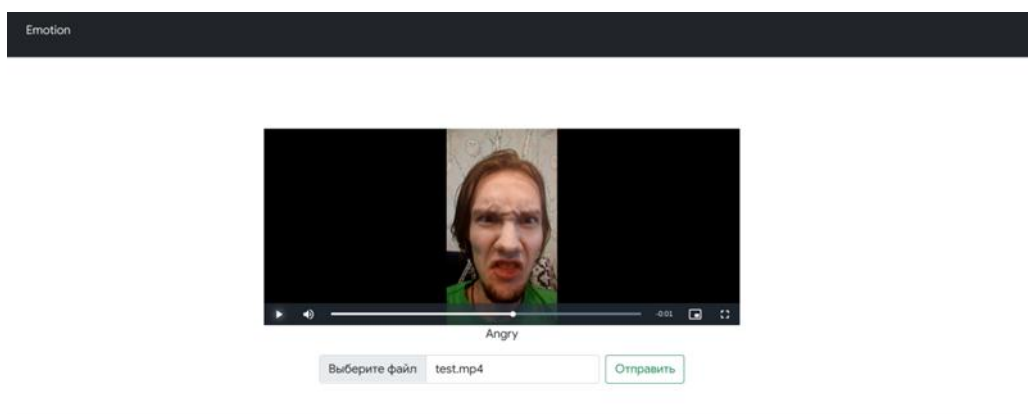


Рис. 9. Результат классификации №1, эмоция “Angry”

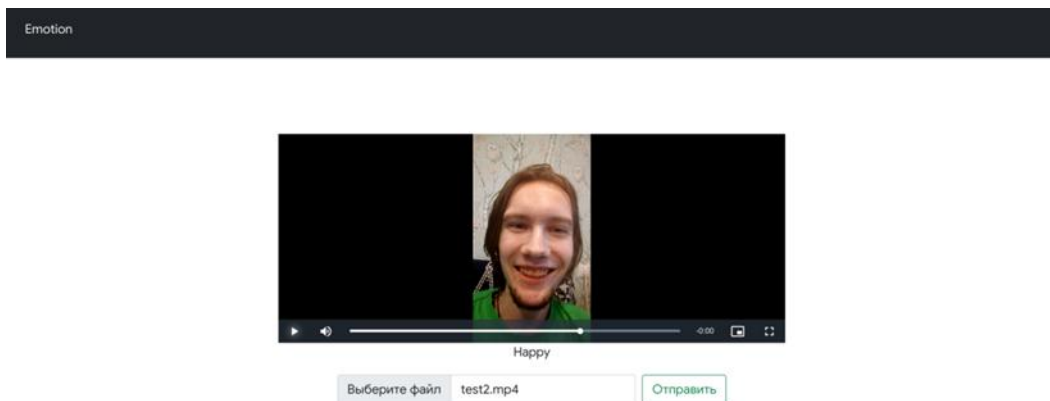


Рис. 10. Результат классификации №2, эмоция “Happy”

### Тестирование в экстремальных условиях

Для тестирования в экстремальных условиях была сделана попытка отправки запроса без выбора файла и с неподдерживаемым типом файла. Результаты тестирования:

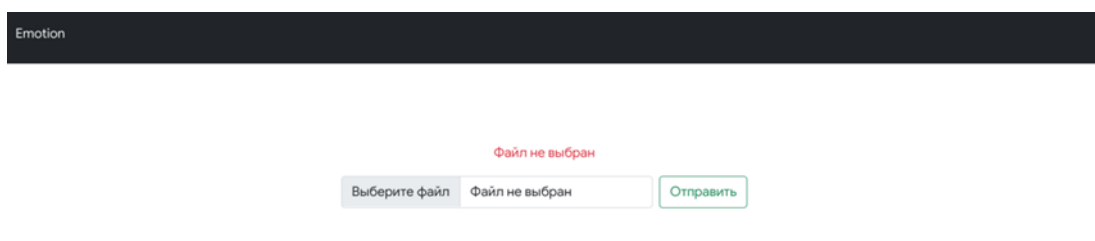


Рис. 11. Результат отправки запроса без выбора файла

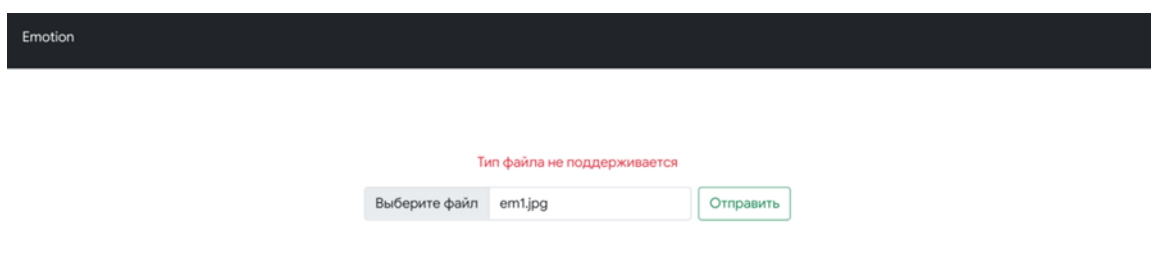


Рис. 12. Результат отправки файла, тип которого не поддерживается программой

### Тестирование в исключительных условиях

Для тестирования в исключительных условиях было выбрано видео, в котором отсутствует лицо человека.



Рис. 13. Фрагмент видео, на котором отсутствует лицо человека

Результат тестирования:

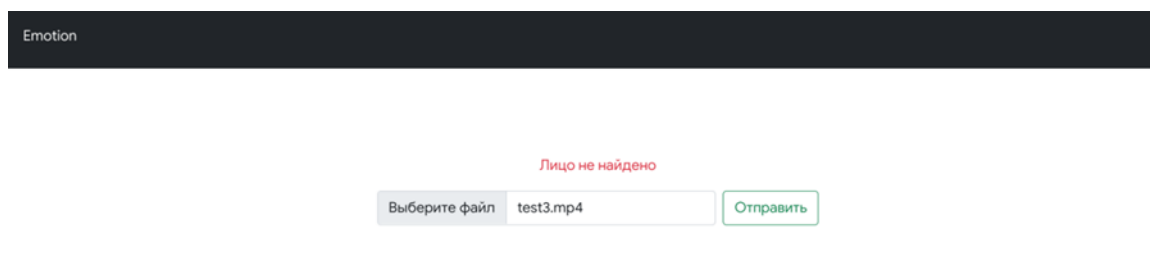


Рис. 14. Результат отправки видео, на котором отсутствует лицо человека

### ***Заключение***

В данной статье рассмотрена разработка программного обеспечения для классификации эмоций человека по невербальным признакам, а именно по голосу и мимике.

В дальнейшем возможно улучшение программного обеспечения:

1. Вместо одной классификации эмоции по всей видеозаписи производить несколько классификаций в разные моменты времени. Таким образом будет возможность обрабатывать более длинные видеозаписи.

2. Добавить отрисовку графика изменения эмоции человека в течении времени.



3. Добавить возможность классифицировать эмоцию только по изображению или только по голосу.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. LeCun Y., Boser B., Denker J.S., Henderson D., Howard R.E., Hubbard W., Jackel L.D. Back-propagation Applied to Handwritten Zip Code Recognition // Neural Computation. 1989. Т.1, №4.
2. Hochreiter S., Schmidhuber J. Long Short-Term Memory // Neural computatizon. 1997. Т.9, №8.
3. He K., Zhang X., Ren S., Sun J. Deep Residual Learning for Image Recognition // IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 2016.
4. Livingstone S., Russo F. The Ryerson Audio-Visual Database of Emotional Speech and Song (RAVDESS): A dynamic, multimodal set of facial and vocal expressions in North American English // PLoS ONE. 2018. Т.13, № 5.
5. Moore S. Surprising Uses For Emotion AI Technology [Электронный ресурс] // Gartner: официальный сайт. 2018. URL: <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/13-surprising-uses-for-emotion-ai-technology>.
6. Bazarevsky V., Kartynnik Y., Vakunov A., Raveendran K., Grundmann M. BlazeFace: Sub-millisecond Neural Face Detection on Mobile GPUs // arxiv. 2019.

А. Н. МИХАЙЛОВА, А. С. ФИЛИППОВА, И. Ф. ЗАЙНЕТДИНОВ  
*micannicw@gmail.com*

*Уфимский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы*

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ТРАЕКТОРИЙ ОБУЧЕНИЯ ЦИФРОВЫМ КОМПЕТЕНЦИЯМ**

**Аннотация.** В статье описывается возможность использования программного модуля для формирования индивидуальной траектории (последовательности) изучения разделов цифровых и информационных технологий. Последовательность представляет собой индивидуальный маршрут обучения, который минимизирует время для достижения цифровых компетенций обучающегося. Для построения маршрута используется модель в виде графа с учетом взаимосвязи разделов между собой и времени обучения.

**Ключевые слова:** цифровые компетенции, траектория изучения, компетенция.

Масштабное развитие цифровых технологий является в современном мире уже чем-то обыденным. Каждый день появляются новые гаджеты, программы, новые версии приложений и аппаратного обеспечения. Умение использовать базовые цифровые средства и технологии является необходимостью современного мира, без таких навыков человек не может полноценно работать, учиться и коммуницировать. В данном контексте под цифровыми технологиями понимается все, что связано с электронными вычислениями, передачей, обработкой и хранением данных: гаджеты, электронные устройства, технологии, программы. А цифровая технология (ИТ) понимается, как специфическое средство и метод выполнения информационных процедур, обусловленных технической и программной средой, в которой протекает процесс преобразования информации [1]. Развитие информационных технологий происходит ежедневно и касается всех сфер человеческой деятельности. Поэтому для качественного выполнения рутинных задач требуется от человека владения базовыми цифровыми компетенциями, а также постоянного их развития [2]. Все вышеизложенное актуально для современного учителя, который для качественного выполнения профессиональных обязанностей должен использовать цифровые и программные средства в образовательном процессе. Использование таких технологий да-

ет возможность для более наглядного и разностороннего преподнесения информации, что напрямую влияет на повышение уровня усвоения знаний.

Первичное изучение информационных технологий необходимых в профессиональной деятельности происходит в рамках получения среднего или высшего профессионального образования. Учитывая быстрый темп развития ИТ, знания полученные при получении образования быстро устаревают и теряют актуальность. Поэтому для актуализации знаний создаются дополнительные образовательные программы, программы повышения квалификации, обучающие курсы. На рынке представлен более чем достаточный выбор таких курсов и программ. Некоторые из них предложены в офлайн формате, некоторые используют онлайн формат (здесь стоит уточнить, что для выбора такого формата уже необходимы некоторые знания в ИТ).

При таком изобилии ресурсов возникает сложность в построении траектории изучения разделов ИТ. Так как последовательность, в которой будут изучаться цифровые компетенции. На определение последовательности изучения влияет несколько факторов: начальный уровень обучающегося и приоритеты обучения [3].

В статье будем рассматривать необходимость развития цифровых компетенция для современного преподавателя и использовать методику формирования индивидуальной модели формирования цифровой компетентности [4]. Модель представляет собой взвешенный мультиграф. Вершинами этого графа являются индикаторы цифровой компетентности; вес дуги означает время обучения для достижения соответствующего индикатора. Модель позволяет применять алгоритмы построения кратчайших маршрутов на графах, с учетом минимизации длины [4].

Целью данного исследования является разработка программного модуля для построения индивидуального маршрута обучения, который строит траекторию обучения с минимальными затратами трудоемкости на изучение материала.

Для решения задачи было решено использовать алгоритмы задачи транспортной маршрутизации, которая адаптирована для решения задачи моделирования индивидуальной траектории обучения.

Содержательная постановка задачи маршрутизации заключается в следующем: для  $n$ -го числа цифровых компетенций определяются последовательность их изучения, т. е. маршрут, следуя которому компетенции осваиваются в кратчайшие сроки. Такой вид задачи вызывает большой интерес из-за своей востребованности и практической значимости при значительной сложности получения решения.

Получение решения для задачи маршрутизации можно разделить на несколько этапов:

1. Проведение аналитического обзора существующих методов решения и выявление самых подходящих с точки зрения быстроты и качества нахождения решения;

2. Модификация и адаптация алгоритма построения кратчайшего маршрута для решения задачи моделирования траектории обучения;

3. Проектирование и реализация программного модуля;

4. Апробация результатов.

В качестве способа решения было решено использовать алгоритм ближайшего соседа. Основная идея алгоритма: пункты обхода плана последовательно включаются в маршрут, причем каждый очередной включаемый пункт должен быть ближайшим к последнему выбранному пункту среди всех остальных, еще не включенных в состав маршрута.

На основе алгоритма ближайшего соседа, был спроектирован и разработан программный модуль, который строит индивидуальную траекторию обучения цифровым компетенциям.

Для расчета необходимо построить матрицу, в которую вписываются часы необходимые для усвоения компетенций, например представленные в таблице 1. Например, если изучать раздел «Я. Таблицы» после освоения «Excel»,

то требуется меньше времени на изучение, чем в обратной последовательности, т.к. прикладная программа «Excel» имеет более расширенный функционал, включающий основные функции «Я: Таблицы».

Таблица 1

Матрица зачетных единиц трудоемкости (ЗЕТ) обучения различных разделов с учетом последовательности изучения

	Word	Excel	Power Point	Мои Документы. Текст	Мои Документы. Таблицы	Я. Текстовые Документы	Я. Таблицы	Я. Презентации
Word	0	20	15	5	8	5	8	8
Excel	20	0	15	10	4	6	4	6
Power Point	15	15	0	12	10	12	10	4
Мои Документы. Текст	20	10	12	0	6	4	8	8
Мои Документы. Таблицы	8	20	10	6	0	8	4	8
Я. Текстовые Документы	18	6	12	4	8	0	6	6
Я. Таблицы	8	18	10	8	4	6	0	6
Я. Презентации	8	6	4	8	8	6	6	0

Результатом работы программного модуля является следующий образовательный маршрут, состоящий из последовательности изучения разделов:

Word – Мои Документы. Текст – Я. Текстовые Документы – Excel – Мои Документы. Таблицы – Я. Таблицы – Я. Презентации – Power Point (продолжительность обучения 33 часа).

Если же поменять два первых пункта местами, то общая продолжительность обучения увеличится до 49 часов.

Такой маршрут позволит обучаться последовательно, изучив в начале углубленно работу в программе, а затем расширив свои знание в работе с программным обеспечением другого производителя. Таким образом, модификация

и применение алгоритмов маршрутизации позволяет использовать их для эффективного решения задач в области образования.

### ***Благодарность***

*Статья выполнена по государственному заданию Министерства просвещения №073-03-2022-009/3 от 11 апреля 2022 г. на выполнение научно-исследовательских работ (далее – НИР) по теме «Исследование и разработка методических рекомендаций по применению современных цифровых и интернет технологий на примере сельских и малокомплектных школ в части обеспечения качественного образовательного процесса» (г.Уфа).*

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Хлебников А. А. Информационные технологии : учебник. М.: КНОРУС, 2016. С. 466.
2. Уваров А.Ю., Фрумин И. Д. Российское образование: достижения, вызовы, перспективы: монография : Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 2019. С 14.
4. Филиппова, А.С., Саранова, Е. С. Анализ системы управления процессом достижения IT-компетенций в процессе обучения Сборник тезисов Международной конференции по передовым технологиям обучения EdCrunch : Издательство Томского государственного университета, 2020. С. 85-88.
4. А. С. Филиппова, Л. И. Васильева, Е. С. Саранова.. Методика формирования оптимального маршрута достижения цифровой компетентности современного учителя // Педагогический журнал Башкортостана. 2022. № 2 (96). С. 109 -123.

УДК 004

М. З. МУЛЛАНУРОВ  
*mullanurov.marat@mail.ru*

Науч. руковод. – д-р техн. наук, проф. Г. Р. ВОРОБЬЕВА

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ АУТЕНТИФИКАЦИИ В ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯХ**

**Аннотация.** В данной статье представлен сравнительный анализ распространенных методов аутентификации в веб-приложениях: базовой аутентификации, аутентификации с помощью сессий и аутентификации с помощью JWT, рассмотрены их преимущества и недостатки.

**Ключевые слова:** аутентификация; авторизация; сессии; JWT; веб-технологии, веб-безопасность.

### ***Введение***

В современном интернете трудно представить серьезный сайт, который бы не реализовывал механизмов аутентификации и авторизации запросов пользователей, которых за все время существования всемирной паутины было придумано большое множество, со своими преимуществами и недостатками. Поэтому проблема выбора подходящего метода аутентификации под конкретный проект является актуальной.

Существует путаница между понятиями идентификация, аутентификация и авторизация. Этими понятиями обозначают разные процессы, хотя они чаще всего происходят вместе и выполняют одну задачу – определяют, кто может получить доступ к определенным информационным ресурсам:

1. Идентификация – определение того, какой пользователь делает запрос, для этого он вводит, например, свой логин или email;
2. Аутентификация – проверка подлинности пользователя, для этого он вводит, например, свой пароль;
3. Авторизация – предоставление пользователю прав на определенные ресурсы.

Так как эти понятия тесно связаны, в данной статье будет использоваться в основном только слово аутентификация.

Рассмотрим распространенные методы аутентификации:

### *Базовая аутентификация*

При базовой аутентификации пользователь отправляет свой логин и пароль, закодированные с помощью base64, в заголовке HTTP-запроса Authorization, сервер проверяет подлинность пользователя и предоставляет ему права на ресурс [1].

Схема базовой аутентификации представлена на рисунке (рис. 1).

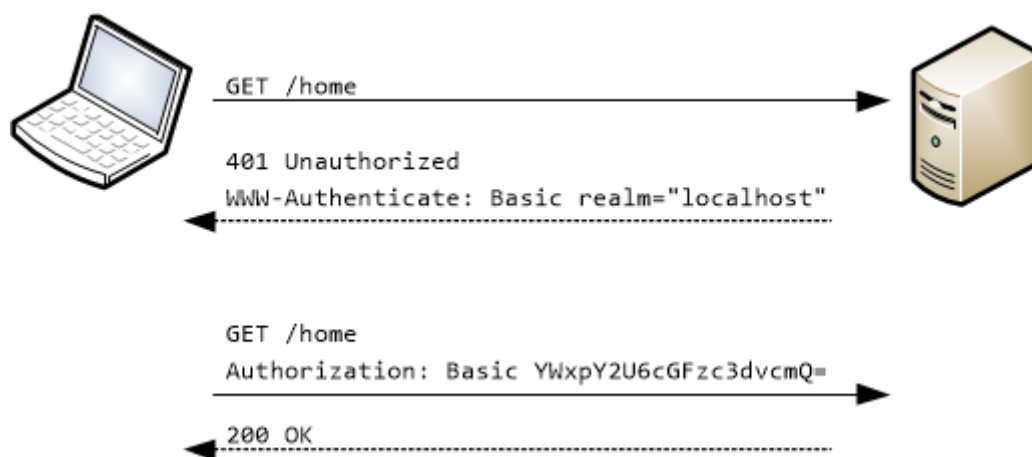


Рис. 1. Схема базовой аутентификации

Эта схема просто реализуется, так как не требует пересылки и получения дополнительной информации, вроде cookie, идентификаторов сессии, токенов и т.д. Также, так как это был один из первых видов аутентификации, его поддержка имеется практически во всех браузерах.

Однако у этой схемы имеется существенный недостаток – любой злоумышленник, если он сможет перехватить HTTP-запрос, сможет узнать учетные данные пользователя и выполнять запросы от его имени, что ограничивает применение данного вида аутентификации.

Данный метод можно применять, например, для прототипов веб-приложений, когда еще не реализован более безопасный способ аутентификации, однако крайне не рекомендуется применять его для серьезных проектов.

### *Аутентификация с помощью сессий*

Для того, чтобы не отправлять при каждом запросе логин и пароль, были



описаны методы, которые отправляют пользователю какие-либо зашифрованные данные, которые пользователь должен будет отправлять на сервер при каждом запросе, а сервер будет проверять каким-либо образом, выдавал ли он эти данные, либо нет. Одним из таких методов являются сессии.

Аутентификация с помощью сессий работает следующим образом [2]:

1. Пользователь вводит логин и пароль и отправляет их на сервер;
2. Сервер проверяет подлинность введенных данных и создает сессию – запись в базе данных, и отправляет клиенту идентификатор сессии;
3. Клиент сохраняет у себя идентификатор сессии, обычно, в cookies;
4. При каждом последующем запросе клиент будет отправлять идентификатор сессии, который будет проверяться на сервере (будет ищется соответствующая запись в базе данных);
5. При разлогинивании, истечении времени жизни сессии или удалении сессии из базы вручную, пользователю придется снова вводить логин и пароль.

Схема базовой аутентификации по сессиям представлена на рисунке (рис. 2) [2].

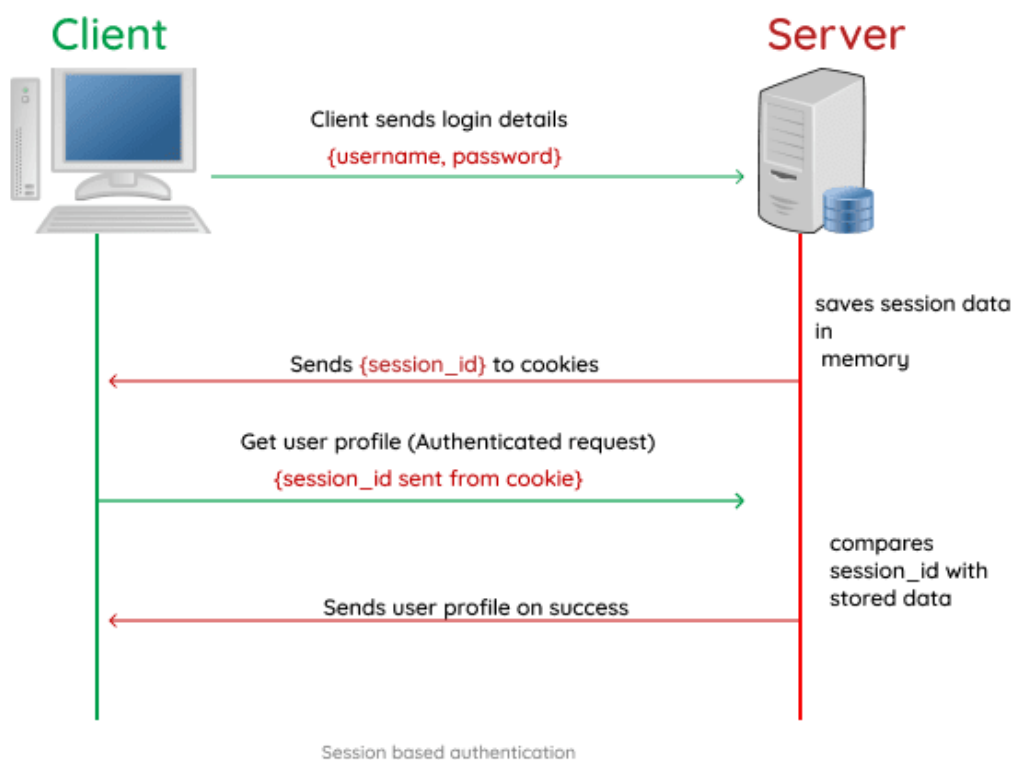


Рис. 2. Аутентификации по сессиям

Этот метод относительно просто реализуется, его поддерживает большинство современных фреймворков, он предоставляет довольно хороший уровень безопасности.

В случае кражи сессии, злоумышленник получает доступ к аккаунту пользователя, однако пользователю достаточно заново ввести логин и пароль, чтобы сессия стерлась из базы данных на сервере, и злоумышленник потеряет доступ.

Недостатком является хранение сессий в базе данных, что уменьшает производительность веб-сервера, из-за того, что при каждом запросе происходит обращение к базе данных, из-за чего она может стать «бутылочным горлышком» всей системы [3]. Кроме того, использование cookies может вести к уязвимостям к таким атакам, как CSRF и XSS.

Этот метод является более безопасным, чем базовая аутентификация и может использоваться в серьезных проектах, однако в очень крупных проектах с огромным количеством пользователей и запросов в секунду, использование базы данных для хранения сессий может стать узким местом системы.

#### *Аутентификация с помощью JWT*

Для того, чтобы решить главную проблему сессий – хранение данных для аутентификации на сервере – были придуманы JWT-токены, хранящие информацию о клиенте и подписанные секретным ключом сервера.

JWT (JSON Web Token) – компактный и безопасный способ передачи информации между двумя сторонами, использующий для представления данных формат JSON. Стандарт JWT представлен в RFC 7519 [4].

JWT состоит из трех частей, представляющих собой строки, закодированные в формате base64 и разделенные точкой:

– Заголовок (header) – данные в формате JSON, которые описывают тип токена и алгоритм шифрования;

– Полезная нагрузка (payload) – содержит данные, передающиеся между двумя устройствами. Представляет собой данные в формате JSON, в котором указаны параметры со своими значениями (claims);

– Подпись (signature) – содержит подпись, зашифрованную секретным ключом выдавшего токен.

На рисунке 3 [3] приведен пример JWT.



Рис. 3. Пример JWT

В приведенном выше примере в заголовке указан алгоритм шифрования (HS256) и тип токена (JWT).

В полезной нагрузке указаны данные для передачи между устройствами: `sub` – тема, `name` – имя и `iat` – время, когда токен станет невалидным.

Подписью является заголовок и полезная нагрузка, разделенные точкой и закодированные в base64, зашифрованные с использованием алгоритма, указанного в заголовке и секретного ключа выдавшего токен.

Подпись позволяет защитить токен от подделки – если злоумышленник подменит какие-либо данные в заголовке или полезной нагрузке, подпись, вычисленная у получателя токена и подпись, записанная в токене, не совпадут.

Подделать токен злоумышленник сможет, только если узнает секретный ключ выдавшего токен.

Аутентификация с использованием JWT-токенов в веб-приложении выполняется следующим образом:

1. Пользователь отправляет логин и пароль на сервер;
2. Сервер проверяет подлинность пользователя и выдает два токена – access token с коротким временем жизни и refresh token с длинным;
3. Пользователь сохраняет у себя токены и при последующих запросах указывает access token в заголовке Authorization;
4. При истечении срока жизни токена доступа пользователь отправляет на сервер refresh token и получает новую пару токенов.

Таким образом на сервере не требуется хранить никаких токенов – он должен просто выписывать и проверять их, а храниться они будут у клиента. Таким образом уменьшается нагрузка на базу данных. Использование JWT позволяет выделить отдельный сервер для аутентификации, выписывающий токен, а другие серверы будут только проверять его, что упрощает построение архитектуры с микросервисами. Еще одним преимуществом является возможность аутентификации с помощью других программ, кроме веб-браузера, например, мобильных приложений, так как им достаточно отсылать токен вместе с HTTP-запросом в заголовке Authorization.

Однако у данного подхода имеются и недостатки. Основной из них – все еще сохраняется возможность кражи токена, благодаря которому злоумышленник сможет получить доступ к аккаунту пользователя. Наибольшую опасность представляет кража refresh token, так как срок его жизни зачастую исчисляется месяцами, тогда как у access token срок жизни обычно не превышает 10 минут.

Для того, чтобы предотвратить доступ злоумышленника после кражи refresh token, применяется подход, когда на сервере аутентификации действующие refresh token хранятся в базе данных. После выдачи нового, либо когда пользователь выходит из системы, старый стирается из базы данных. Благодаря

этому пользователь может прекратить доступ злоумышленника к аккаунту, заново введя логин и пароль. Такой подход не приводит к замедлению системы из-за частых обращений к базе данных, так как refresh token выдается после истечения срока жизни access token, который составляет обычно несколько минут.

Таким образом, благодаря масштабируемости, аутентификацию с помощью JWT можно применять для проектов любой сложности, однако нужно продумать систему безопасности, чтобы предотвратить кражу токенов или секретного ключа сервера.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. HTTP аутентификация - HTTP | MDN [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://developer.mozilla.org/ru/docs/Web/HTTP/Authentication>
2. What really is the difference between session and token based authentication - DEV Community [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://dev.to/thecodearcher/what-really-is-the-difference-between-session-and-token-based-authentication-2o39>
3. Как устроен токен и что можно решить с JWT-авторизацией [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://highload.today/blogs/jwt-avtorizatsiya/>
4. RFC 7519: JSON Web Token (JWT) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc7519>

Э. Р. МУНАСЫПОВ

*emil49@yandex.ru*

Науч. руковод. – канд. физ.-мат. наук, доц. Р. П. АБДРАХМАНОВА

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ РЕДАКТИРОВАНИЯ КОНФИГУРАЦИОННЫХ ФАЙЛОВ**

*Аннотация.* В данной статье рассматривается приложение, предназначенное для просмотра и редактирования конфигурационных INI-файлов, поддерживающее описание основного INI-файла с помощью другого INI-файла специального вида (мета-описания).

*Ключевые слова:* файлы настроек, конфигурационные файлы, редактор, прайм.

### ***Введение***

На данный момент существует множество задач, связанных с хранением и переопределением настроек. В процессе своей работы, в разных родах программ пользователь выполняет различные настройки в системе. К примеру, создает варианты формирования отчетов, вводит какие-либо данные в формы и т.п., Кроме этого, в конкретном прикладном решении могут существовать собственные настройки, определяемые логикой работы этого решения, которые делают работу пользователя более удобной. Эти настройки сохраняются утилитой в собственных системных файлах, которые имеют общие назначения, но чаще всего отличаются лишь форматом хранения.

*Актуальность.* Из вышеизложенного следует актуальность темы. Данное приложение позволяет в удобном виде комплектовать настройками программы для рабочих подразделений организации, в которых эти настройки могут иметь разные параметры. Большая часть настроек одинакова, но достаточно много специфических.

*Целью* данной работы является разработка приложения для удобной работы с конфигурационными файлами, дабы упростить комплектацию программного обеспечения и обеспечить надежность изменяемых конфигураций, исключив человеческий фактор, насколько это возможно.

Данная система управления конфигурационными файлами изначально предназначалась для программного обеспечения обработки, анализа и хранения геолого-геофизических данных «Прайм» за авторством «НПЦ Геотек», для которого существует рабочий модуль «Мигратор» с большим количеством настроек. Данный модуль отвечает за формирование и передачу WS файлов. Под семейством операций «передача WS (work-space)» здесь подразумеваются операции, реализованные в модуле «Migrator». Поддерживается несколько операций, каждая из которых состоит из нескольких шагов (этапов) и требует многих настроек. При этом, есть специфика для рабочих подразделений организации, в которых эти операции могут иметь разные параметры. Как и говорилось ранее, большая часть настроек одинакова, но достаточно много специфических.

Изначально настройка и комплектация настройками систем «Прайм» производилась исключительно вручную, путем редактирования конфигурационных файлов разных форматов, однако суть заключалась всегда в одном. Разработчику приходилось вручную менять эти файлы путем прописывания в них специальных настроек, конфигураций и т.п., что часто приводило к ошибкам, неточностям или иным последствиям.

Это привело к идее вынести общую часть в один INI, а специфические оставить в специальных set-папках системы «Прайм».

Настройки каждой отдельной операции хранятся в двух INI-файлах:

1. Индивидуальные настройки в файле “<set>/migrator.ini”,
2. Общие настройки в “config/Migrator/set-migrator.ini”,

Во время работы содержимое этих двух файлов объединяется в один общий файл настроек, который виден активной операции как единое целое. Приоритет для одноименных параметров имеет файл с меньшим номером.

Так для ранее упомянутых конфигурационных файлов имеется привязка к файлу мета-описания (прим. set-migrator.ini.def), который имелся в единственном экземпляре и содержал в себе описания параметров секций, умолчаний, значений, типов значений, коротких и длинных описателей, также поддерживая

формат работы с датой. Это было сделано по причине того, что параметры, общие для нескольких операций, хранятся в секциях с произвольными названиями, для чего и нужно иметь единое мета-описание, при котором, изменяя описание одного параметра, все подобные в индивидуальных секциях имели ровно такое же значение.

Прототип интерфейса программы представлял собой набор небольших инструментов, позволяющий на момент начала прототипирования считывать конфигурационные файлы, а также вносить небольшие несложные изменения по типу редактирования файла с секциями и с параметрами. А также имелась функция сохранения и загрузки конфигурационных файлов, и перевод приложения в «режим чтения», запрещающая вносить какие-либо изменения пользователем.

Прототип модуля изначально выглядел как на рисунке 1:

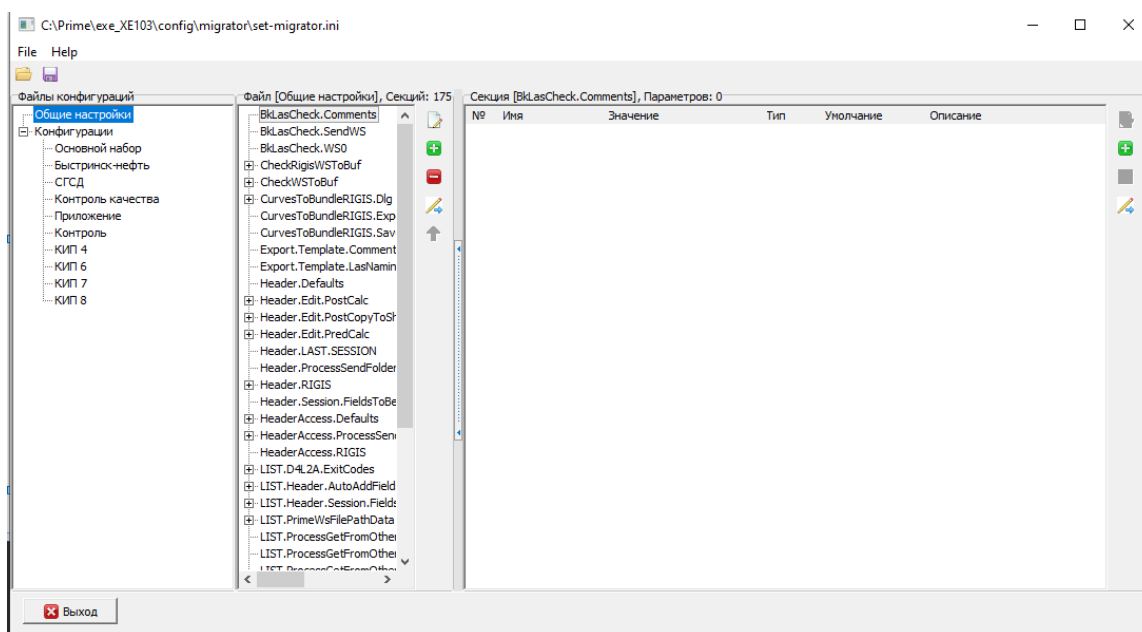


Рис. 1. Прототип приложения для редактирования конфигурационных файлов

Интерфейс был разработан на языке Delphi с использованием внутренних библиотек компании и коммерческих вариантов (прим. Raize Software).

Первым шагом в доработке приложения следовала реализация некоторых его возможностей, а именно:

1. Добавить кнопочный интерфейс для работы с файлами профилей.



В данном случае имелись проблемы:

- При отсутствии профиля не было возможности добавить новый,
- Не были доступны кнопки добавления секций: (расписать подробнее)

ранее исправлялось путем возможности создания секции без описания файла конфигурации.

## 2. Добавить возможность создания новых профилей.

Изначально создать профиль непосредственно из приложения не имелось возможности. Ранее профили создавались вручную, путем создания текстового файла и изменения расширения на «\*.ini» и дальнейшее его редактирования силами разработчика. При добавлении нового профиля в дереве слева моментально должны быть отображены изменения. Стоило учитывать, что профиль имел связку в этом файле и реальный файл в каком-либо рабочем каталоге.

## 3. Добавить Unit-тестирование корректности отработки классов.

Для устранения каких-либо неточностей в логике работы модуля было принято решение написать при помощи встроенных средств систему тестирования, которая обрабатывала каждую реализацию имеющихся классов, дабы удостовериться в правильности работы логики кода.

## 4. Добавить индикацию изменения параметров.

Во время написания приложения, появилась необходимость отслеживать все изменения что вносились во время работы приложения. Разработчик не мог запомнить все те операции что он совершил при работе и для того, чтобы отслеживать конкретные изменения, были добавлены небольшие маркеры возле каждой измененной сущности, которые бы отображали конкретно какая операция была проведена с той или иной сущностью.

Принцип маркирования заключался в следующем (рисунок 2):

- Неизменных параметров – без пометок;
- Добавленных – зеленая метка;
- Отредактированных значений и переименований – желтая метка;

– Отредактированных метаданных (без изменения значения или имени) – синяя метка.

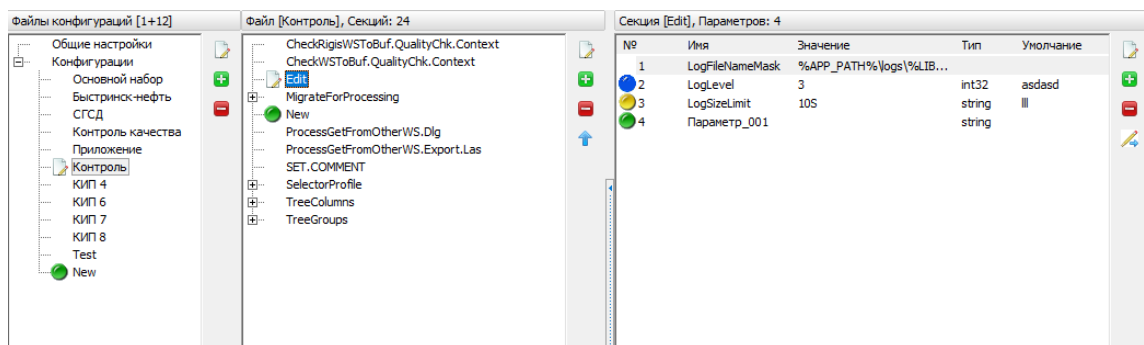


Рис. 2. Индикация изменений

5. Добавить окна поиска параметров по именам и значениям, с возможностью замены.

Важная составляющая, которая обязательно должна присутствовать в программе с кучей секцией и параметров, это поиск. Не особо задумываясь над дизайном окна, было принято решение сделать окно поиска основываясь на аналогичном окне из другого ПО «Notepad++», получив прототип окна (рисунок 3):

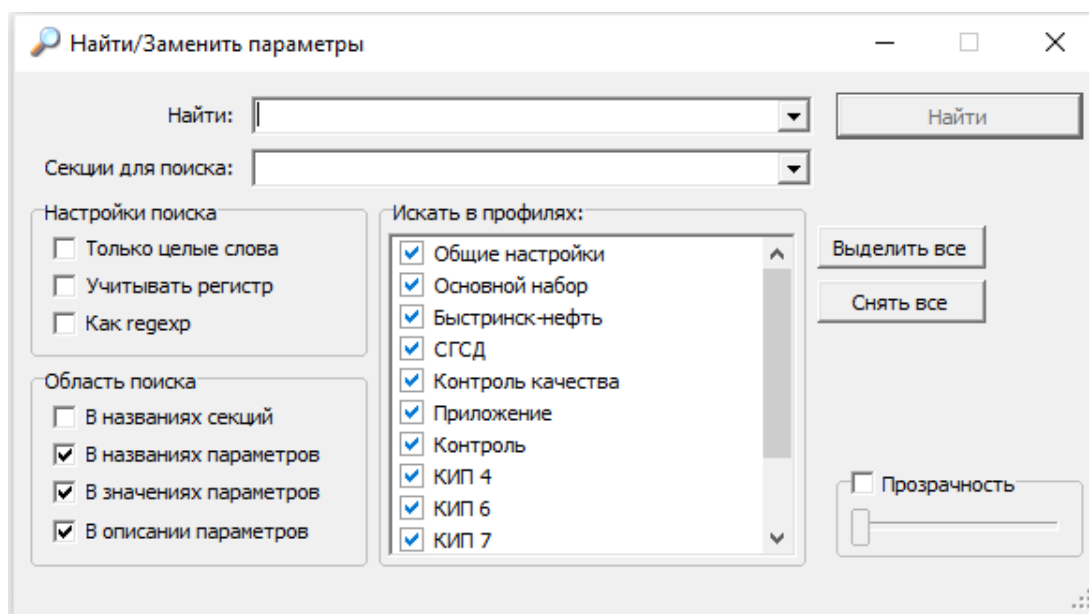


Рис. 3. Форма "Найти/Заменить"

Как видно, на форме имеются следующие критерии поиска:

– Искомый текст;

- Отметки для поиска текста: «Учет регистра», «Слово целиком», «Регулярное выражение»;
- Области поиска (отмечаются конфигурации, в которых искать);
- Секции для поиска (перечисляются списком масок для имен).

Результаты отображаются в отдельном окне, что встраивается в нижнюю часть приложения. Результат представляется в виде дерева, с возможностью выбора замены секции или параметра (рисунок 4).

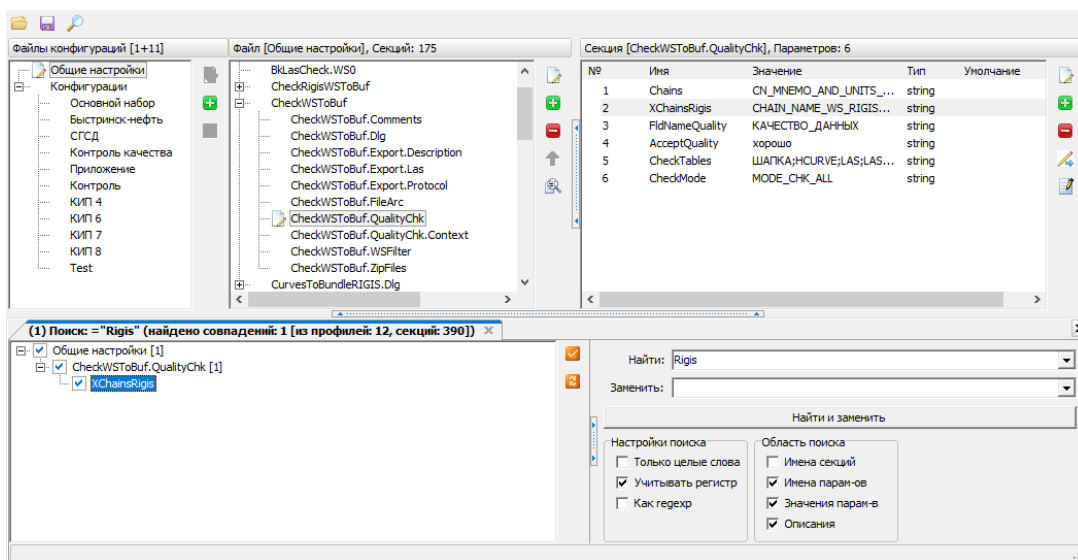


Рис. 4.- Результаты поиска

Пример замены можно наблюдать на рисунках 5 и 6:

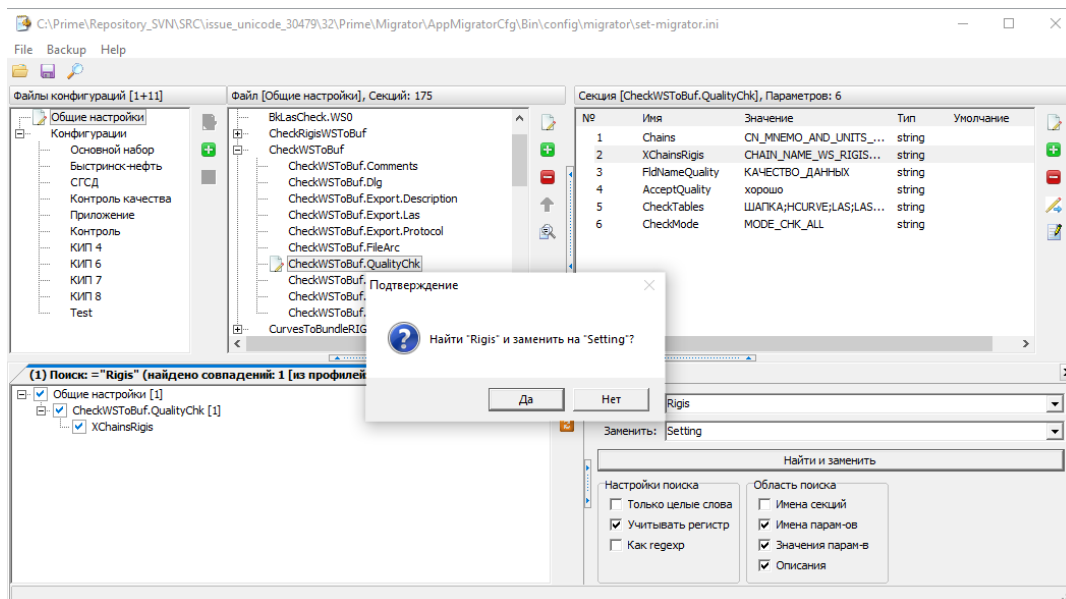


Рис. 5. Получаем подтверждения применения операции

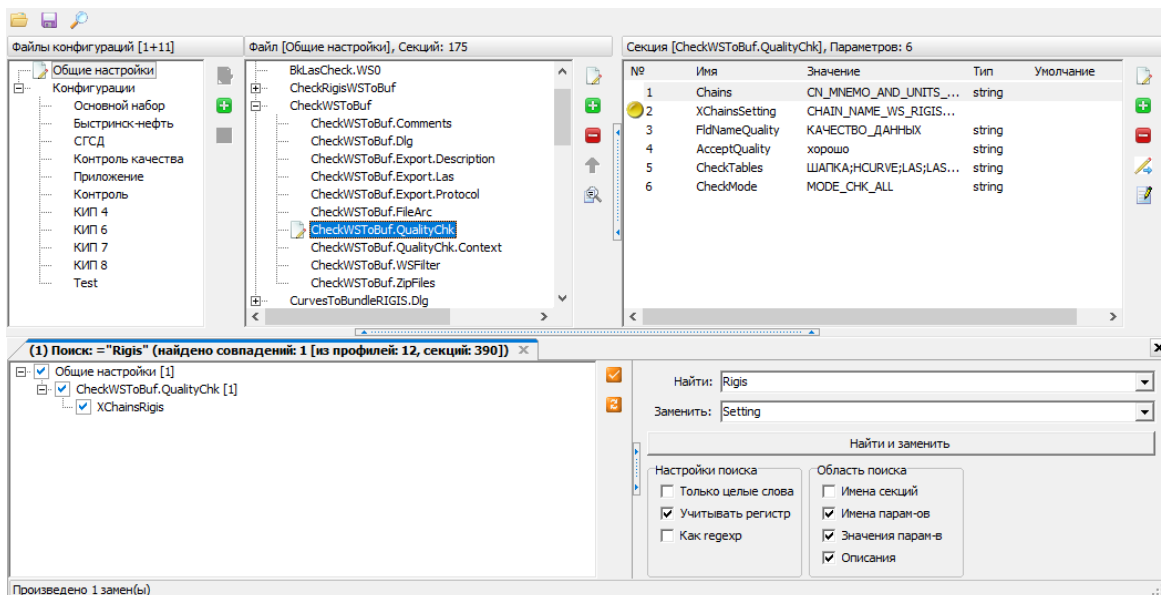


Рис. 6. Результат замены

Как видим, по ранее реализованным флажкам, что в выбранной секции был переименован параметр, имеющий в своем слове подстроку «Rigis», которая была заменена на Settings.

б. Доработка и добавление нового диалога редактирования параметров.

Ранее диалог редактирования параметров выглядел крайне неудобно, имел очень скудные возможности для дальнейшего расширения, а также неудобную систему редактирования параметров (рисунке 7):

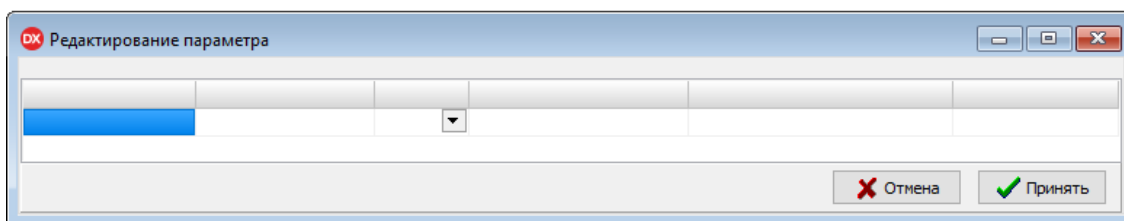


Рис. 7. Старая форма редактирования параметров

По сути изменения больше косметические, однако было добавлено отображение полного описания параметра, что намного удобнее, ибо на старой форме такой возможности не имелось. Конечная форма изображена на рисунке 8:

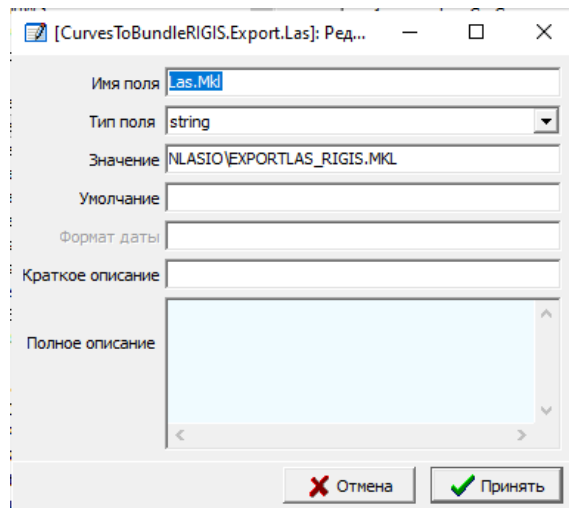


Рис. 8. Обновленная форма редактирования параметров

7. Добавить массовую операцию с конфигурациями по распределению параметров по секциям;

Требовалась реализация массовых операций с конфигурациями по распределению параметров. Было решено дать пользователю возможность выбрать те секции, с которыми необходимо провести некоторые действия (рисунок 9):

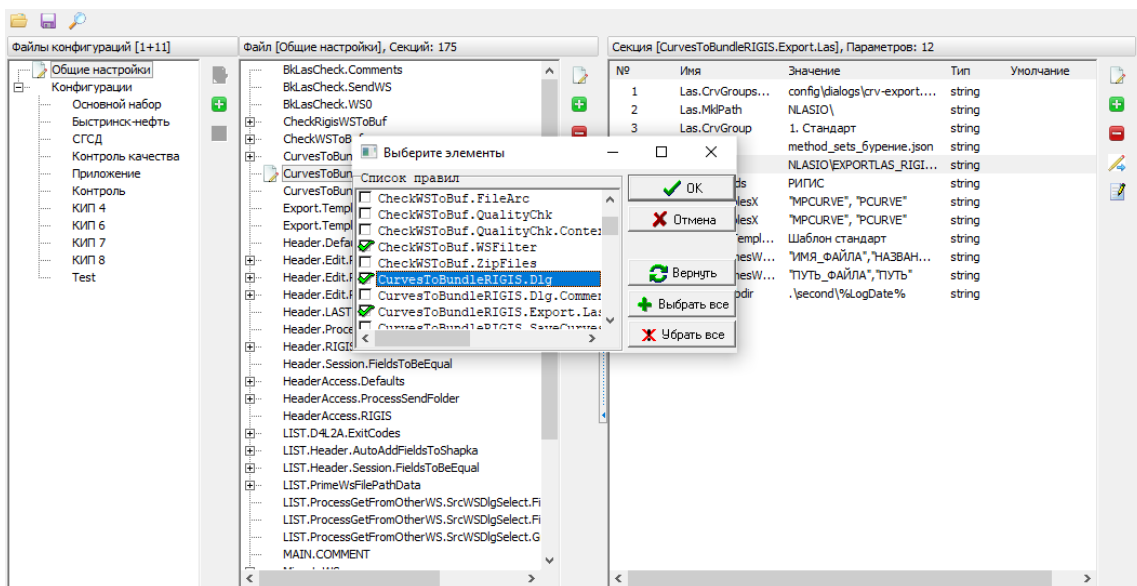


Рис. 9. Выбор элементов для массовой операции

Пользователь выбирал определенные секции/параметры, которые после отображались в специальном окне снизу, и предлагалось выбрать «действия», которые нужно совершить с ним. Разброс действий был невелик, но их было достаточно для выполнения требуемых задач.

Действия заключались в следующем:

- Перенести в общую;
- Вынести из общей;
- Не менять.

Для каждой выбранной секции/параметра действие назначалось индивидуально, однако, если никакого действия установлено не было, в таком случае обработка выбранной секции/параметра пропускалась.

Небольшая демонстрация работы функционала предоставлена на рисунках 10 и 11:

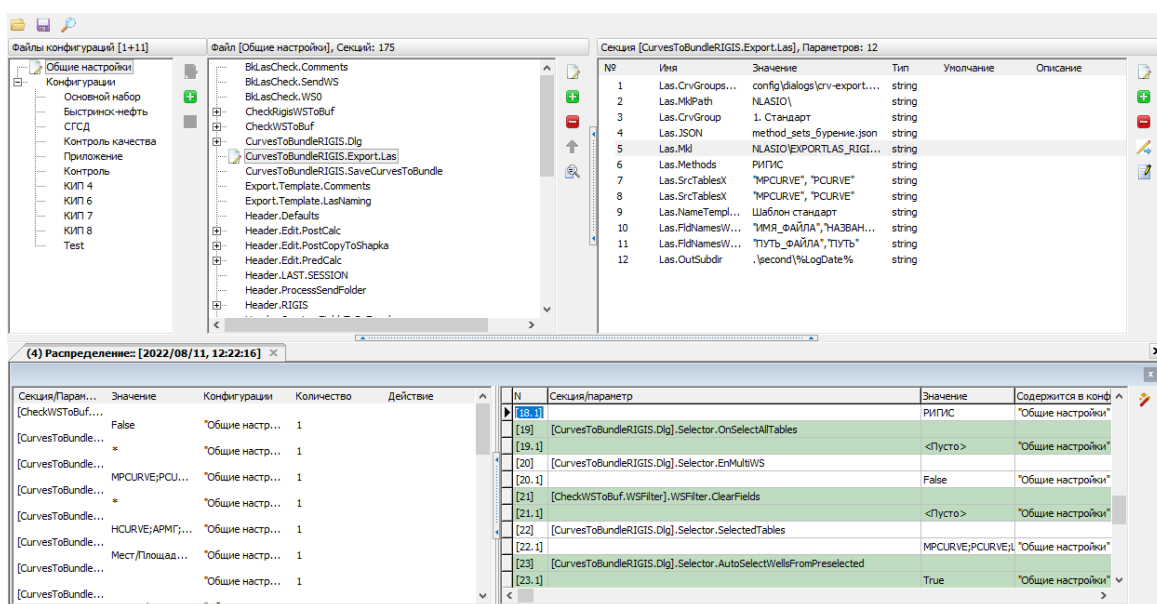


Рис. 10. Отображение результатов выбора для массовой операции

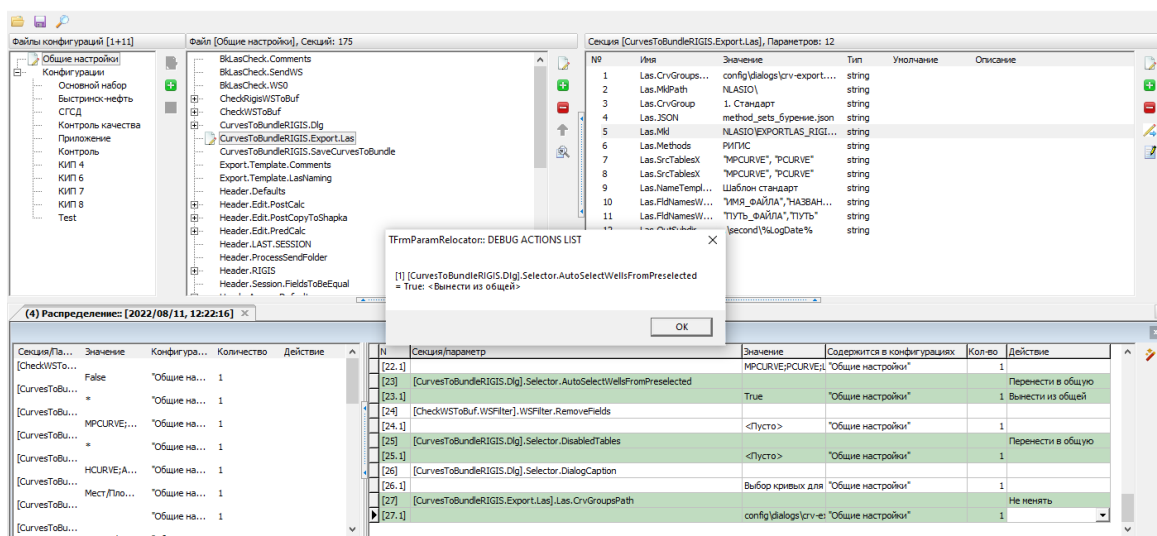


Рис. 11. Применения некоторых действий к выбранным сущностям

## 8. Добавить журналирование изменений при сохранении INI-файлов;

Реализована возможность логирования действий разработчика. В журнале отображаются все внесенные коррективы и изменения, вплоть до удаления и добавления новых сущностей или значений (рисунке 12).

Важной особенностью является то, что данное описание создается всегда при любом изменении и сохраняется в специальной папке <Log/ConfigEditor/..> в котором можно отследить те или иные изменения. Файлы сохраняются под маской (год)-(месяц)-(день)--(часы)-(минуты)-(секунды), что позволяет понять в какой момент этот файл был сгенерирован.

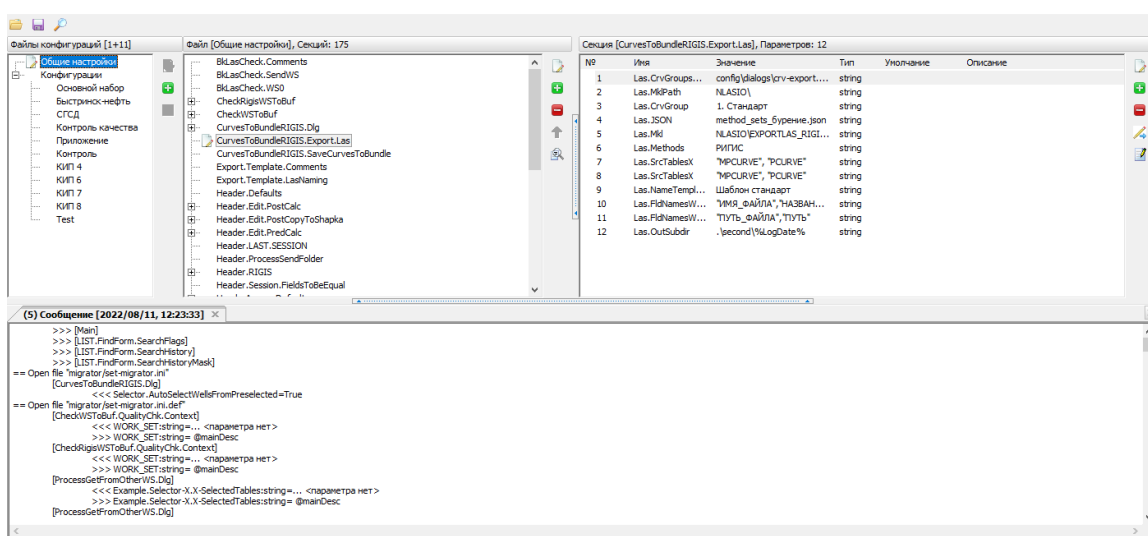


Рис. 12. Логирование изменений

## 9. Добавить функционал для создания и восстановления резервных копий профилей редактируемой конфигурации модуля.

Со временем появилась идея добавить функцию резервного сохранения целостной конфигурации (рисунок 13).

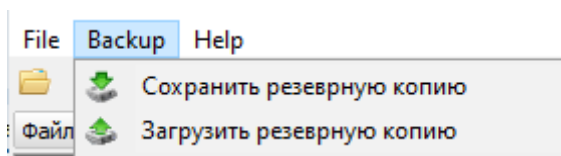


Рис. 13. Выпадающее окно с функциями резервного копирования

Данная функция работает достаточно просто. Она делает «снимок» всей конфигурации, создавая папку с резервной копией, где, в свою очередь, созда-

ется папка с файлом, которая имеет название текущей даты на компьютере (рисунок 14).

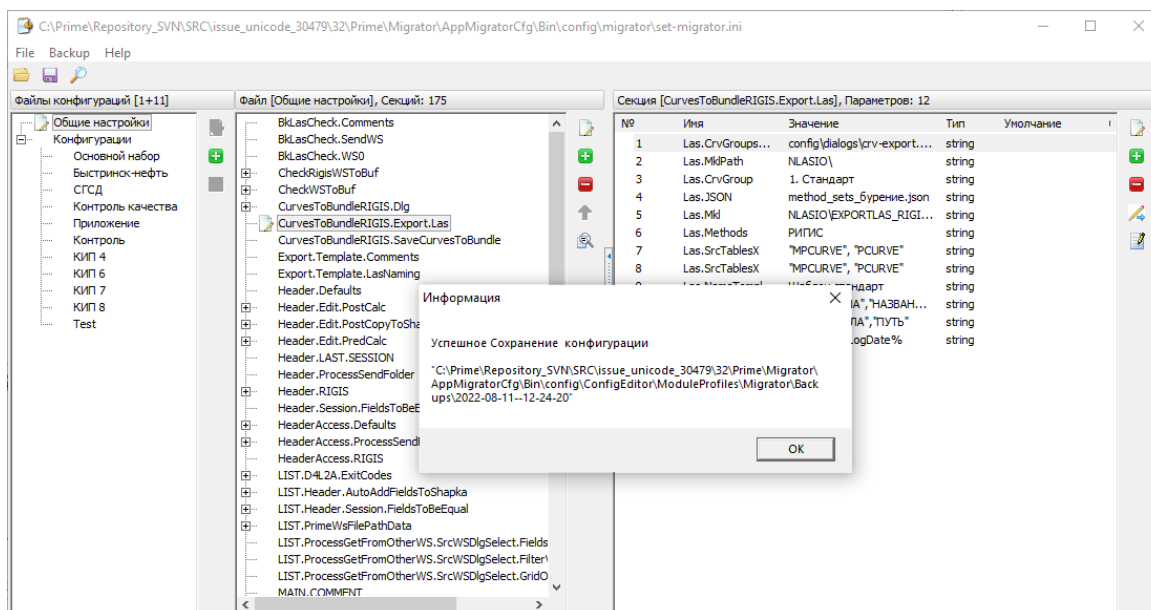


Рис. 14. Успешное резервное копирование

При выборе кнопки «Загрузить резервную копию», если таковые имеются, выскочит окно, которое отобразит все ранее созданные резервные копии для данного модуля. Можно выбрать нужный бэкап и вернуть содержимое приложения к тому состоянию, в котором был сделан данный бэкап (рисунок 15).

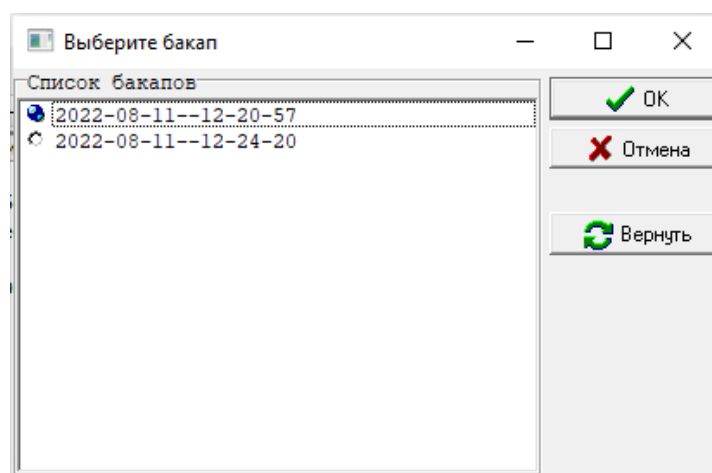


Рис. 15. Окно выбора резервной копии

После выбора нужной резервной копии, нужно получить подтверждение на восстановление (рисунок 16), после чего отобразится лог сообщений, в котором можно отследить, все ли конфигурации были успешно восстановлены, что



также касается того, были ли конфигурации успешно сохранены в качестве резервной копии (рисунок 17).

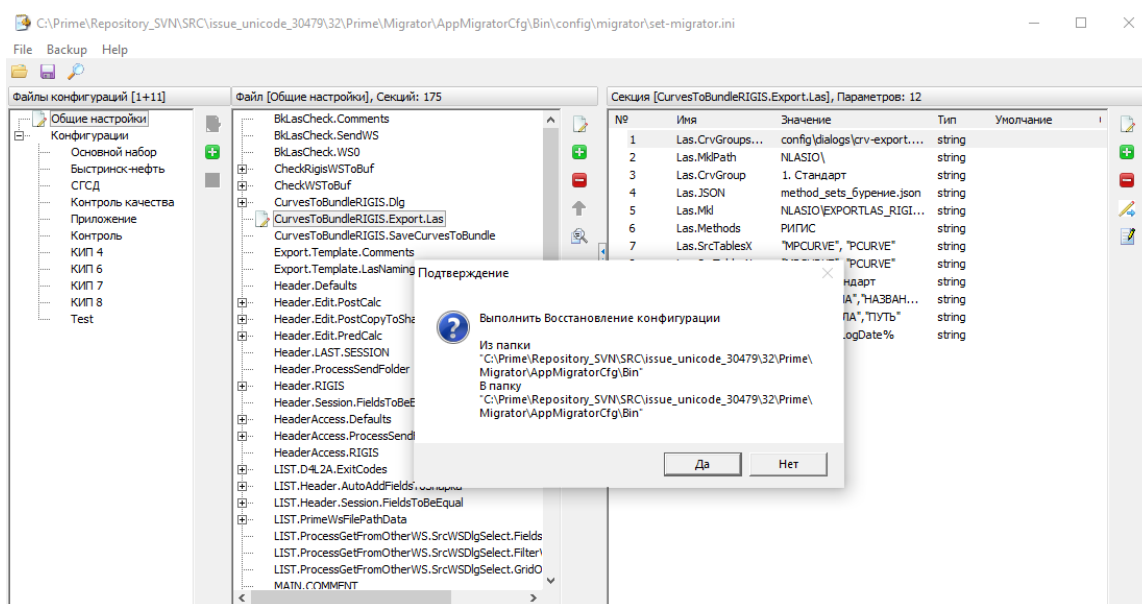


Рис. 16. Получение подтверждения

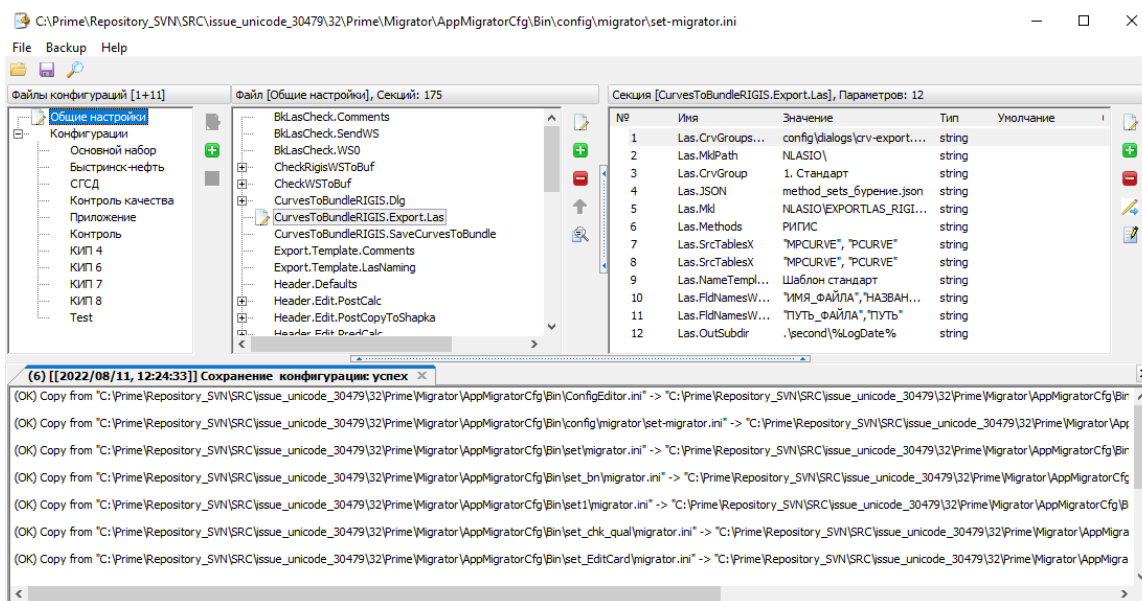


Рис. 17. Лог сообщений о ходе резервного копирования

Также немаловажно то, что не все пользователи своевременно делают резервные копии, так была встроена функция «автосохранения» копий каждые 10 минут. Интервал можно задать в настройках в специальном файле.

Вторым шагом развития ПО является расширение возможностей самого приложения, к примеру, добавление функционала для работы с разными моду-

лями. Модуль можно использовать для работы не только с узким кругом конфигурационных файлов, предназначенных для конкретного модуля программы, а также иметь возможность поддержки расширенного круга модулей программы и не только. Этот шаг находится лишь на стадии проектирования.

Конечный и актуальный вариант приложения на данный момент выглядит следующим образом (рисунок 18).

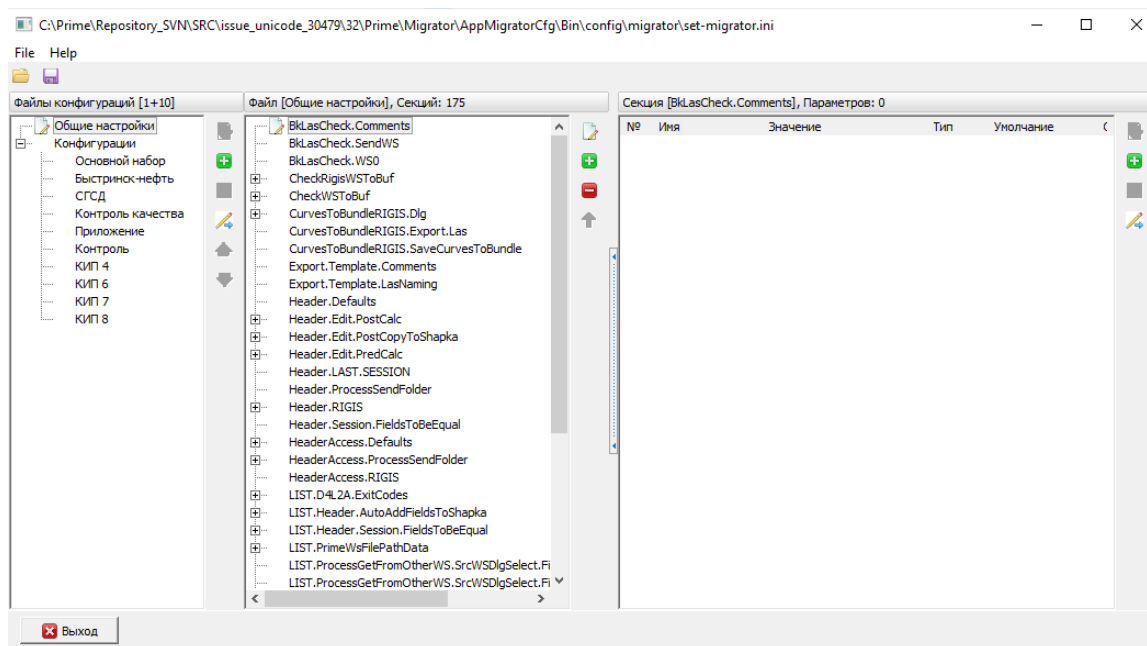


Рис. 18. Конечный на данный момент интерфейс программы

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Delphi C/S 2. Русскоязычная документация; Borland Press - М., 2015. - 321 с.
2. Архангельский, А.Я. Программирование в Delphi 6; Бинوم - М., 2018. - 258 с.
3. Бобровский, С. Delphi 5 Учебный курс; СПб: Питер - М., 2017. - 640 с.
4. Бобровский, Сергей Delphi 7. Учебный курс; СПб: Питер - М., 2018. - 736 с.
5. Калверт, Ч. Базы данных в Delphi 4; Киев: ДиаСофт - М., 2013. - 464 с.
6. Понамарев, В. Базы данных в Delphi 7. Самоучитель; СПб: Питер - М., 2015. - 224 с.
7. Федоров, А. Delphi 2.0 для всех; Компьютер-пресс - М., 2013. - 464 с.

В. В. МУХАМЕТЗЯНОВ, Р. Р. ГАЙНЕТДИНОВ

vil\_20011@mail.ru, rtm\_bis@mail.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, проф. Н. М. ШЕРЫХАЛИНА

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ УРАВНЕНИЙ. СРАВНЕНИЕ СКОРОСТИ СХОДИМОСТИ

**Аннотация.** В данной работе были рассмотрены методы решения нелинейных уравнений такие как метод Ньютона и метод простых итераций, а также с помощью численного эксперимента проведено сравнение сходимости этих методов.

**Ключевые слова:** нелинейное уравнение, сходимость, метод простых итераций, непрерывность, производные, аппроксимация.

Пусть дано нелинейное уравнение

$$f(x) = 0 \quad (1)$$

корни которого необходимо найти, где  $f(x)$  – функция, определенная и непрерывная на некотором промежутке. В некоторых случаях на функцию могут быть наложены дополнительные ограничения, например, непрерывность первой и второй производных, что специально оговаривается. Функция может быть задана в виде алгебраического многочлена или трансцендентной функции (тогда ей соответствует алгебраическое или трансцендентное уравнение).

Рис. 1а иллюстрирует один из возможных случаев, характерных для данной задачи.

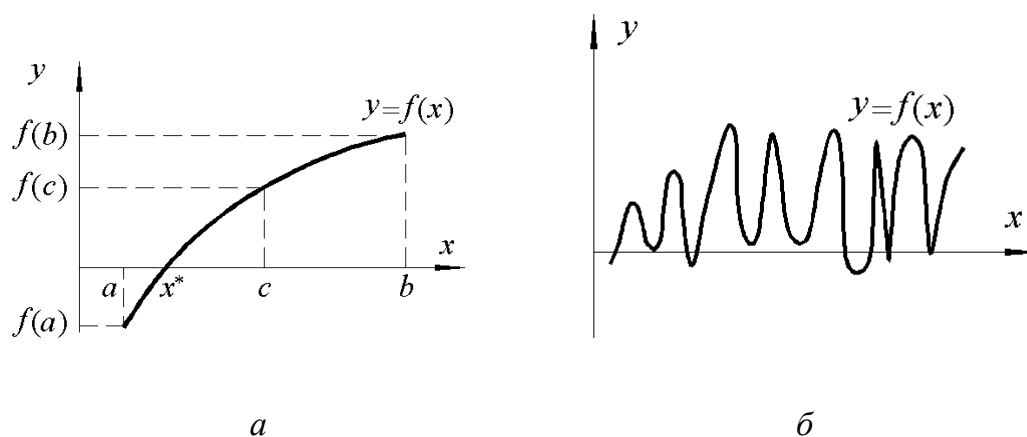


Рис. 1. Решение нелинейного уравнения

На рис. 1б показан сложный случай, когда уравнение имеет несколько решений. Этот пример объясняет тот факт, что данная задача в общем случае является алгоритмически неразрешимой. Однако, для решения практической задачи можно выявить интервалы, на которых функция  $f(x)$  меняет знак. В этом случае можно декомпозировать задачу на подзадачи, аналогичные той, которая рассмотрена на рис. 1а. Тогда задача сводится к уточнению значения корня уравнения на каждом интервале.

### ***Теорема***

Если на концах интервала  $[a, b]$  функция  $f(x)$  имеет разные знаки, то это значит, что в интервале  $[a, b]$  уравнение  $f(x)=0$  имеет хотя бы один корень.

### ***Метод Ньютона (метод касательных)***

Метод был впервые предложен английским физиком, математиком и астрономом Исааком Ньютоном, под именем которого и обрел свою известность. Впервые метод был опубликован в трактате Алгебра Джона Валлиса в 1685 году, по просьбе которого он был кратко описан самим Ньютоном.

Метод Ньютона основан на замене исходной функции  $f(x)$ , на каждом шаге поиска касательной, проведенной к этой функции. Пересечение касательной с осью  $X$  дает очередное приближение к корню.

$$x_{k+1} = x_k - \frac{f(x_k)}{f'(x_k)}$$

### ***Теорема о сходимости метода Ньютона***

Пусть корень уравнения  $f(x)=0$  отделен на отрезке  $[a; b]$  (функция  $f(x)$  непрерывна на  $[a;b]$  и на концах его принимает разные знаки), а производные  $f'(x)$  и  $f''(x)$  отличны от нуля и сохраняют постоянные знаки на  $[a;b]$ . Тогда, если

выбрать начальное приближение  $x_0 \in [a; b]$  так, чтобы  $f'(x_0) * f''(x_0) > 0$ , то последовательность приближений, определяемая формулой

$$x_{k+1} = x_k - \frac{f(x_k)}{f'(x_k)}$$

сходится.

### ***Проверка условий сходимости метода Ньютона***

Проверим условия сходимости метода Ньютона и выберем начальное приближение для уравнения  $\cos(x) - 3x + 1 = 0$ , корень которого отделен на отрезке  $[0; 1]$ .

Первая производная  $f'(x) = -\sin(x) - 3 < 0$  при любых значениях  $x$ . Вторая производная  $f''(x) = -\cos(x) < 0$  на отрезке  $[0; 1]$ . Следовательно, последовательность приближений по методу Ньютона будет сходящейся при выборе начального приближения так, чтобы  $f'(x_0) < 0$ . Это условие выполняется на правом конце отрезка:  $x_0 = 1$ .

### ***Оценка погрешности приближения для метода Ньютона***

Можно показать, что погрешность  $k$ -го приближения

$$|x_k - x^*| \leq \frac{M_2}{2m_1} (x_k - x_{k-1})$$

где  $m_1$  - наименьшее значение  $|f'(x)|$  при  $x \in [a; b]$ ;  $M_2$  - наибольшее значение  $|f''(x)|$  при  $x \in [a; b]$ .

Таким образом, если задана допустимая погрешность приближений к корню  $\epsilon$ , то процесс последовательных приближений можно прекратить при выполнении условия:

$$(x_k - x_{k-1}) \leq \sqrt{\frac{2m_1 \epsilon}{M_2}}$$

### ***Оценка погрешности приближений для метода Ньютона***

Существует и другой, универсальный способ оценки погрешности и соответствующее ему правило останова. Этот способ применим к любому методу уточнения корня, но требует дополнительного вычисления функции в точке очередного приближений:

$$\frac{|f(x_k)|}{m_1} \leq \epsilon$$

где  $m_1$  -наименьшее значение  $|f'(x)|$  при  $x \in [a; b]$

### ***Метод простых итераций***

Использование метода простой итерации для решения уравнения (1) связано с преобразованием его к равносильному уравнению вида

$$x = \varphi(x) \quad (2)$$

Такое преобразование называется приведением уравнения к виду, удобному для итерации, и может быть выполнено различными способами. Функция  $\varphi(x)$  называется итерационной функцией.

Выбирая начальное приближение к корню  $x^{(0)}$  и подставляя его в правую часть (2), получим  $x^{(1)} = \varphi(x^{(0)})$ . Подставив  $x^{(1)}$  в правую часть (2), получим  $x^{(2)} = \varphi(x^{(1)})$ . Продолжая неограниченно этот процесс, получим последовательность приближений к корню, вычисляемую по формуле

$$x^{(n+1)} = \varphi(x^{(n)}), n > 0 \quad (3)$$

Метод простой итерации является одношаговым. Если существует предел этой последовательности  $\bar{x} = \lim_{n \rightarrow \infty} \varphi(x^{(n)})$  то, переходя к пределу в равенстве (3) и полагая функцию  $\varphi(x)$  х непрерывной, получим равенство

$$\bar{x} = \varphi(\bar{x}), \quad (4)$$

которое означает, что  $\bar{x}$  - корень уравнения (2).

### **Теорема о сходимости метода простых итераций**

Если в некоторой  $\sigma$  - окрестности корня  $\bar{x}$  уравнения (1) функция  $x = \varphi(x)$  дифференцируема и удовлетворяет неравенству  $|\varphi'(x)| \leq q$ , где  $0 \leq q \leq 1$  - постоянная, то независимо от выбора начального  $x^{(0)}$  из указанной  $\sigma$ -окрестности итерационная последовательность  $x^{(n)}$  не выходит из этой окрестности, метод сходится со скоростью геометрической прогрессии со знаменателем  $q$  и справедлива следующая оценка погрешности

$$|x^{(n)} - \bar{x}| \leq q^n |x^{(0)} - \bar{x}|, n \geq 0. \quad (5)$$

Соотношение (5) не используется для практической оценки погрешности, так как значение  $\bar{x}$ , входящее в правую часть оценки, неизвестно. Кроме того, соотношение (5) приводит к завышенной оценке погрешности.

Условие сходимости метода простой итерации  $|\varphi'(x)| \leq 1$  является только достаточным. Его выполнение гарантирует сходимость итерационного процесса (3), при этом все приближения должны попадать в отрезок локализации корня. Невыполнение условия  $|\varphi'(x)| \leq 1$  в общем случае не означает, что итерационный процесс расходится.

### **Численный эксперимент:**

Сравним кол-во итераций, необходимых каждому методу для нахождения корня нелинейного уравнения с заданной точностью.

$$f(x) = x^3 + x^2 + x + 2 = 0$$

Таблица 1

При погрешности  $\varepsilon = 10^{-4}$

	Метод Ньютона	Метод простых итераций
Количество итераций	5	8
Корень $x$	-1.35321	-1.35321

Таблица 2

При погрешности  $\varepsilon = 10^{-5}$ 

	Метод Ньютона	Метод простых итераций
Количество итераций	5	10
Корень $x$	-1.35321	-1.35321

Таблица 3

При погрешности  $\varepsilon = 10^{-6}$ 

	Метод Ньютона	Метод простых итераций
Количество итераций	5	12
Корень $x$	-1.35321	-1.35321

Таблица 4

При погрешности  $\varepsilon = 10^{-9}$ 

	Метод Ньютона	Метод простых итераций
Количество итераций	6	18
Корень $x$	-1.35321	-1.35321

### ***Заключение***

Таким образом, в статье были рассмотрены различные методы решения нелинейных уравнений, сравнены их скорости сходимости. Из результатов численного эксперимента становится ясно, что метод Ньютона обладает наибольшей скоростью сходимости среди остальных методов.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Житников В. П., Шерыхалина Н. М., Поречный С. С., Зарипов А. А. Исследование свойств численных методов с помощью вычислительного эксперимента: учеб. пособие // Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. – Уфа : РИК УГАТУ, 2019. – 287 с.
2. Волков, Е. А. Численные методы / Е. А. Волков. — М. : Наука, 1982.
3. Турчак, Л. И. Основы численных методов / Л. И. Турчак. — М. : Наука, 1987.



УДК 004.4

Г. О. ОРЛОВ

*orlovgleb99@mail.ru*

Науч. руковод. – д-р техн. наук, проф. Г. Р. ВОРОБЬЕВА

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ПО ОТ НЕСАНКЦИОНИРОВАННОГО КОПИРОВАНИЯ**

**Аннотация.** Статья 12 с., 4 рис., 1 табл., 7 источников. Цель работы: обеспечить защиту ПО от несанкционированного копирования. Объектом исследования работы является система защиты от несанкционированного копирования ПО. Предметом исследования работы является программная реализация защиты кода ПО от взлома и создания несанкционированных копий посредством разработки веб-приложения с защитным модулем. Проведен анализ наиболее актуальных и востребованных методов защиты ПО от несанкционированного копирования. Предложена структура системы защиты на основе разработанного обфускатора кода, был описан алгоритм работы обфускатора кода, после чего на его основе была разработана и протестирована программа, написанная на языке python с использованием фреймворка Django, реализующая обфускацию кода.

**Ключевые слова:** защита от пиратства; обфускация; защита ПО; шифрование кода; разработка веб-приложений.

### ***Введение***

В данной статье рассматривается использование веб-приложения для защиты кода программы от несанкционированного копирования. Основной целью является обеспечение защиты ПО от нелегального копирования, а основной задачей – разработка модуля веб-приложения, который обеспечит эту защиту посредством шифрования кода.

Как известно, идеальной защиты от взлома ПО не существует. Имея в своем распоряжении достаточно высокую вычислительную мощность, злоумышленник может подобрать необходимые ключи шифрования на любом этапе алгоритма при использовании, к примеру, реверс-инжиниринга.

Поэтому, с ростом технических возможностей ЭВМ, совершенствовать и усложнять для злоумышленника алгоритмы шифрования данных необходимо, а это значит, что и новые методы защиты ПО от нелегального копирования должны появляться регулярно, в том числе, использующие веб-сервисы, и раз-

работчику необходимо будет их внедрять, в случае если он заинтересован в минимизации потерь прибыли вследствие пиратства.

### *Анализ методов*

#### 1) Обфускация кода

Несмотря на то, что существует заблуждение о том, что преобразование кода на языке высокого уровня в машинный код при исполнении программы может быть достаточной помехой для злоумышленников, крайне рекомендуется использовать обфускацию (запутывание, усложнение) кода. Предполагается, что в код добавляется множество по факту лишних команд, процедур, переменных и т.д., которые никак не влияют на конечный результат и служат исключительно инструментами для того, чтобы запутать злоумышленника, не дать возможность понять, где конкретно в коде происходит привязка программы, например, к цифровому ключу.

Применение обфускации(запутывания) кода является крайне востребованным методом защиты из-за такой фундаментальной проблемы, как тот факт, что написанная человеком программа может быть человеком и понята, проанализирована, разобрана.

#### 2) Псевдокод, полиморфные технологии

Данный метод защиты является более сложным в реализации, чем обфускация кода. Использование псевдокода не меняет структуру программы, вместо этого изменяется язык. Всем необходимым командам из текущего языка в соответствие создаются новые команды, на так называемом псевдоязыке. Их суть от этого не изменяется, однако если злоумышленник не знает логики псевдоязыка, код окажется для него неразборчивым.

Псевдокоманды воспроизводятся через специальный эмулятор при запуске приложения, для того, чтобы код воспроизводился корректно. Если после применения данного метода надежности защиты будет недостаточно, то можно скомбинировать его с полиморфными технологиями, которые предполагают,

что каждый раз при запуске программы будут генерироваться новые случайные команды на псевдоязыке, соответственно каждый раз параметры у эмулятора будут различаться.

Чтобы определить, какой из двух этих методов является наиболее пригодным для реализации защитного модуля, был произведен сравнительный анализ с учетом преимуществ и недостатков каждого из них, представленный таблице 1.

Таблица 1

Сравнительный анализ методов

Решаемая проблема	Метод	Достоинства	Недостатки
Скрытие API-интерфейса в коде ПО	Обфускация	API сложнее обнаружить в запутанном коде; метод прост в исполнении; вариативен; достаточно надежен	Может снизить производительность ПО
	Псевдокод	API сложнее распознать из-за псевдокоманд; надежен; не замедляет ПО лишними командами	Трудно реализовать; эмулятор для псевдокода может создавать лишнюю нагрузку
Снижение уязвимости к реверс-инжинирингу	Обфускация	Запутывает код, затрудняя понимание логики работы	Может снизить производительность ПО
	Псевдокод	При незнании логики псевдоязыка понять логику ПО невозможно	Логика ПО просчитывается, в случае понимания того, что означают псевдокоманды

Учитывая вышеописанные достоинства и недостатки, можно прийти к выводу, что для относительного простого и эффективного решения проблемы нелегального копирования ПО, можно прибегнуть к такому решению, как использование обфускации кода. Таким образом будет получена достаточно надежная, но в то же время не слишком сложная в реализации и ресурсоемкая система защиты.

Места, в которых верифицируется ключ, будут скрыты от злоумышленника ложными/видоизмененными строками.

### ***Предлагаемый алгоритм обфускации***

На рисунке 1 представлена блок-схема разработанного для защитного модуля алгоритма обфускации кода.

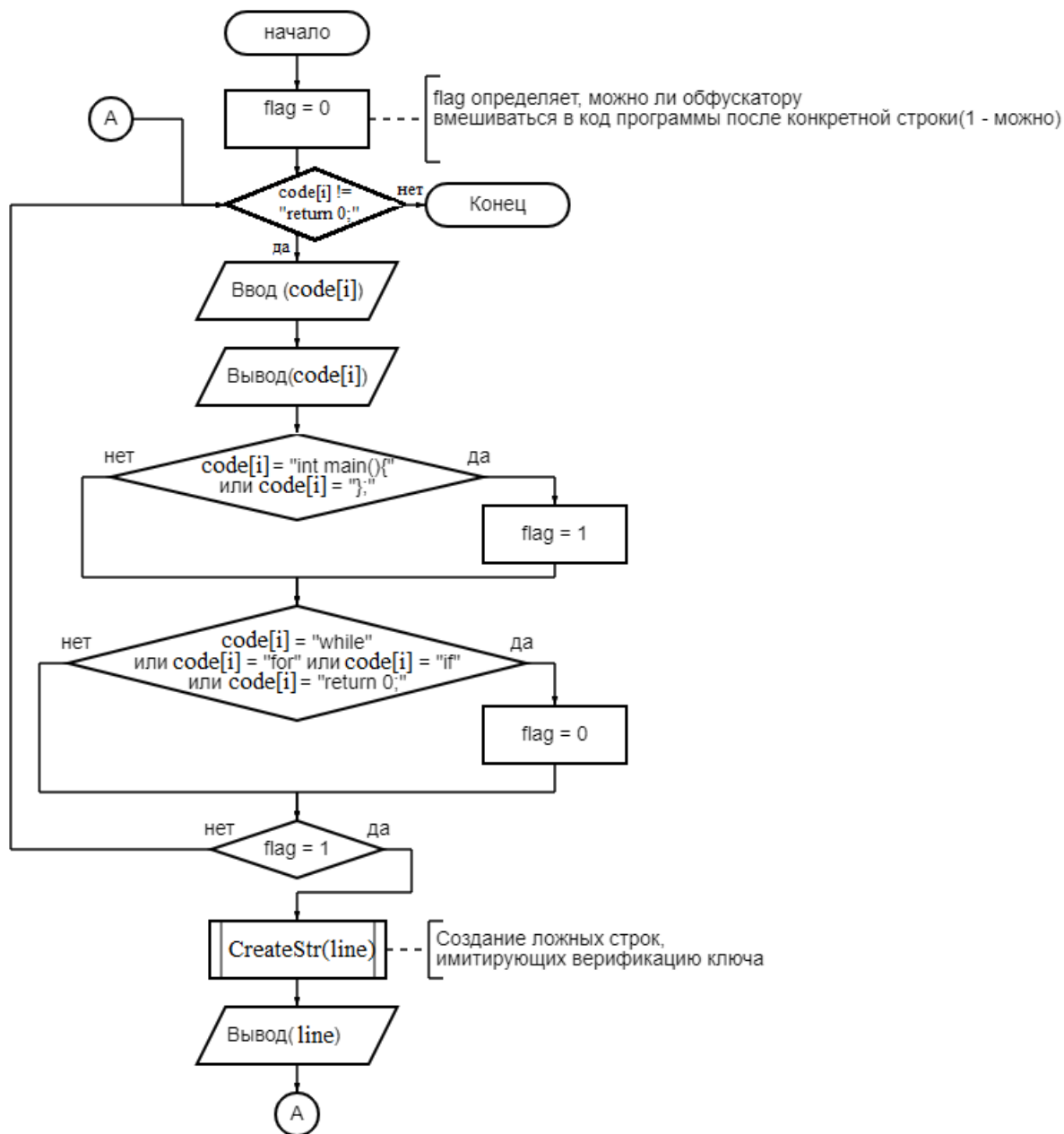


Рис. 1. Блок-схема алгоритма обфускации кода

code[i] здесь обозначает переменные, в которые считываются изначальные строки кода. Затем они передаются в шаблон с добавлением ложных строк, которые имитируют код модуля верификации ключа. Это мешает злоумышленнику обойти защиту, изменив определенные части исходного кода.

Ветвления в алгоритме для различных значений code[i] нужны чтобы не позволить обфускатору вставить лишние строки в тех местах, где это нарушит логику программы или внутри тела цикла.

Это приводит к одной из наиболее примечательных особенностей созданного в данной работе обфускатора – хорошее итоговое быстродействие защищенной программы.

Подфункции CreateStr1 и CreateStr2 генерируют лишние строки, в программе, имея заготовленный набор названий переменных, по смыслу похожих на те, которые использовались бы при верификации ключа. Каждый раз названия для них выбираются случайным образом.

В результате на выходе имеется код с тем же функционалом, но запутанный таким образом, что злоумышленнику сложно будет найти необходимые ему области программного кода.

### ***Используемое ПО***

Защитное приложение было разработано с использованием фреймворка Django на языке программирования Python. В качестве среды разработки использовалась PyCharm.

### ***Реализация защиты в виде веб-приложения***

Сперва, при помощи фреймворка Django, был запущен локальный сервер.

```
PS C:\Users\Gleb\PycharmProjects\Obfuscator\obfuscator> python manage.py runserver
Watching for file changes with StatReloader
Performing system checks...

System check identified no issues (0 silenced).
June 09, 2022 - 23:42:45
Django version 4.0.3, using settings 'obfuscator.settings'
Starting development server at http://127.0.0.1:8000/
Quit the server with CTRL-BREAK.
```

Рис. 2. Запуск сервера с помощью Django

Затем, создается форма для передачи исходного кода программы на сервер, для его дальнейшей обфускации.

Для этого необходимо в файле `forms.py` проекта импортировать `forms` и создать соответствующий класс:

```
from django import forms

class CodeForm(forms.Form):
    code_field = forms.CharField(widget=forms.Textarea)
```

Далее необходимо обратиться к файлу `views.py`. В нем создаются необходимые функции для обработки защищаемого кода. Сперва подключаются `render`, для передачи обработанного кода в шаблон, импортируется ранее созданная форма и `randint`, для генерации случайных названий переменных ложных строк:

```
from django.shortcuts import render
from .forms import CodeForm
from random import randint
```

Далее создаются функции, которые составляют случайные ложные строки:

```
def CreateVarName():
    case = randint(1, 3)
    if (case == 1):
        trick = "user_key" + str(randint(1, 100))
    if (case == 2):
        trick = "valid_key" + str(randint(1, 100))
    if (case == 3):
```

```
    trick = "license_key" + str(randint(1, 100))
return trick
```

```
def CreateStr1(var):
```

```
    trick = "int " + var + "==" + str(randint(1000, 5000)) + ";"
return trick
```

```
def CreateStr2(var1, var2):
```

```
    trick = "if(" + var1 + " == " + var2 + "){bool valid = 1;}"
return trick
```

Затем код, полученный из формы, передается в список из строк. Список изменяется в соответствии с описанным ранее алгоритмом обфускации с помощью функций CreateStr:

```
def index(request):
```

```
    submitbutton = request.POST.get("submit")
```

```
    code_raw = "
```

```
code = "
```

```
form = CodeForm(request.POST or None)
```

```
if form.is_valid():
```

```
    code_raw = form.data.get("code_field")
```

```
    code = code_raw.split("\r\n")
```

```
    flag = 0
```

```
    i = 0
```

```
    while code[i] != "return 0;":
```

```
        if code[i] == "int main(){" or code[i] == "};":
```

```
            flag = 1
```

```
if code[i] == "while" or code[i] == "for" or code[i] == "if" or code[i] == "return 0;":
```

```
    flag = 0
```

```
if flag == 1:
```

```
    line = CreateVarName()
```

```
    line2 = CreateVarName()
```

```
    code.insert(i + 1, CreateStr1(line))
```

```
    code.insert(i + 2, CreateStr1(line2))
```

```
    code.insert(i + 3, CreateStr2(line, line2))
```

```
    i += 3
```

```
    i += 1
```

```
context = {'form': form, 'code': code, 'submitbutton': submitbutton}
```

```
return render(request, 'test.html', context)
```

После обработки измененный код передается в шаблон test.html и пользователю выдается обфусцированный код:

```
<head>
<meta charset="UTF-8">
<title>C++ Obfuscator</title>
</head>Enter some C++ code to obfuscate:</head>
<body></body>
<form action="" method="POST">
{% csrf_token %}
{{ form.as_p }}
<input type="Submit" name="submit" value="Submit"/>
</form>
```



```
{% if submitbutton == "Submit" %}
<h2>Obfuscated code:</h2>
</h3>{%for i in code%}
  {{i|linebreaks}}
{%endfor%}</h3>
{% endif %}
```

### *Апробация защитного модуля*

Модуль обфускации при запуске сайта предлагает вставить защищаемый код в форму. Далее его можно будет отправить на сервер для дальнейшего шифрования.

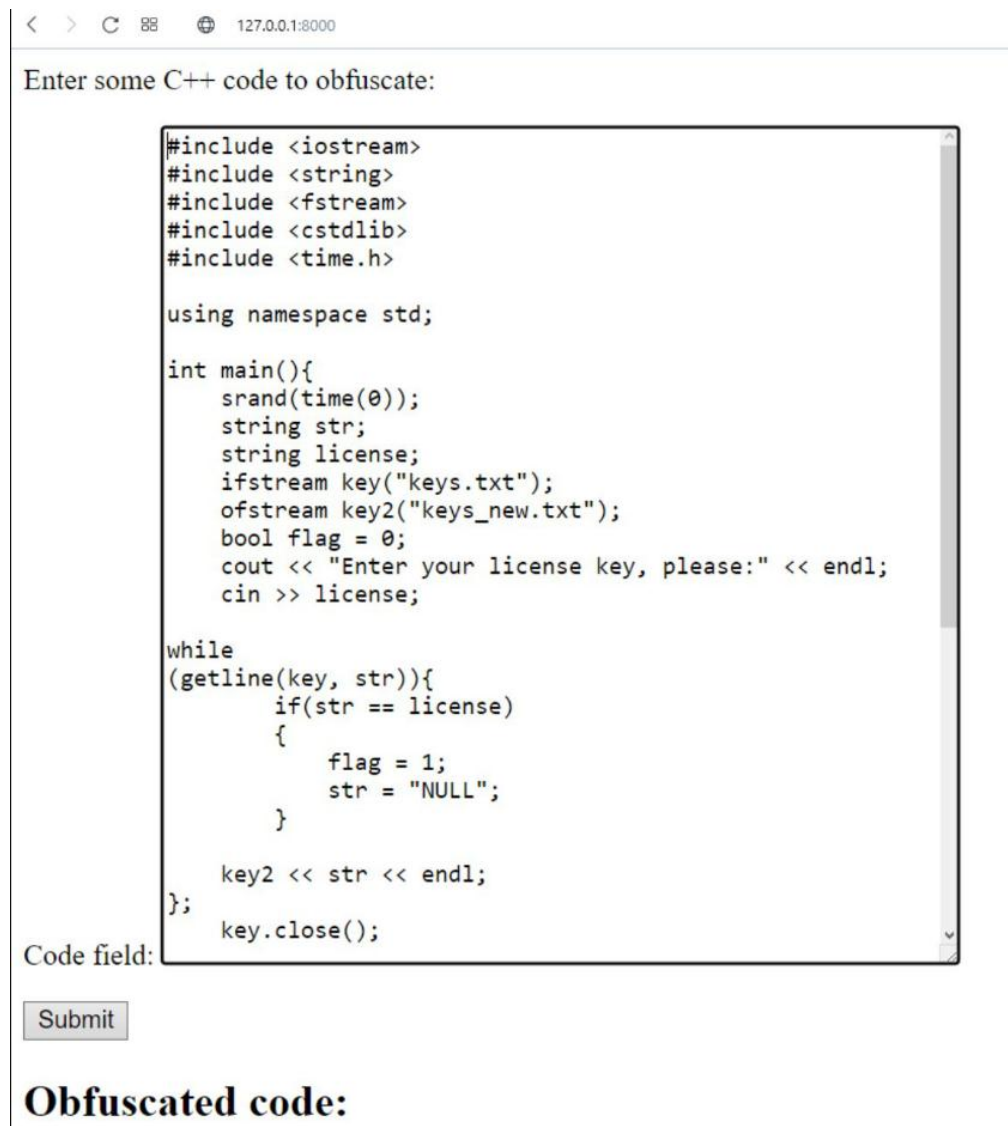
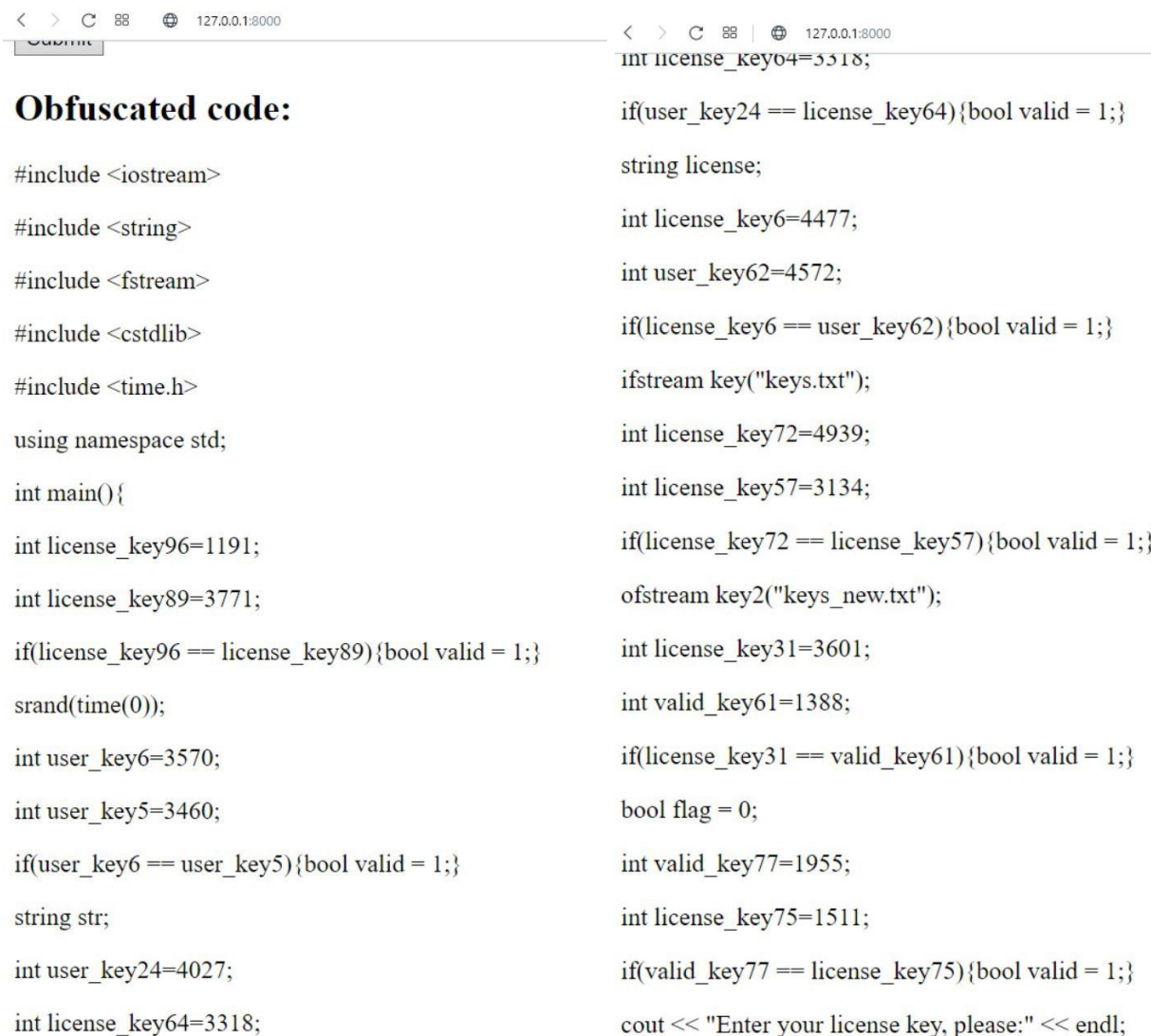


Рис. 3. Обфускатор кода

При нажатии на кнопку отправки, в шаблон передается обфусцированный код и разработчик может получить его запутанную версию:



```
< > C BB | 127.0.0.1:8000
Submit

Obfuscated code:

#include <iostream>
#include <string>
#include <fstream>
#include <cstdlib>
#include <time.h>
using namespace std;
int main(){
int license_key96=1191;
int license_key89=3771;
if(license_key96 == license_key89){bool valid = 1;}
srand(time(0));
int user_key6=3570;
int user_key5=3460;
if(user_key6 == user_key5){bool valid = 1;}
string str;
int user_key24=4027;
int license_key64=3318;

int license_key64=3318;
if(user_key24 == license_key64){bool valid = 1;}
string license;
int license_key6=4477;
int user_key62=4572;
if(license_key6 == user_key62){bool valid = 1;}
ifstream key("keys.txt");
int license_key72=4939;
int license_key57=3134;
if(license_key72 == license_key57){bool valid = 1;}
ofstream key2("keys_new.txt");
int license_key31=3601;
int valid_key61=1388;
if(license_key31 == valid_key61){bool valid = 1;}
bool flag = 0;
int valid_key77=1955;
int license_key75=1511;
if(valid_key77 == license_key75){bool valid = 1;}
cout << "Enter your license key, please:" << endl;
```

Рис. 4. Исходный код после обфускации

В результате, в коде появляется множество ложных строк, похожих на те, которые реализуют верификацию ключа, не нарушающих функционал программы, но запутывающих при этом злоумышленника.

Снижение быстродействия ПО после обфускации сведено к минимуму, так как алгоритм не допускает большого количества повторений ложных команд в циклах.

## *Заключение*

В ходе данной работы был разработан основной модуль программы для защиты ПО от пиратства, а именно веб-обфускатор программного кода.

В результате тестирования защитного модуля, не было выявлено ошибок или существенного замедления работы в защищаемой программе, а код в результате обфускации оказывается существенно запутанным.

Был разработан обфускатор, который видоизменяет программный код таким образом, что для злоумышленника найти необходимую для него функцию или участок кода крайне проблематично из-за множества ложных строк, имитирующих область кода, в которой происходит верификация ключа.

Поскольку вышеописанные изменения в коде серьезно усложняют взлом программы для злоумышленника, защита от нелегального копирования ПО обеспечена, следовательно, основную цель данной работы можно считать достигнутой, а основные задачи – выполненными.

Недостатки обычных обфускаторов, устраненные в предлагаемой системе защиты:

1) Существенное замедление работы программы. Поскольку предлагаемый обфускатор не использует ресурсоемкие команды, а также не располагает ложные строки внутри длинных циклов, данная проблема решена.

2) Простота деобфускации. Программный код в результате работы предлагаемой системы защиты оказывается заполненным строками, похожими на те, что нужны злоумышленнику, следовательно, деобфусцировать такой код сложнее.

В ходе разработки данного веб-приложения, были протестированы возможности фреймворка Django, используемого для создания веб-приложений на языке python, а именно было продемонстрировано создание форм, шаблонов и функций обработки данных из форм, с последующей передачей в шаблон результатов, что помогло эффективно разрабатывать обфускатор кода именно в форме веб-приложения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. «Candidate indistinguishability obfuscation and functional encryption for all circuits» / Garg S. [и др.] - FOCS, 2013 – 16-19 с.
2. «Что такое компьютерное пиратство?»: [Электронный ресурс]. URL: <https://www.cloudav.ru/mediacenter/tips/software-piracy/> (Дата обращения: 01.08.2022)
3. «Современные технологии защиты ПО от нелегального копирования» [Электронный ресурс]. URL: <http://lib.itsec.ru/articles2/Oborandteh/sovremennie-tehnologii-zashiti-po-ot-nelegalnogo-kopirovaniya-chto-vibrat-razrabotchiky> (Дата обращения: 04.08.2022)
4. «Обфускация программ»: [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/ĕpost/255871/> (Дата обращения: 07.08.2022)
5. «Способ построения неразличимого программного кода с использованием ключа»: [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sposob-postroeniya-nerazlichimogo-programmnogo-koda-s-ispolzovaniem-klyucha/viewer> (Дата обращения: 10.08.2022)
6. «Обфускация (программное обеспечение)»: [Электронный ресурс]. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Обфускация\\_\(программное\\_обеспечение\)#На\\_уровне\\_исходных\\_текстов](https://ru.wikipedia.org/wiki/Обфускация_(программное_обеспечение)#На_уровне_исходных_текстов) (Дата обращения: 10.08.2022)
7. «StarForce C++ Obfuscator»: [Электронный ресурс]. URL: <https://www.starforce.ru/products/starforce-obfuscator/#:~:text=StarForce%20C%2B%2B%20Obfuscator%20позволяет%20защитить,защищ%20от%20анализа%20и%20модификации> (Дата обращения: 12.08.2022)

УДК 004

О. А. ПАВЛОВА

*olya.pavlova1903@mail.ru*

Науч. руковод. – проф. Н. М. ШЕРЫХАЛИНА

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **ИЗУЧЕНИЕ КРИТЕРИЯ КАЧЕСТВА ОЦЕНКИ ПОГРЕШНОСТИ ЭКСТРАПОЛЯЦИИ МЕТОДОМ ЭЙТКЕНА В СРАВНЕНИИ С МЕТОДОМ РИЧАРДСОНА**

**Аннотация.** В статье проводится изучение двух методов экстраполяции (метод Ричардсона и метод Эйткена), сравнительный анализ погрешностей вычисления и критерия качества оценки погрешности. Приводится подробное описание изучаемых методов, результаты проведенного эксперимента.

**Ключевые слова:** экстраполяция, модель погрешности, экстраполированное значение, оценка погрешности, метод Ричардсона, метод Эйткена.

### ***Введение***

Экстраполяция является наиболее часто используемым методом для оценки погрешности результатов вычисления численных методов. В связи с этим разработано немало методов, которые решают данную задачу. В зависимости от имеющихся исходных данных и используемого численного метода выбирается тот или иной подход к уточнению вычисленных значений. Критерием качества оценки погрешности является существенное уменьшение погрешности при очередной экстраполяции. Одним из наиболее распространенных методов экстраполяции является правило Ричардсона, которое основывается на математической модели погрешности, где погрешность представляется одним слагаемым. Этот подход используется в случае, когда нам известен порядок точности метода. При отсутствии данного параметра используют метод Эйткена, который является модификацией правила Ричардсона.

Целью данной работы является исследование уменьшения погрешностей результатов вычислений методом Эйткена в сравнении с результатами метода Ричардсона. Для этого проводится численный эксперимент с подсчетом суммы заданного ряда при определенном  $n$ :

$$z_n = \sum_{i=1}^{\infty} \frac{1}{i^\alpha}, \quad \alpha = 1.1, \quad n = 2, 4, 8, 16 \dots$$

Из  $n$  первых членов разложения ряда  $z_n$ :

$$z_n = z_{\text{точн}} - \frac{1}{\alpha - 1} n^{-(\alpha-1)} + \frac{1}{2} n^{-\alpha} - \frac{\alpha}{2 \cdot 6} n^{-(\alpha+1)} + \dots$$

находим порядок точности метода и применяем метод Ричардсона.

### **Описание алгоритмов**

#### **Метод Ричардсона**

Метод основывается на представлении математической модели погрешности, где  $z_n$  – результат вычисления некоторого численного метода,  $z$  – точное значение,  $k$  – порядок точности метода,  $c_1$  – некий коэффициент, не зависящий от  $n$ .

$$z_n = z + c_1 n^{-k} + o(n^{-k})$$

Метод Ричардсона предполагает, что добавочная погрешность  $o(n^{-k})$  достаточно мала и поэтому отбрасывается. Из уравнения математической модели для  $n$  и  $n/Q$ , где  $Q$  – некое целое число (в данном случае равно 2), на которое уменьшается число разбиений  $n$ , получаем систему уравнений с двумя неизвестными.

$$\begin{cases} z_n = z + c_1 n^{-k}, \\ z_{\frac{n}{Q}} = z + c_1 \left(\frac{n}{Q}\right)^{-k}. \end{cases}$$

Откуда находим:

$$z = z_n + \frac{z_n - z_{n/Q}}{Q^k - 1}$$

Также находятся экстраполированные значения по правилу Рунге:

$$z_n - z \approx z_n - z_n^{(1)} = -\frac{z_n - z_{n/Q}}{Q^k - 1}$$

### Метод Эйткена ( $\delta^2$ -алгоритм)

Метод Эйткена или  $\delta^2$ -алгоритм по сути своей является модификацией метода Ричарсона, где для вычисления экстраполированного значения требуется система из трех уравнений.

Опишем подробнее:

$$\begin{cases} z_n = z + c_1 n^{-k}, \\ z_{n/Q} = z + c_1 \left(\frac{n}{Q}\right)^{-k} \\ z_{n/Q^2} = z + c_1 \left(\frac{n}{Q^2}\right)^{-k} \end{cases}$$

Откуда находим:

$$z = z_{n/Q^2} - \frac{(z_{n/Q^2} - z_{n/Q})^2}{z_n - z_{n/Q} - z_{n/Q^2}}$$

В данном случае для нахождения экстраполированного значения нам требуется три последовательных вычисленных значения  $z_n$ .

Предположим, что нам не известен порядок точности метода для вышеописанного ряда и мы экстраполируем методом Эйткена.

Зададим  $Q = 2$ .

В результате проведенного эксперимента получаем таблицы с вычисленными значениями погрешности и критериями оценки погрешности для метода Ричардсона (рис. 1) и метода Эйткена (рис. 2).

n	Zn - Zn(1)	Zn(1) - Zточн	del(1) / del	Zn(2) - Zточн	del(2) / del(1)
2	-6,499847	-2,6180853785	0,2871358755	-	-
4	-7,193334	-1,4083078928	0,1637254809	-0,3503911085	0,2488029147
8	-7,366537	-0,7063822364	0,0875002193	-0,0925677605	0,1310448589
16	-7,213649	-0,3415215588	0,0452036834	-0,0224610380	0,0657675552
32	-6,897932	-0,1621506958	0,0229672521	-0,0052958618	0,0326601237
64	-6,516093	-0,0763068077	0,0115749663	-0,0012387137	0,0162333310
128	-6,117568	-0,0357526363	0,0058102993	-0,0002891407	0,0080872557
256	-5,725656	-0,0167151814	0,0029108502	-0,0000674562	0,0040356233
512	-5,350538	-0,0078063024	0,0014568498	-0,0000157354	0,0020157293
1024	-4,996112	-0,0036437270	0,0007287810	-0,0000036704	0,0010073340
2048	-4,663351	-0,0017003155	0,0003644795	-0,0000008562	0,0005035330
4096	-4,351906	-0,0007933318	0,0001822620	-0,0000001997	0,0002517332
8192	-4,060867	-0,0003701272	0,0000911366	-0,0000000466	0,0001258577
16384	-3,789107	-0,0001726762	0,0000455697	-0,0000000109	0,0000629233
32768	-3,535448	-0,0000805577	0,0000227852	-0,0000000025	0,0000314607
65536	-3,298730	-0,0000375818	0,0000113927	-0,0000000006	0,0000157393
131072	-3,077842	-0,0000175326	0,0000056964	-0,0000000001	0,0000077250

Рис. 1. Таблица погрешностей при экстраполяции методом Ричардсона

n	Zn - Zn(1)	Zn(1) - Zточн	del(1) / del	Zn(2) - Zточн	del(2) / del(1)
2	-	-	-	-	-
4	5,355327	-13,9569681309	1,6225935616	-	-
8	22,487096	-30,5600154749	3,7854973091	-	-
16	-24,428724	16,8735534002	2,2333780886	-18,2617112198	1,0822682565
32	-10,816903	3,7568200127	0,5321212579	6,5982376164	1,7563358357
64	-7,981023	1,3886227567	0,2106399428	0,8668439606	0,6242472668
128	-6,740096	0,5867753932	0,0953591402	0,1762929094	0,3004435964
256	-6,003784	0,2614128766	0,0455235103	0,0392426062	0,1501173421
512	-5,477611	0,1192665812	0,0222581039	0,0089839374	0,0753265271
1024	-5,054789	0,0550334349	0,0110072243	0,0020783542	0,0377653003
2048	-4,690586	0,0255348412	0,0054736467	0,0004829273	0,0189124846
4096	-4,364580	0,0118802247	0,0027293922	0,0001124373	0,0094642384
8192	-4,066772	0,0055348400	0,0013628458	0,0000262030	0,0047341885
16384	-3,791860	0,0025803527	0,0006809613	0,0000061093	0,0023676217
32768	-3,536732	0,0012033713	0,0003403653	0,0000014247	0,0011839265
65536	-3,299329	0,0005612980	0,0001701539	0,0000003323	0,0005919900
131072	-3,078122	0,0002618327	0,0000850697	0,0000000776	0,0002963269

Рис. 2. Таблица погрешностей при экстраполяции методом Эйткена ( $\delta^2$ -алгоритм)

При подробном рассмотрении соответствующих колонок таблицы видно, что имеются значительные различия в погрешности при небольшой дискретизации; при устремлении же количества разбиений к бесконечности разность по-



грешностей стремится к нулю. Также видно, что при экстраполяции методом Эйткена критерий качества оценки погрешности при малой дискретизации не соответствует условию критерия качества оценки.

$$\bar{\delta}_n = \left| \frac{\Delta_n^{(1)}}{\Delta_n} \right| \ll 1$$

Такая же ситуация наблюдается при повторной экстраполяции по правилу Рунге, что можно объяснить недостаточностью данных при использовании алгоритма Эйткена.

Для более наглядного представления можно рассмотреть графики зависимости критерия оценки погрешности от величины дискретизации (Рис. 3, Рис. 4). Расположение желтой линии указывает на предельно допустимую величину критерия оценки погрешности, таким образом на графиках метода Эйткена только часть графика удовлетворяет условию надежности критерия.

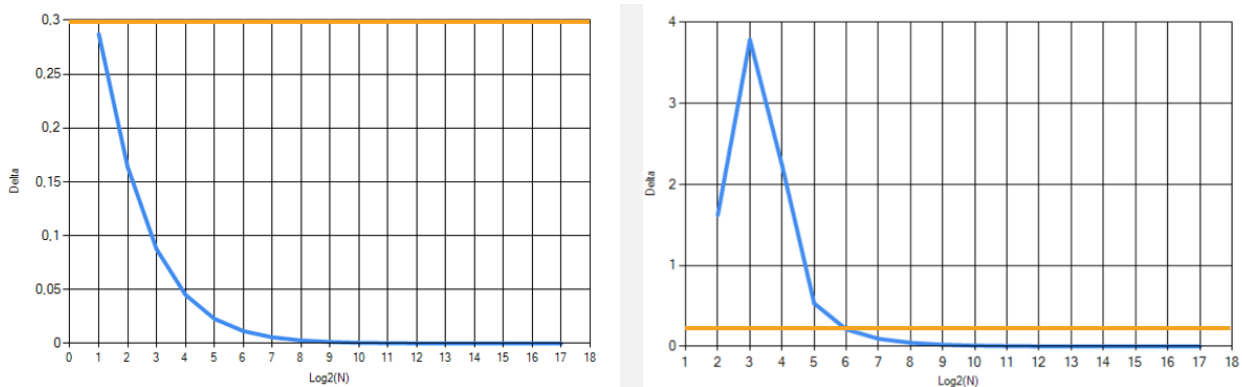


Рис. 3. Графики зависимости погрешности от значения параметра дискретизации двух методов при первой экстраполяции

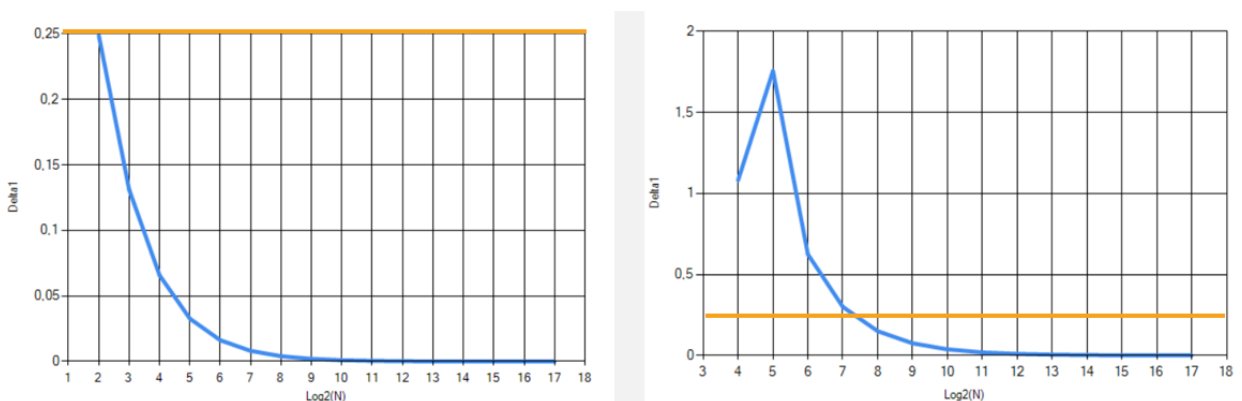


Рис. 4. Графики зависимости погрешности от значения параметра дискретизации двух методов при повторной экстраполяции

## *Заключение*

В статье приведен анализ погрешностей вычисления двух методов экстраполяции (метод Ричардсона и метод Эйткена) на их соответствие критерию качества оценки погрешности. Также подробно описаны изучаемые алгоритмы и их математические модели.

В результате проведенного эксперимента была выявлены значительные отличия между оценками погрешностей, в частности можно отметить, что подход Ричардсона предоставляет более надежную оценку погрешности в сравнении с подходом Эйткена, в особенности при малой дискретизации. При повторном применении экстраполяции полученные оценки погрешности удовлетворяют критерию качества и заметно улучшаются в обоих методах, что говорит о значительном уточнении результата.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Численные методы: учебное пособие, А.В. Зенков, 2016.— 124 с.
2. Методы вычислений: учебное пособие, И.И. Ляшко, В.Л. Макаров, 2015. 1997. – 408 с.
3. Методика качественного улучшения результатов вычислительного эксперимента. Житников В.П., Шерыхалина Н.М., Федорова Г. И., Соколова А.А. Системная инженерия и информационные технологии / Уфа, 2021, Т.3, №1(5). С. 58-64.
4. Исследование погрешностей при решении задач для простейших уравнений математической физики итерационными методами. Житников В.П., Шерыхалина Н.М., Муксимова Р.Р. Сиб. журн. вычисл. Мтематики / РАН. Сиб. отд-ние.— Новосибирск, 2021. — Т. 24, N° 2. — С. 131–143.
5. Reliability increase of numerical data under indeterminacy condition by using of several methods. Zhitnikov V.P., Sherykhalina N.M., Muksimova R.R, Zhitnikova N.I. Proceedings of 19-th Workshop on Computer Science and Information Technologies (CSIT'2017), Vol. 1, Baden-Baden, Germany, 2017, pp. 268–275.

УДК 004.9

И. А. ПОКРОВСКИЙ  
*pokrovskiilya@mail.ru*

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. Е. Ю. САЗОНОВА

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ПАЦИЕНТОВ НА ПЕРИТОНЕАЛЬНОМ ДИАЛИЗЕ**

**Аннотация.** В статье рассматривается задача мониторинга пациентов на перитонеальном диализе. Обоснована актуальность разработки системы мониторинга пациентов на перитонеальном диализе, представлен обзор существующих систем, приведена постановка задачи, приведены основные аспекты разработки программного обеспечения.

**Ключевые слова:** перитонеальный диализ; удаленный мониторинг; веб-приложение; задача мониторинга пациентов на перитонеальном диализе.

### ***Введение***

В условиях коронавирусной инфекции увеличилось количество людей, нуждающихся в диализе [1-4]. По данным за 2020 год примерно у 20-30% больных COVID-19 развивается почечная недостаточность, что стало большим вызовом для врачей.

Во время изоляции пациентам стало сложнее проходить лечение в диализных центрах, и проходя его, они рискуют заразиться инфекцией по дороге в транспорте или прямо в клинике. При этом у большинства больных почечной недостаточностью ослабленный иммунитет, поэтому они сильнее подвержены тяжелым инфекционным заболеваниям. Кроме того, пациенты, проходящие лечение на гемодиализе, из-за близких контактов с людьми и частых процедур в диализном центре подвержены более высокому риску заражения.

В ситуации эпидемии на первый план вышел именно перитонеальный диализ, который позволяет проходить лечение в домашних условиях. Метод также дает возможность проводить процедуры в отдаленных районах, в условиях ограниченных ресурсов. От пациента в таком случае не требуется личного присутствия в клинике, что существенно снижает риски заражения инфекциями.

Согласно результатам анализа развития метода перитонеального диализа в мире его доля от общего количества пациентов на диализе составляет от 9% (США), 11% (Европа) до 32 % (Новая Зеландия) и даже до 45 % (Мексика) и 71 % (Гонконг).

В России же распространенность применения диализа за последние 5 лет показывает снижение доли перитонеального диализа от общего числа пациентов на диализе, что бесспорно, негативно влияет на состояние здоровья отдельно взятой группы пациентов [1-4].

Рассмотрим преимущества приложения для удаленного мониторинга пациентов на перитонеальном диализе в сравнении с ручным мониторингом. По причине того, что перитонеальный диализ проводится в домашних условиях, врач мало осведомлен о состоянии пациента, в связи с этим для контроля хода лечения пациенту необходимо довольно часто посещать диализный центр, а это в свою очередь занимает достаточно большое количество времени. Удаленный мониторинг не требует от пациента частого посещения диализных центров за счет динамичного наблюдения с помощью с дистанционного доступа к информации о ходе лечения, также с применением удаленного мониторинга достигается лучшее управление рабочим временем медицинского персонала благодаря удобному представлению данных и ведению отчетности [1-4].

Исходя из всего вышесказанного можно сделать вывод, что разработка программного обеспечения для мониторинга пациентов на перитонеальном диализе является актуальной задачей.

### ***Обзор существующих программных решений***

Для обоснования решения о разработке программного средства необходимо провести анализ существующих программных решений для диализных центров. Это позволит не только доказать целесообразность разработки, но и также определить требования и наиболее важные функции в приложении. Сравнительный анализ следующих программных решений был проведен: Homechoice Claria [5], PatientOnLine [6], Dialysis EHR.

Система Homechoice Claria, разработанная компанией Baxter (США), предназначена для проведения процедур автоматического перитонеального диализа (АПД). Собственная платформа Sharesource (рис.1) дает возможность пациентам с почечной недостаточностью проводить перитонеальный диализ (ПД) в домашних условиях и дистанционно оставаться на связи с врачом. Система предназначена для экономии времени пациентов и клиник за счет повышения эффективности работы благодаря снижению объема ручного ввода данных пациента и медицинских данных, которые система автоматически собирает в отчет.

На платформе Sharesource врачи могут просматривать данные о недавно завершенных процедурах перитонеального диализа, которые автоматически формируются в системе после каждого сеанса. Полученная информация позволяет врачам проанализировать результаты и в дальнейшем дистанционно скорректировать назначенное лечение, при этом пациенту не требуется посещать клинику. К недостаткам системы можно отнести отсутствие возможности ведения ручного перитонеального диализа, а также привязанность платформы к одному аппарату для проведения автоматического перитонеального диализа.

Пациент	пятница 6	суббота 7	воскресенье 8	понедельник 9	вторник 10	среда 11	четверг 12
Орлов Андрей 28 февраля 1981 Выбранное устройство HomeChoice Claria	---	✗	✓	✓	✗	✓	✓
Смирнов Иван 28 март 1970 Выбранное устройство HomeChoice Claria	✓	✓	✓	✓	---	✓	✓
Кислов Андрей 8 мая 1965 Выбранное устройство HomeChoice Claria	✓	✗	✓	✓	✓	---	✗
Сокол Анна 8 февраля 1969 Выбранное устройство HomeChoice Claria	✓	✓	✓	---	✓	✓	✗
Филипп Никита 11 ноября 1979 Выбранное устройство HomeChoice Claria	✓	✓	✓	✓	✓	---	✗

Рис. 1. Интерфейс платформы Sharesource

Компания Cure MD (США) разработала систему Dialysis EHR (рис. 2) для диализных центров с целью автоматизации процесса лечения пациентов с терминальной почечной недостаточностью. Dialysis EHR упрощает ведение пациентов на перитонеальном диализе. Программа дает возможность составлять индивидуальные назначения пациентам. В дальнейшем врачи могут проанализировать эффективность лечения, так как система предоставляет интерфейс для сбора данных с диализных аппаратов. Также врачам доступна информация о ходе процедуры, тем самым они могут полностью контролировать процесс. Таким образом, система Dialysis EHR позволяет увеличить эффективность лечения и облегчить процесс перитонеального диализа за счет удобного и оперативного предоставления необходимой информации для врачей. Недостатками данной системы можно отметить отсутствие отчетности по диализам, а также в случае, если была пропущена процедура, пациент не имеет возможность указать причину.

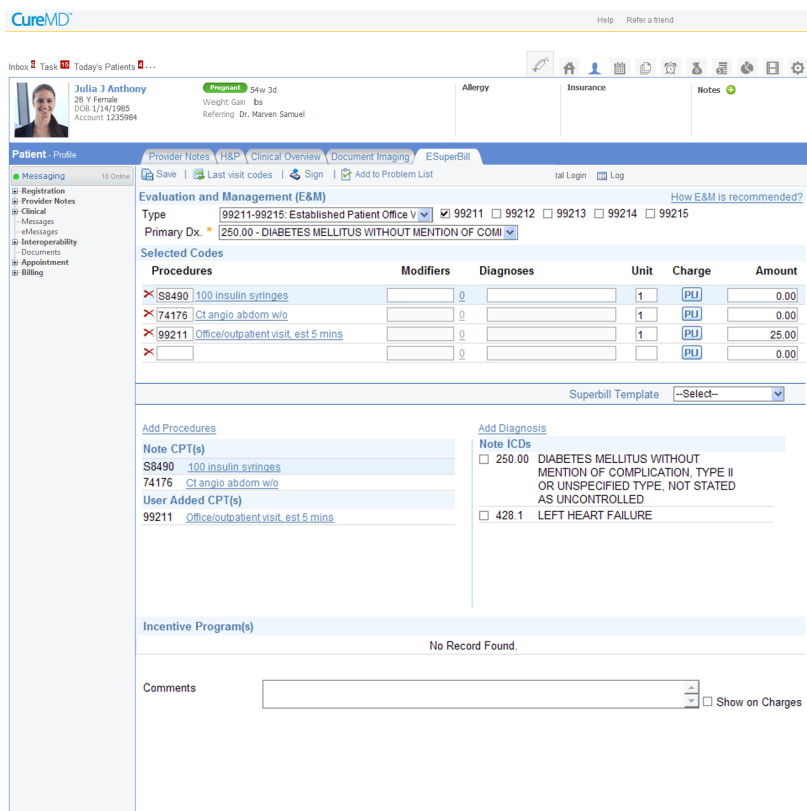


Рис. 2. Интерфейс системы Dialysis HER

Система PatientOnLine от компании Fresenius Medical Care (Германия) предназначена для ведения процедур перитонеального диализа. Целью разработки этой программы являлось повышение эффективности работы персонала за счет упрощенного доступа к информации по лечению пациента. PatientOnLine предоставляет врачам быстрый и простой доступ к необходимым данным по пациентам, что позволяет сократить время на обработку информации и врачи могут уделять больше времени уходу за больными. Система имеет удобный интерфейс, с помощью которого можно легко изменять и дополнять данные о пациентах. Важной функциональной возможностью является создание настраиваемых печатных форм на основе необходимых критериев. С помощью данной системы врачи могут переносить и обновлять информацию по пациентам, используя циклеры для АПД. Что благоприятно сказывается на эффективности работы клиники. Подводя итоги, можно сказать, что система PatientOnLine имеет широкий и удобный функционал для ведения перитонеального диализа. Недостатками данной программы являются отсутствие у пациентов доступа к проведенным процедурам диализа и невозможность ведения ручного перитонеального диализа.

Обзор существующих решений позволил сделать вывод, что системы для мониторинга пациентов на перитонеальном диализе представлены на рынке, и обладают широкими функциональными возможностями. Однако, программные решения являются разработками зарубежных компаний, и не рекомендованы для использования на территории Российской Федерации. В связи с вышесказанным можно сделать вывод, что разработка программного решения является целесообразной.

### ***Постановка задачи разработки программного обеспечения для мониторинга пациентов на перитонеальном диализе***

Рассмотрим содержательную постановку задачи разработки программного обеспечения для мониторинга пациентов на перитонеальном диализе. Про-

грамма должна предоставлять доступ пациентам к процедурам перитонеального диализа, включающих в себя назначения врача.

В свою очередь, для врачей в программе должны присутствовать возможности перемещения пациента на перитонеальный диализ, создания шаблона схемы лечения и нового назначения, импорта автоматических процедур перитонеального диализа, просмотра процедур перитонеального диализа.

Формальная постановка задачи представлена на рисунке 3 в виде контекстной диаграммы IDEF. Входными данными являются данные о поступившем пациенте и результаты лабораторных исследований. Выходными данными является реестр процедур перитонеального диализа. Механизмами управления выступают: нормативные документы, которые содержат в себе руководства по эксплуатации программного обеспечения, механизмами исполнения – врач, пациент, программное обеспечение.

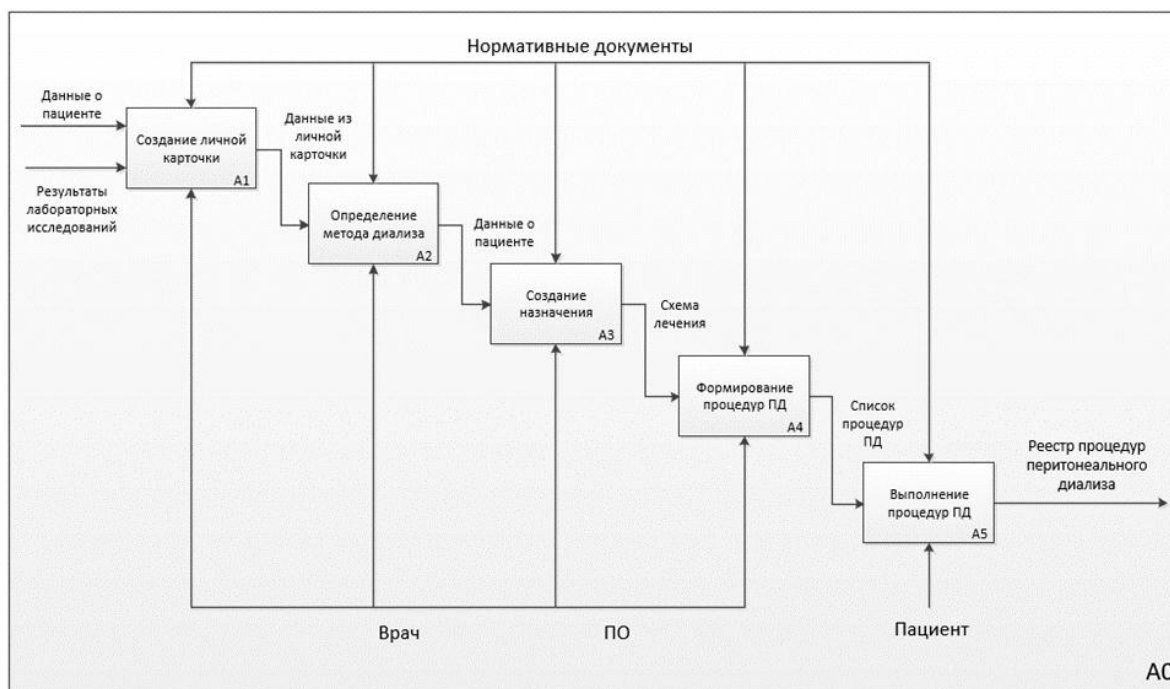


Рис. 3. Декомпозиция задачи мониторинга перитонеального диализа

### ***Программное обеспечение для решения задачи мониторинга пациентов на перитонеальном диализе***

Для мониторинга пациентов на перитонеальном диализе было разработано web-приложение, при его разработке были использованы следующие техно-



логии: Visual Studio Code, JavaScript, XML, Visual Studio, C#, СУБД MS SQL. В качестве СУБД была применена MS SQL, так как это надежная, масштабируемая и ориентированная на web-система, что являлось несомненным плюсом для решения нашей задачи. Приложение было разработано на платформе Lexema-Framework, которая является продуктом компании ООО “Лексема”. Lexema-Framework – это актуальная платформа на основе Node.js для разработки веб-приложений, которая позволяет создавать уникальные решения с относительно небольшим бюджетом и ограниченными сроками. К достоинствам данной платформы можно отнести: скорость разработки и внедрения нового функционала, гибкость системы, позволяющая менять конфигурацию модулей в зависимости от задач, поставленных заказчиком, микросервисная архитектура, которая обеспечивает высокую надежность. Интерфейс разработанного программного решения представлен на рисунке 4.

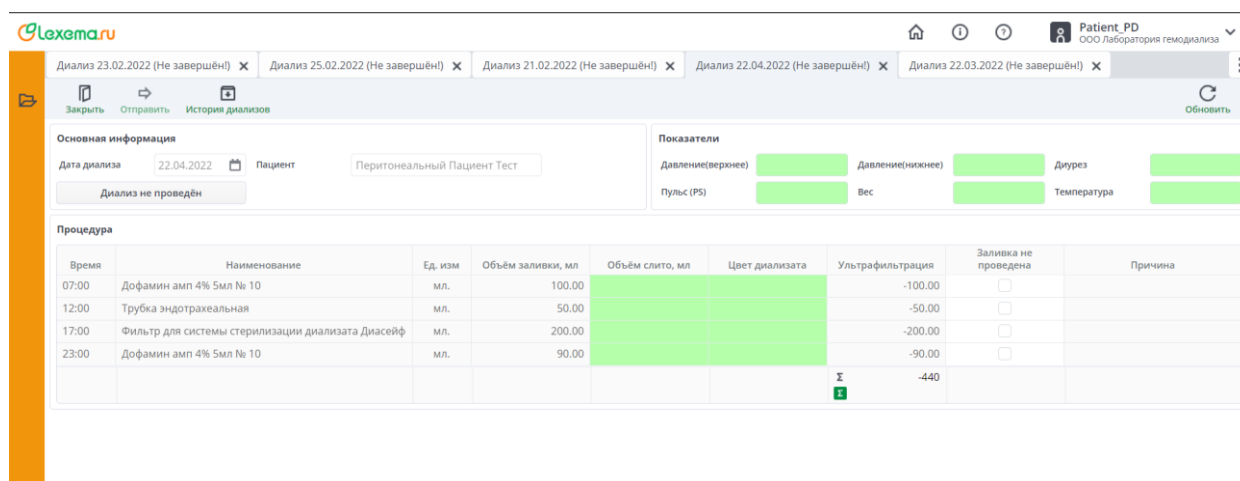


Рис. 4. Интерфейс приложения

Для оценки эффективности приложения был проведен вычислительный эксперимент, в ходе которого сравнивались временные затраты на лечение пациента с помощью ручного мониторинга с временем, уделяемым на удаленный мониторинг пациента на перитонеальном диализе (табл.1).

Фрагмент сравнения ручного и удаленного мониторинга

Процесс	Ручной мониторинг	Удаленный мониторинг
Назначение схемы лечения	Для получения назначения пациент посещает диализный центр, либо же врач отправляет назначение в электронном виде (почта, мессенджер). Среднее время на эти действия составляет 30-60 мин.	Врач создает документ “Назначение” в системе, для упрощения заполнения реализованы шаблоны схем лечения. Этот процесс занимает 5-10 минут. После входа в приложение, пациенту будет доступна процедура ручного ПД с назначением врача.
Анализ журнала диализа для контроля эффективности лечения	Врач вручную собирает данные, полученные от пациента, к тому же информация по каждой процедуре записывается в отдельный документ. Это все усложняет анализ завершенных процедур и может доводить время анализа до 1-2 ч.	Врач создает печатную форму <i>диализный журнал</i> , отражающий список проведенных процедур для выбранного пациента. Анализ данных, удобно собранных в одном отчете, занимает в среднем 15-20 мин.

По результатам эксперимента сделан вывод, что с применением удаленного мониторинга уменьшилось количество необходимых визитов пациентов в диализный центр, а также существенно сократилось время, затрачиваемое врачами на выполнение различных процессов, связанных с лечением пациента. Также было проведено тестирование программного решения в нормальных, экстремальных и исключительных условиях, которое показало, корректность выполнения заложенных функций.

### ***Заключение***

В статье показаны результаты анализа предметной области, проведенного анализ существующих программных решений, которые позволили определить требования и наиболее важные функции в приложении. Описана содержательная постановка задачи мониторинга пациентов на перитонеальном диализе. Обсуждены основные аспекты разработки программного обеспечения для решения задачи мониторинга пациентов на перитонеальном диализе.

Результаты, отраженные в статье, являются практически значимыми. При использовании удаленного мониторинга уменьшилось количество необходимых визитов пациентов в диализный центр, а также существенно сократилось время, затрачиваемое врачами на выполнение различных процессов, связанных с лечением пациента, что позволяет содействовать повышению эффективности работы врачей.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гемодиализ. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.bb Braun.ru/ru/patients/renal-care-for-patients/diagnosis-renal-failure/hemodialysis.html>.
2. Новая реальность – медицина на дому. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://expertnw.com/naglyadno/novaya-realnost-meditsina-na-domu/>.
3. Обеспеченность населения Российской Федерации заместительной терапией функции почек. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://nephro.ru/index.php?r=site/pageView&id=215%20,%20journal.nephro.ru/index.php?r=journal/pageView&id=215>.
4. The utility of remote patient management in peritoneal dialysis. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://academic.oup.com/ckj/article/14/12/2483/6316253>.
5. Система HOMECHOICE CLARIA с SHARESOURCE для заместительной почечной терапии. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.baxter.com.ru/ru/healthcare-professionals/renal-care/homechoice-claria-sharesource-renal-care>.
6. PatientOnLine – ПО для управления ПД. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.freseniusmedicalcare.ru/ru/professionalam/informacionnye-tehnologiiit-v-dialize/patientonline-po-dlja-upravlenija-pd>.

УДК 004.514 + 004.021 + 004.624

Е. И. ПОЛЯКОВА

*kat1906200152@gmail.com*

Науч. руковод. – канд. физ.-мат. наук, доц. Р. П. АБДРАХМАНОВА

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ЗАДАЧИ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ДАННЫХ СПЕКТРАЛЬНОГО ГАММА-КАРОТАЖА**

**Аннотация.** В данной статье будет рассмотрена задача реализации математического и программного обеспечения для интерпретации данных спектрального гамма-каротажа.

**Ключевые слова:** гамма-каротаж; спектрометрический гамма-каротаж; петрофизика; workflow; дерево решений; программное обеспечение.

В природных системах уран, торий и калий ассоциируют с целым рядом редких элементов. Урановые руды часто являются комплексными, кроме урана они могут содержать такие элементы, как золото, бериллий, литий, цезий, тантал и т. д. С другой стороны, уран и торий оказываются элементами-спутниками редких металлов на месторождениях последних. В этом случае радиоактивные элементы играют роль важных индикаторов, и отдельное определение U, Th и K по их гамма-излучению приобретает особое значение. По результатам гамма-спектрометрии естественных ядерных излучений открыт ряд месторождений редких и цветных металлов. Гамма-спектральные исследования проводятся также при поисках месторождений нефти и газа. Гамма-спектрометрия применяется и в космических исследованиях, она открывает широкие перспективы картирования планет.

В последние годы получил развитие спектрометрический вариант гамма-метода, позволяющий измерять массовое содержание в горных породах естественных радиоактивных элементов (ЕРЭ): тория (THOR), урана (URAN) и калия (POTA) по его радиоактивному изотопу K40. Данные спектрального гамма-каротажа можно использовать для идентификации и количественного определения количества изотопов урана, тория и калия, обнаруженных в скважинах. Эти данные можно использовать для того, чтобы:

- различать сланцы и соли калия;
- распознавать и оценивать процентное содержание типов минералов в коренных породах, окружающих скважину;
- вычислять процентное содержание глины;
- определять типы глинистых минералов;
- составить карту содержания глины.

Одной из важнейших задач является определение коэффициента глинистости. В стандартном комплексе эту задачу решают, обрабатывая результаты интегрального гамма-каротажа. Однако существует большое число пластов, радиоактивность которых определяется не только глинистостью. Для этих пластов важно выявить, излучение каких радиоактивных элементов будет связано с глинистыми минералами и использовать его для определения глинистости. Знание геологического строения исследуемых отложений и содержаний естественных радиоактивных элементов в минералах позволяет выявлять те индикаторные элементы, которые можно использовать для решения поставленной задачи. Наиболее часто в глинистых минералах присутствуют калий и торий, поэтому их суммарное гамма-излучение может наиболее тесно коррелировать с глинистостью.

Целью работы является доработка прототипа программного обеспечения, используемого в системе «ПРАЙМ», упрощающее работу пользователя с вышперечисленными данными.

Прототип модуля интерпретации данных спектрального гамма-каротажа (СГК) представляет собой двухстраничную форму. На первой странице (рис. 1) присутствует хаотичный набор полей, кнопок и таблиц с входными данными. Вторая страница (рис. 2) содержит перечень всевозможных выходных кривых и информацию об авторе, методика которого реализована в основном алгоритме модуля. Такой подход реализации интерфейса недружелюбен по отношению к пользователю. На первой странице со входными данными интерфейс значительно перегружен. На второй половину пространства занимает несуществен-

ная информация с точки зрения основного назначения ПО в виде блока с биографией автора.

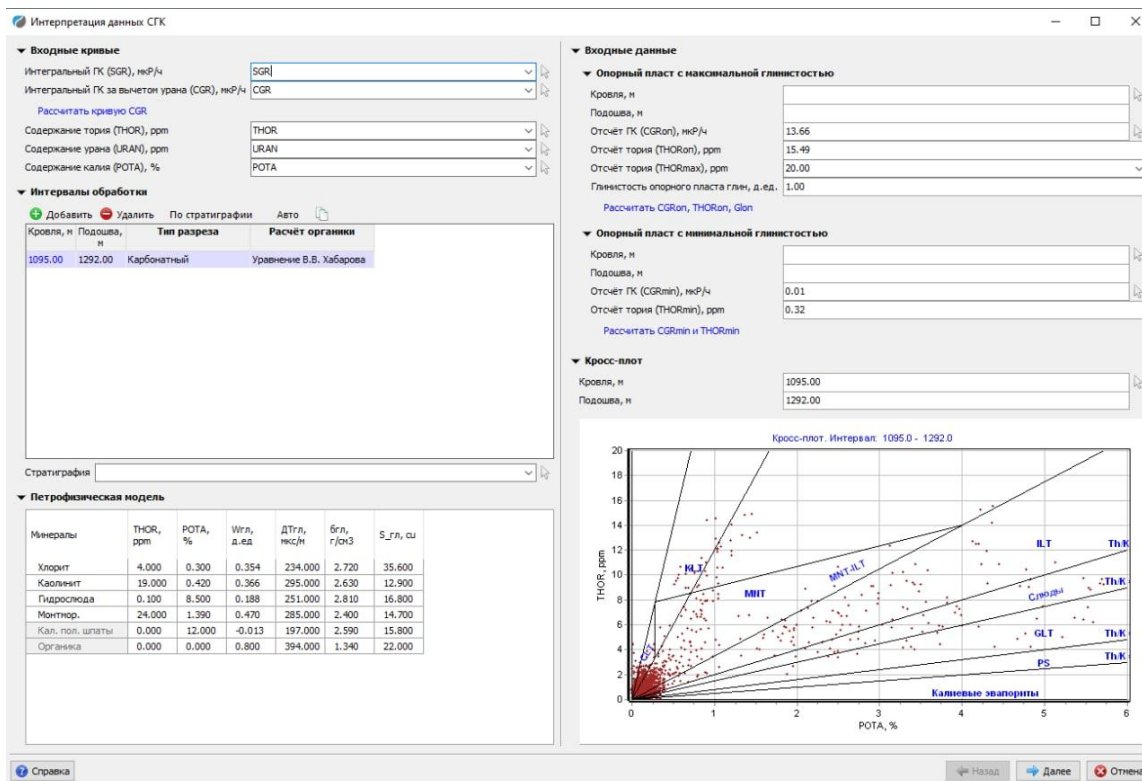


Рис. 1. Прототип модуля интерпретации данных СГК, первая страница

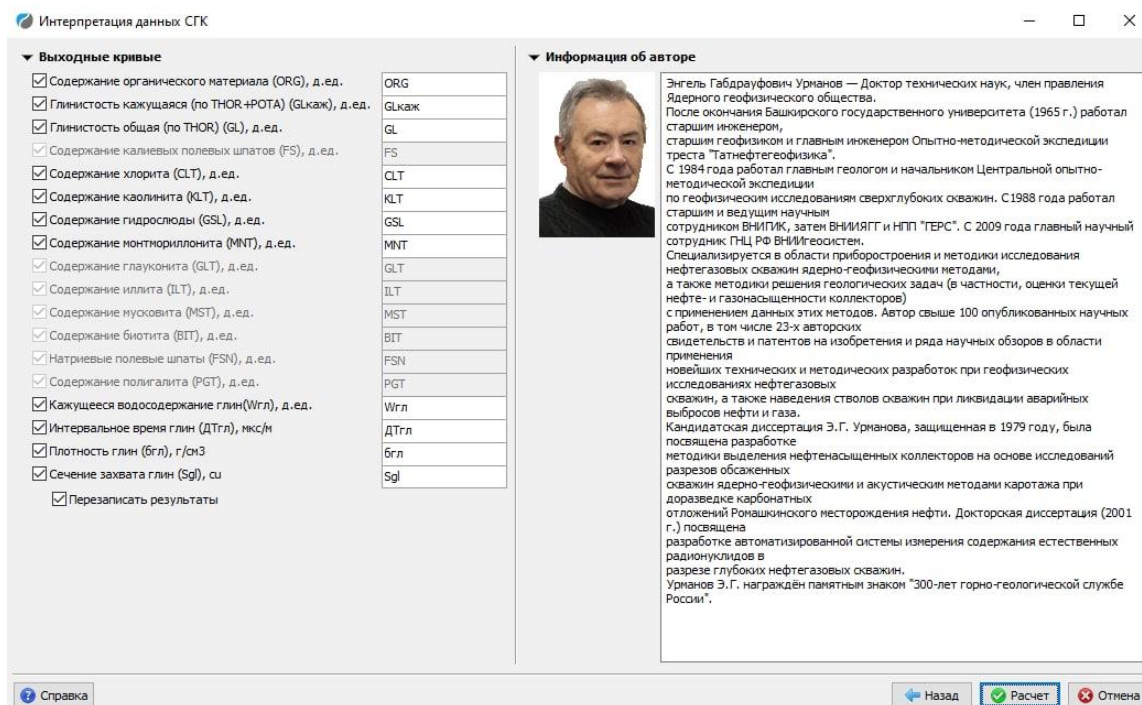


Рис. 2. Прототип модуля интерпретации данных СГК, вторая страница

Первым шагом к развитию модуля в сторону дружелюбного интерфейса являлась организация рабочего процесса пользователя (work-flow). Для этого была разработана некоторая последовательность действий в решении задачи интерпретации данных СГК:

1) Указание входных кривых, а именно: интервальный ГК (SGR), мкР/ч; интегральный ГК за вычетом урана (CGR), мкР/ч; содержание тория (THOR), ppm, урана (URAN), ppm и калия (POTA), %.

2) Указание интервалов обработки.

3) Выбор петрофизической модели.

4) Заполнение/расчет опорных пластов.

5) Указание имен выходных кривых и их расчет.

Важно отметить, что каждый такой этап должен сопровождаться поддержкой пользователя со стороны программного обеспечения, то есть постоянная проверка на корректный ввод входных данных, чтобы в случае возникновения проблемы было сразу понятно, в каком месте она могла произойти не только по тексту ошибки, но и визуально по интерфейсу.

Второй шаг развития ПО заключался в расширении полезной для пользователя функциональности, такой как:

1) Механизм интерпретации пользователя (рис. 3), где каждая отдельная интерпретация должна содержать список входных и выходных параметров, а также должна быть возможность их создания, удаления и быстрого переключения между несколькими версиями. Такая функциональность полезна для сравнения результатов одного алгоритма при разных входных параметрах, которых в данной задаче значительное количество. Основана она на простом общении модуля с таблицами баз данных, которые хранятся в специальных файлах с расширением WS (универсальный формат хранения информации, используемый в системе «ПРАЙМ»).

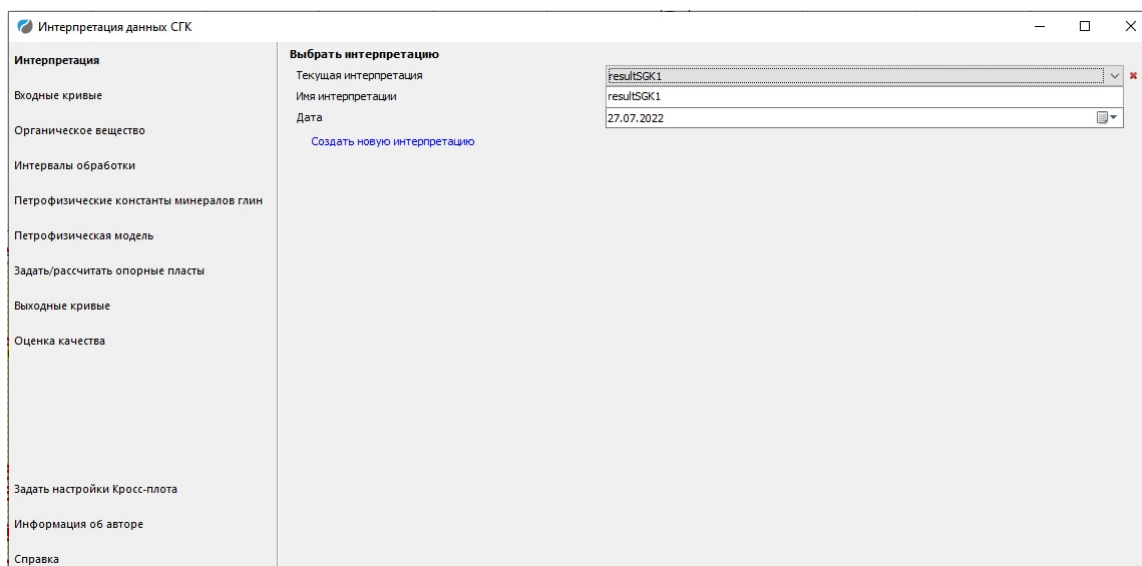


Рис. 3. Страница модуля с интерпретацией пользователя

2) Возможность добавления и последующего редактирования и удаления пользовательского уравнения органического вещества, и корректировка уравнений по умолчанию (М.Ю. Зубкова и В.В. Хабарова). В прототипе модуля СГК присутствовало только два варианта уравнений расчета органики, которые пользователь видел, как фамилии их авторов, что является не лучшим решением, так как данное уравнение фигурирует в основном алгоритме модуля и является одним из входных параметров, а значит, пользователь должен знать, что он подает на вход алгоритму.

Формула универсального уравнения выглядит следующим образом:

$$K_{орг} = a_0 + a_1 \cdot U + a_2 \cdot U^2,$$

где  $U$  – значения урана на текущей глубине,  $a_0, a_1, a_2$  – коэффициенты, которые выбираются в зависимости от того, в какой указанный пользователем промежуток попадает значение урана.

Для корректного введения значений важно предусмотреть возможность автоматической проверки интервалов значений урана, то есть предотвращать гипотетические ошибки пользователя, например такие, как наложение интервалов друг на друга ( $U_{max}[i-1] > U_{min}[i]$ ), пропуски на числовой оси ( $U_{max}[i-1] < U_{min}[i]$ ) и прочее.



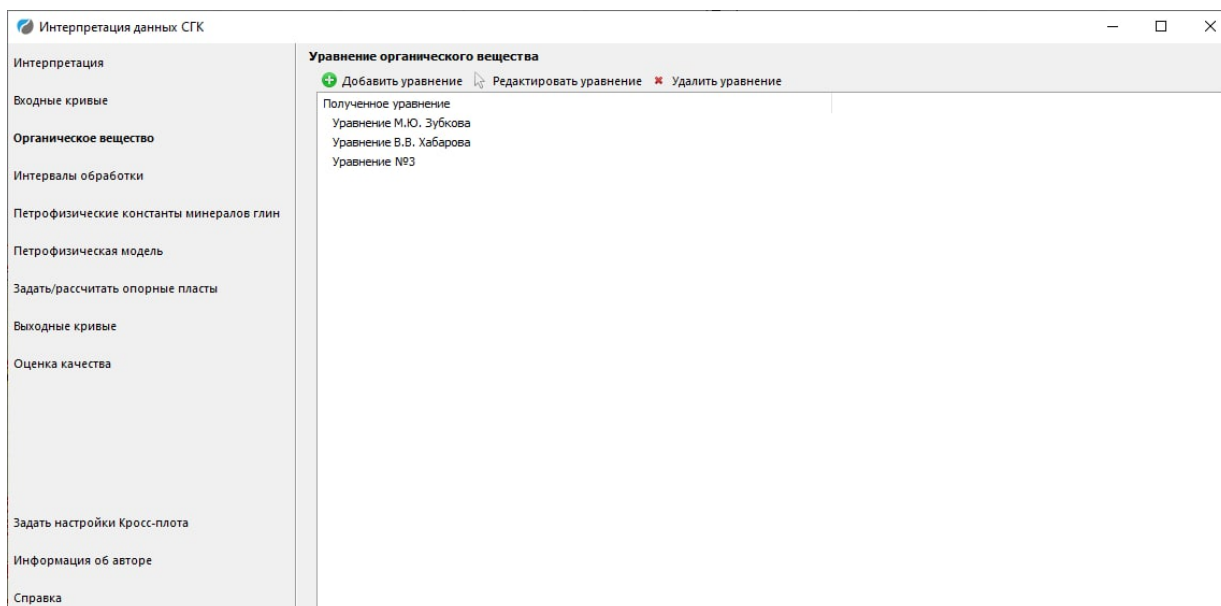


Рис. 4. Страница уравнения расчета органического вещества

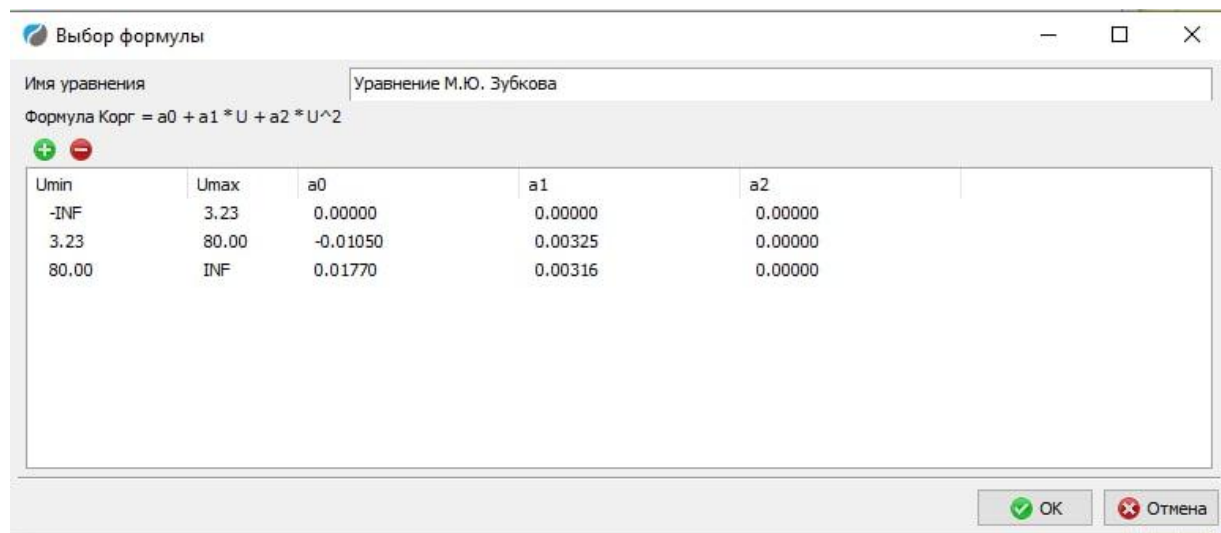


Рис. 5. Пример окна ввода уравнения органики

3) Расширение возможностей таблицы интервалов обработки. Помимо добавления и удаления интервалов пользователю зачастую необходимо такое же быстрое их разделение и объединение. Самое удобное решение для пользователя – это выполнение этих операций именно через соответствующие кнопки, а не через ручное указание чисел.

Также важно добавить функциональность выбора тех интервалов, которые будут принимать участие в основном расчете модуля, что позволит сравнивать результаты расчета без лишнего удаления и повторного добавления интервала.

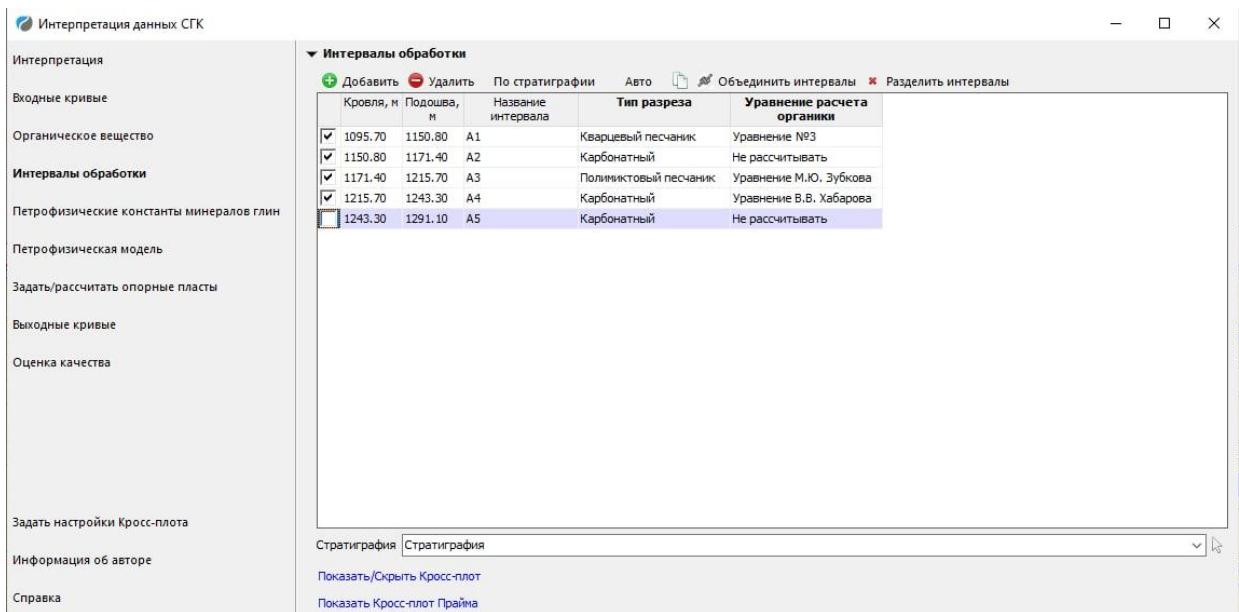


Рис. 6. Страница интервалов обработки

4) Регулировка вывода кросс-плота модуля и вызов кросс-плота системы «ПРАЙМ». Первое позволит пользователю в нужное время обратиться по кнопке к простому кросс-плоту, а второе реализует открытие отдельной подпрограммы, которая имеет полную функциональность, присущую программам отображения графиков. И чтобы вызов другой программы был корректным и таким, каким нужно пользователю, на отдельной странице реализована предварительная настройка осей абсцисс и ординат и заливки областей. Все необходимые параметры для кросс-плота «ПРАЙМА» передаются от модуля SGK в виде ссылок на объекты необходимых классов.

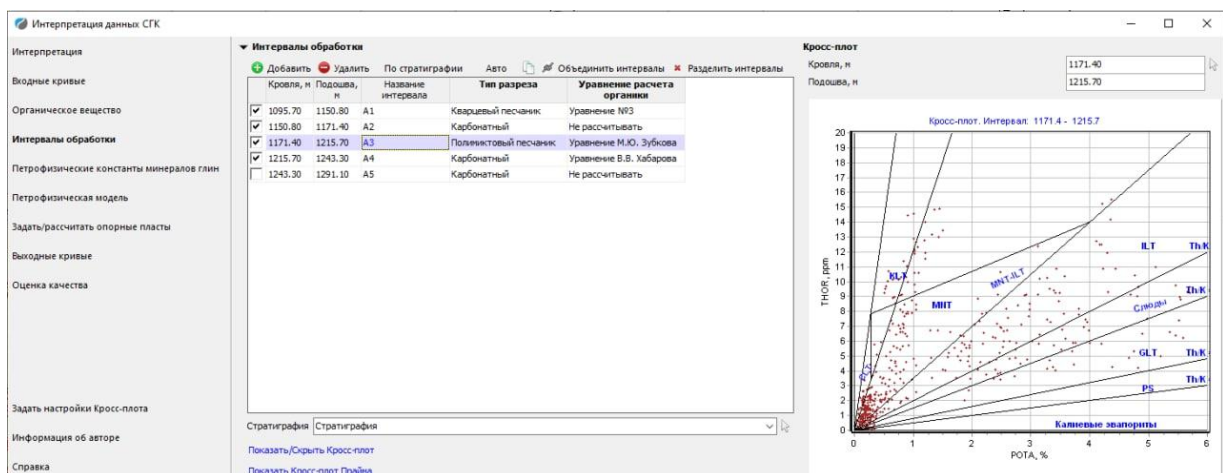


Рис. 7. Вызов кросс-плота модуля

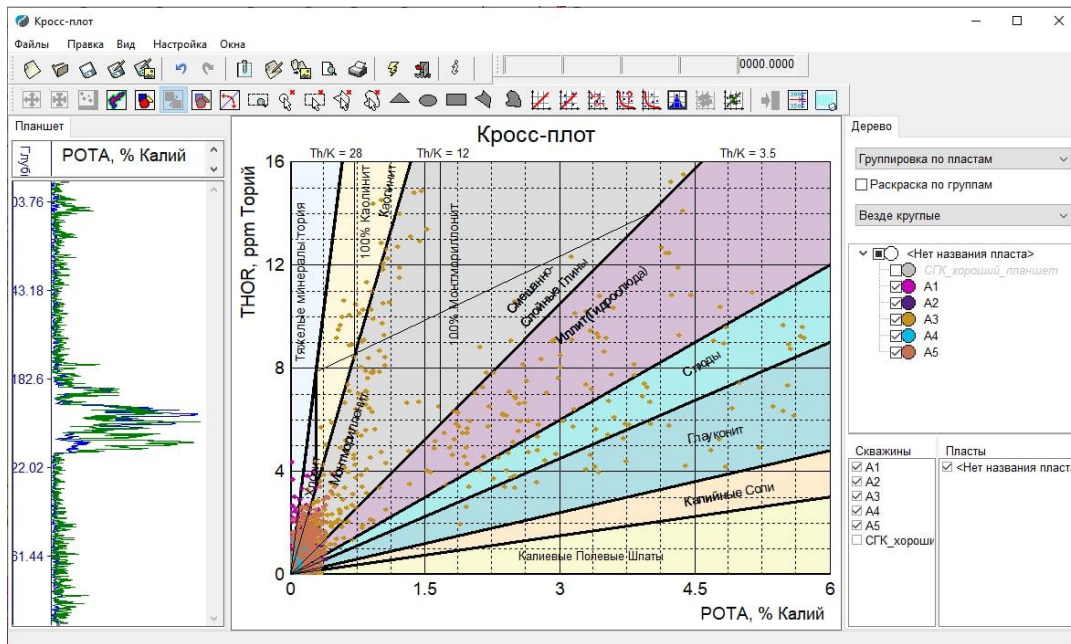


Рис. 8. Вызов подпрограммы "Кросс-плот" системы "ПРАЙМ"

5) Отображение полной таблицы петрофизических констант, дополненное возможностью сохранения текущих констант и загрузки пользовательских, путем общения программы с json-файлами.

Минералы	ТНОР, ppm	РОТА, %	Wгл, д.ед.	ДТгл, мкс/м	бгл, г/см3	S_гл, см
Хлорит	4.000	0.300	0.354	234.000	2.720	35.600
Каолинит	19.000	0.420	0.366	295.000	2.630	12.900
Гидрослюда	0.100	8.500	0.188	251.000	2.810	16.800
Монтмор.	24.000	1.390	0.470	285.000	2.400	14.700
Кал. пол. шпаты	0.000	12.000	-0.013	197.000	2.590	15.800
Органика	0.000	0.000	0.800	394.000	1.340	22.000
Глауконит	9.000	5.200	0.180	245.000	2.830	20.000
Иллит	25.000	4.500	0.100	290.000	2.690	14.000
Мусковит	0.010	8.600	0.110	174.000	2.830	16.900
Биотит	0.010	8.500	0.120	161.000	3.010	35.200
Нат. пол. шпаты	0.000	0.540	-0.011	161.000	2.620	7.700
Полигалит	50.000	13.370	0.260	190.000	2.790	23.800

Рис. 9. Страница с полным списком петрофизических константами

б) Автоматический подбор петрофизической модели. Для составления данной модели пользователю необходимо проанализировать график, отображающийся на кросс-плоте, а именно расположить в порядке убывания области, соответствующие названиям минералов, основываясь на количестве точек в

каждой из них. Это действие обязано выполняться программным обеспечением, путем проверки каждой точки на принадлежность к определенной области.

Каждая точка – это значение калия (координата X) и тория (координата Y) на определенной глубине. Далее несложно определить принадлежность этой точки к определенному сектору с помощью простого дерева решений, сравнивая необходимые координаты точки со значениями X и Y, полученных из уравнения очередной рассматриваемой прямой, расположенной на графике.

Минералы	THOR, ppm	ROTA	Wгл	DTгл, мкс/м	бгл	S_гл, см
Хлорит	4.000	0.300	0.354	234.000	2.720	35.600
Каолинит	19.000	0.420	0.366	295.000	2.630	12.900
Гидрослюда	0.100	8.500	0.188	251.000	2.810	16.800
Монтмор.	24.000	1.390	0.470	285.000	2.400	14.700
Кал. пол. шлаты	0.000	12.000	-0.013	197.000	2.590	15.800
Органика	0.000	0.000	0.800	394.000	1.340	22.000

Рис. 10. Страница с петрофизической моделью

7) Оценка качества. После выполнения расчета зачастую важно провести оценку полученных результатов для понимания того, насколько хорошо выполнил свою работу алгоритм и стоит ли как-то изменить входные данные.

В данном случае сначала выполняется обратная задача, заключающаяся в вычислении значений кривых тория, урана и калия на каждой глубине с помощью следующих уравнений:

$$\begin{aligned}
 THOR_T = & THOR_{орг} \cdot ORG + THOR_{кпш} \cdot FS + THOR_{хл} \cdot CLT + THOR_{кл} \cdot KLT \\
 & + THOR_{гсл} \cdot GSL + THOR_{мн} \cdot MNT + THOR_{глк} \cdot GLT + THOR_{ил} \\
 & \cdot ILT + THOR_{мс} \cdot MST + THOR_{био} \cdot BIT + THOR_{нпш} \cdot FSN \\
 & + THOR_{плг} \cdot PGT;
 \end{aligned}$$

$$URAN_T = U_{орг} \cdot ORG + U_{кпшм} \cdot FS + U_{хл} \cdot CLT + U_{кл} \cdot KLT + U_{гсл} \cdot GSL + U_{мн} \cdot MNT + U_{глк} \cdot GLT + U_{ил} \cdot ILT + U_{мсг} \cdot MST + U_{био} \cdot BIT + U_{нпш} \cdot FSN + U_{плг} \cdot PGT;$$

$$POTA_T = POTA_{орг} \cdot ORG + POTA_{кпш} \cdot FS + POTA_{хл} \cdot CLT + POTA_{кл} \cdot KLT + POTA_{гсл} \cdot GSL + POTA_{мн} \cdot MNT + POTA_{глк} \cdot GLT + POTA_{ил} \cdot ILT + POTA_{мс} \cdot MST + POTA_{био} \cdot BIT + POTA_{нпш} \cdot FSN + POTA_{плг} \cdot PGT,$$

где  $THOR_m$ ,  $URAN_m$ ,  $POTA_m$  – теоретические кривые тория, урана и калия,  $THOR_{орг}$ ,  $THOR_{кпш}$ , ...,  $U_{орг}$ ,  $U_{кпш}$ , ...,  $POTA_{орг}$ ,  $POTA_{кпш}$ , ... – значения, которые берутся из таблицы петрофизических констант, а  $ORG$ ,  $FS$ , ...,  $FSN$ ,  $PGT$  – значения выходных кривых минералов на каждой глубине.

Далее предоставляется возможность вызова подпрограммы кросс-плота отдельно для наглядной оценки каждой кривой. Каждый график представляет из себя отношение значений теоретической кривой к входной на каждой глубине и показывает отклонение (с учетом погрешности  $\pm 2$ ) от идеального результата в виде прямой  $y = x$ .

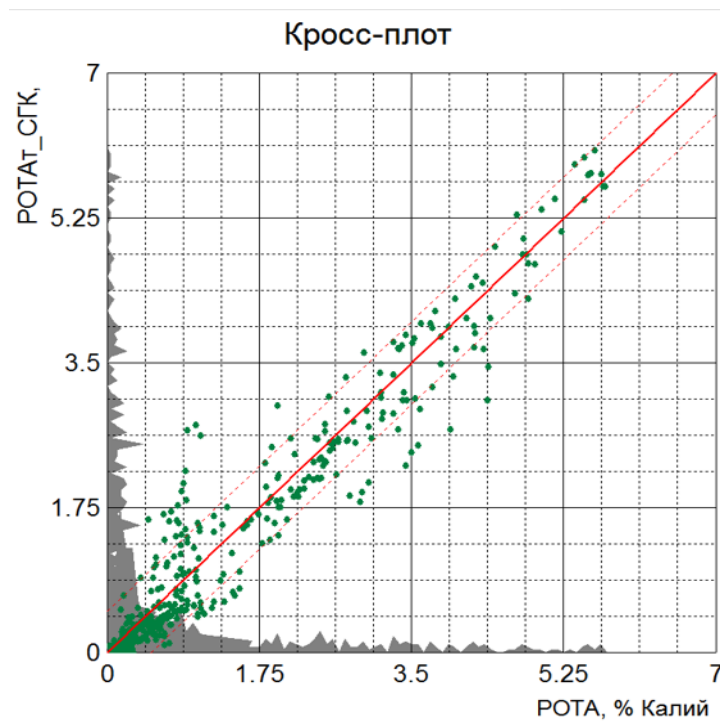


Рис. 11. Пример кросс-плота оценки качества по калию

8) Разделение дополнительной информации и основных параметров расчета. Нельзя лишать пользователя возможности получить расширенную ин-

формацию о программном обеспечении, но также важно не допустить навязчивости второстепенного материала. В связи с этим информация об авторе основного алгоритма была перенесена со вкладки выходных кривых в отдельную, не препятствующую расчетам.

Таким образом, после проведения всех модификаций, модуль интерпретации данных СГК однозначно стал более удобным для пользователя, а также получил дополнительную функциональность как с точки зрения математики (автоматический подбор петрофизической модели, обработка пользовательского уравнения расчета органического вещества), так и с точки зрения программных возможностей (общение модуля с базой данных, с программой той же системы, с файлами расширения json).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Климова, Л. М. Delphi 7. Основы программирования. Решение типовых задач. Самоучитель // Л.М. Климова. - М.: КУДИЦ-Образ, 2017. С. 97–234.
2. Осипов, Дмитрий Delphi. Программирование для Windows, OS X, iOS и Android // Дмитрий Осипов. - М.: "БХВ-Петербург", 2014. С. 23-102.
3. Варварин, Г.В., Урманов, Э.Г. Состояние и перспективы применения спектрометрического гамма-каротажа глубоких скважин // Сер. Развед. геофизика. М., ВИЭМС, 1991, 56 с.
4. Telford, W.M., 1990, Applied geophysics, 2nd ed. // Cambridge University Press. 1990.

УДК 004

Р. А. ХАЛИТОВ, Г. С. ГУБАЙДУЛЛИНА

*halitovruslan222@gmail.com, gubgg@yandex.ru*

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. О. С. НУРГАЯНОВА

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **РАСЧЕТ РИСКА НЕДОЖИТИЯ ПРИ БРОНХОЛЕГОЧНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЯХ**

**Аннотация.** Рассматривается проблема оценки функции выживания, на основе модели Каплана - Майера разработана программа, позволяющая проводить оценку рисков недожития пациентов с болезнями легких.

**Ключевые слова:** риск недожития, модель Каплана-Майера.

Жизнь современного человека протекает в условиях увеличения интенсивности и продолжительности воздействия неблагоприятных факторов окружающей среды. Более 40% всех заболеваний человека опосредовано патогенным воздействием факторов внешней среды. Биомаркером экологического и социально-экономического состояния территории являются хронические респираторные заболевания легких [1].

В настоящее время более 1 миллиарда людей разных возрастных категорий во всех странах мира страдают от хронических респираторных заболеваний (ХРЗ). Бремя предупреждающих ХРЗ оказывает большое отрицательное влияние на качество жизни и трудоспособность людей, пораженных болезнями ХРЗ, которые становятся причиной ранней смерти[2]. Прогноз экспертов ВОЗ свидетельствует, что хронические заболевания легких, к числу которых относят бронхиальную астму (БА), респираторные аллергии, хроническую обструктивную болезнь легких (ХОБЛ), профессиональные заболевания легких и легочную гипертензию, станут не только самой распространенной патологией в структуре общей заболеваемости населения, но и одной из основных причин смерти к 2020 г. Уже в настоящее время заболевания органов дыхания занимают первое место в структуре общей

заболеваемости населения Российской Федерации, отражая неблагоприятное состояние здоровья населения[1].

Согласно результатам фармакоэкономических исследований, затраты на лечение БА и ХОБЛ в России занимают лидирующее место среди болезней органов дыхания. В Российской Федерации прямые затраты, связанные с лечением БА, составляют около 8,5 млрд рублей. Затраты на компенсацию ущерба здоровью от ХОБЛ в 30-40 раз превышают затраты на ее профилактику. По экспертным оценкам Общественного фонда «Качество жизни» экономическое бремя ХОБЛ для РФ в 2013 г. оценивалось более чем в 24 млрд рублей, превышая экономическое бремя БА практически в два раза[1].

По оценкам ВОЗ, в настоящее время от бронхиальной астмы страдает 235 миллионов человек. Бронхиальная астма является самой распространенной хронической болезнью среди детей. В России распространенность среди взрослого населения колеблется от 2,2 до 7%, а в детской популяции этот показатель составляет около 10%[3].

По оценкам ВОЗ, ежегодно астма обуславливает потерю 15 миллионов так называемых DALY (Disability Adjusted Life Year – дословно «год жизни, измененный или потерянный в связи с нетрудоспособностью»), что составляет 1 % от общего всемирного ущерба от болезней. По данным специалистов, в мире от астмы умирают 250 тысяч человек в год[4]. Ежегодная смертность от астмы в России составляет 43 тыс. человек и Российская Федерация по показателям смертности занимает второе место в мире после Китая[1].

Другим, широко распространенным и лидирующим по причинам инвалидности и смертности заболеванием, является ХОБЛ. В течение жизни 27,6% людей подвержены риску развития ХОБЛ[1]. По данным ряда исследований, в России ХОБЛ страдают около 2,4 млн человек, однако по эпидемиологическим данным их число должно быть в 16 раз больше. Подобное количественное расхождение объясняется использованием различных



инструментов наблюдения ХОБЛ, отсутствием учета больных с ранними стадиями заболевания[1].

По данным ВОЗ, в настоящее время ХОБЛ является 4-й лидирующей причиной смерти в мире. Ежегодно от ХОБЛ умирает около 2,75 млн человек, что составляет 4,8% всех причин смерти[5].

Таким образом, на сегодняшний день ХОБЛ является одним из самых распространенных хронических воспалительных заболеваний в мире, характеризующимся неуклонным снижением качества жизни при прогрессирующем увеличении частоты смертности.

Для оценки вероятности недожития пациентов с заболеваниями легких предлагается использовать модель Каплана-Майера.

В клинической практике на сегодняшний день наиболее распространенным методом анализа выживаемости для описания цензурированных наблюдений является метод Каплана–Майера. Этот метод позволяет оценить долю пациентов, у которых не произошло терминальное событие, и оценить вероятность отсутствия события (остаться в живых) к определенному моменту времени от начала наблюдения. Такую вероятность называют выживаемостью, функцию зависимости выживаемости от времени – функцией выживаемости[6].

#### ***Математическая постановка задачи:***

Формула метода Каплана-Майера выглядит 
$$\hat{S}(t) = \prod_{i=0}^T \frac{R_i - d_i}{R_i} .$$

В программе переменные обозначают:

T - количество объектов в датасете;

$R_i$  - количество объектов, доживших до момента t;

$d_i$  - количество объектов, не доживших до момента t.

Архитектура разрабатываемого приложения является многослойной. На вход приложение получает датасет, который содержит список заболеваний,

возраст начала заболевания, методики лечения, и данные о лекарствах, болезни и возрасте получения заболевания, по которым программа рассчитывает вероятность недожития, используя метод Каплана-Майера и строит график зависимости выживаемости от времени.

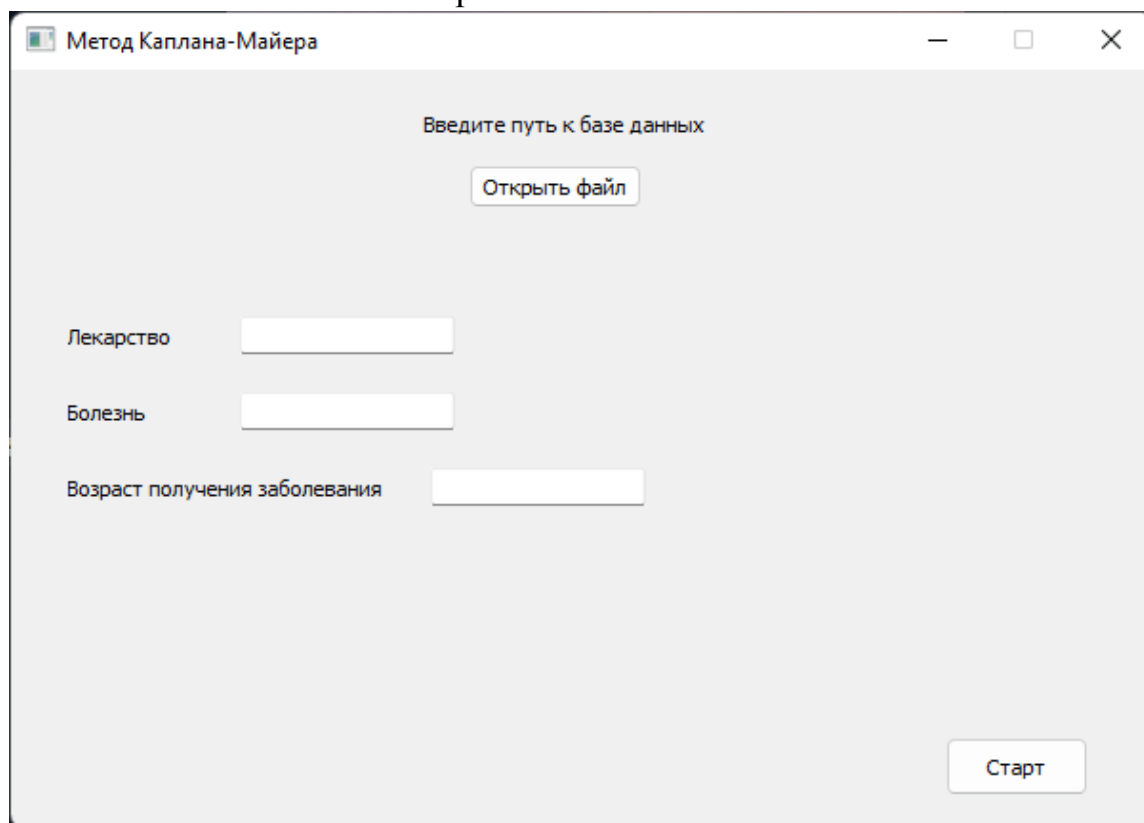


Рис. 1. Главное окно программы

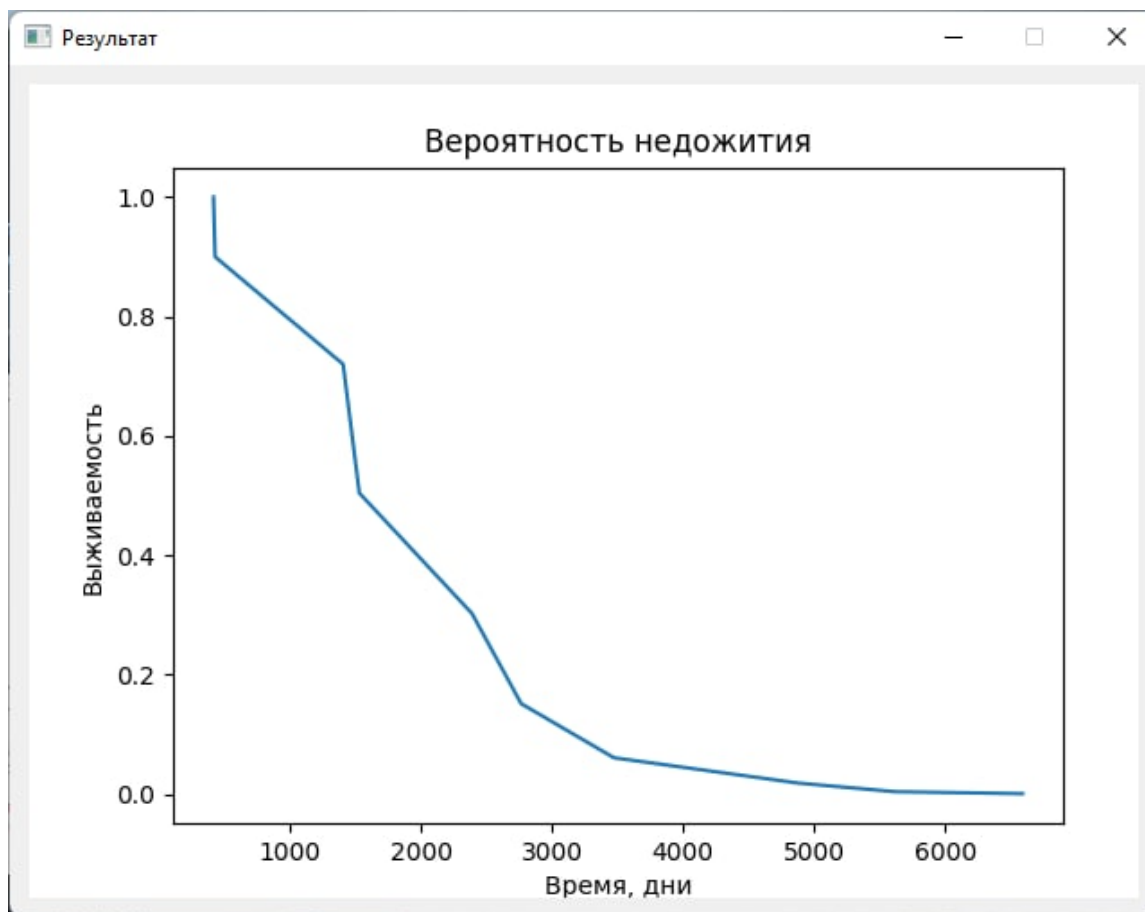


Рис. 2. График зависимости выживаемости от времени

По результатам проведенного вычислительного эксперимента для болезни 1, лечения 1 и возраста заболевания 44 года, представленному на рисунке 2, можно сказать, что риск недожития у этой группы людей достаточно мал.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О. Ю. Кытикова, Т. А. Гвозденко, М. В. Антонюк Современные аспекты распространенности хронических бронхолегочных заболеваний
2. <https://monographies.ru/ru/book/section?id=9652>
3. [https://crb-vykxa.ru/news/articles/articles\\_649.html](https://crb-vykxa.ru/news/articles/articles_649.html)
4. <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=7391>
5. Российское респираторное общество Федеральные клинические рекомендации по диагностике и лечению хронической обструктивной болезни легких
6. А.С.Слинин, О.И.Быданов, А.И.Карачунский Анализ выживаемости и вероятности возникновения отдельных событий у пациентов с острым лейкозом

УДК 519.683

А. Д. ХЛОПИН

*Khlopin\_ant@mail.ru*

Науч. руковод. –канд. техн. наук, доц. Л. М. КАРАМОВА

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **РЕАЛИЗАЦИЯ И ВЫПОЛНЕНИЕ АЛГОРИТМА ПОЛУЧЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ЭЛЕКТРОННЫХ ПИСЕМ И ИЗМЕНЕНИЕ БАЛАНСА ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ НА ОСНОВЕ ПОЛУЧЕННЫХ ДАННЫХ**

**Аннотация.** В данной работе объектом исследования является процесс автоматизации получения электронных писем с платежной информацией и перерасчет баланса на основе полученной информации. Предметом исследования являются алгоритмы и методы анализа текстовых данных на основе заданных шаблонов.

**Ключевые слова:** парсинг; автоматический прием писем; cgm система.

Автоматический прием писем имеет ряд преимуществ относительно механической сортировки писем и ручным вводом информации в базу данных. Помимо экономии времени можно отметить ряд преимуществ, такие как быстрота актуализации данных, человеческий фактор, круглосуточная работа. Программа в реальном времени решит задачу по заданным алгоритмам.

Система автоматизации приема платежей является распределенной системой, что позволяет дополнять ее различными микро сервисами, выполняющими самые разные задачи, и дает возможность запускать эти задачи на разных серверах и компьютерах и добавлять модули, работающие с секретными банковскими данными на стороне банка. За счет этого система имеет повышенную безопасность.

### ***Сущность предметной области***

Автоматический прием писем имеет ряд преимуществ относительно механической сортировки писем и ручным вводом информации в базу данных. Помимо экономии времени можно отметить ряд преимуществ, такие как быстрота актуализации данных, человеческий фактор, круглосуточная работа. Программа в реальном времени решит задачу по заданным алгоритмам.

Система автоматизации приема платежей является распределенной системой, что позволяет дополнять ее различными микро сервисами, выполняющими различные задачи, и дает возможность запускать эти задачи на разных серверах и компьютерах и добавлять модули, работающие с секретными банковскими данными на стороне банка. За счет этого система имеет повышенную безопасность.

### ***Обзор существующих решений***

На рынке присутствуют некоторые CRM системы с подобным функционалом обработки электронных писем. В этих системах пользователь может задать фильтры, шаблоны и некоторые действия для обработки типовых писем, похожий функционал представлен в amoCRM

Такие решения имеют несколько минусов:

- Высокая дополнительная стоимость, обусловленная покупкой целой CRM системы

- Недостаток гибкости, которая не позволит адаптировать данные под внутренние процессы компании. Подобное решение хорошо подходит для простейших действий, таких как сортировка почты, автоматические ответы и т. п.

Существуют и другие аналоги. В таблице 1 рассмотрены crm системы по ряду критериев.

Таблица 1

Сравнение crm систем по критериям

	Надежность	Удобство	Функции CRM	Другие функции	Стоимость
Pipedrive	● ● ○	● ● ●	● ● ●	● ● ○	800 - 6 300 ₺
Bitrix24	● ● ○	● ○ ○	● ● ●	● ● ●	990 - 11 900 ₺
Brizo	● ● ○	● ● ●	● ● ●	● ● ●	299 - 999 ₺
amoCRM	● ● ●	● ● ○	● ● ●	● ● ○	499 - 1 499 ₺
Мегаплан	● ● ●	● ● ○	● ● ○	● ● ○	549 - 999 ₺

## Целостное описание системы

Автоматическая система зачисления платежей является частью мощной системы голосовых сервисов и ip-телефонии. Данная система позволяет своим клиентам осуществлять различные платные услуги: голосовые вызовы, рассылки, интеллектуальный IVR. Для подключения любой услуги на балансе клиента должна находиться достаточная сумма для списания. Чтобы пополнить свой баланс клиент переводит свои средства на счет компании. Получив эту информацию, бухгалтер переводит средства на баланс клиента.

Зачастую время между переводом денег на счет и пополнением баланса в системе занимает несколько часов, что естественно приводит к неудовлетворенности клиента.

Была озвучена следующая постановка задачи: отсортировать электронные письма, получить из них платежные данные клиентов и занести их в базу данных, сделав перерасчет баланса.

Было принято решение разделить эту задачу на два модуля:

- модуль получения и сортировки писем;
- модуль обработки платежной информации.

В системе используется сервер сообщений Kafka Apache — распределенная система обмена сообщениями между серверными приложениями в режиме реального времени. Благодаря высокой пропускной способности, масштабируемости и надежности эта система широко применяется в компаниях, работающих с большими объемами данных.

В итоге получилось следующая схема системы:

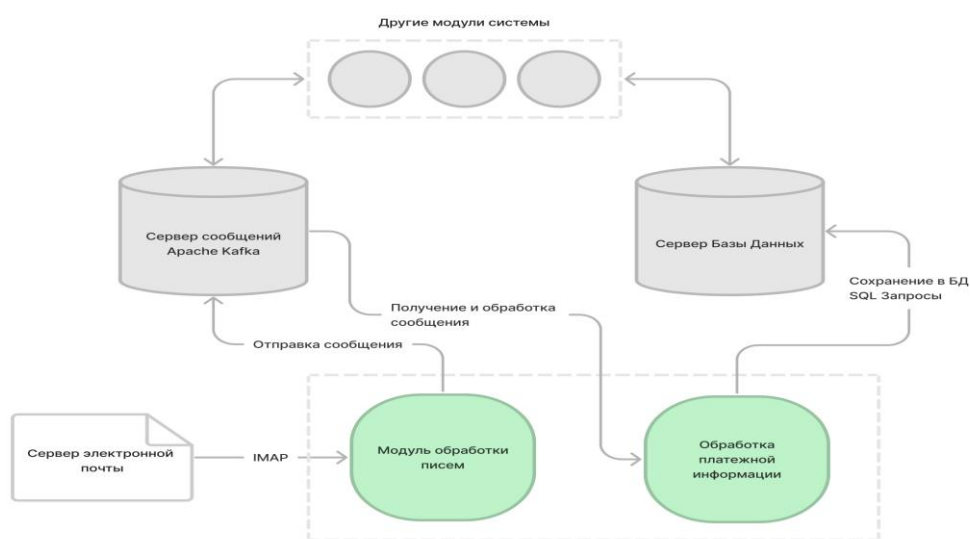


Рис. 1. Общая архитектура проекта

Вся система состоит из множества микро сервисов, которые общаются между собой, используя сервер сообщений (Kafka Apache). Все данные содержатся в БД(MySQL).

Нашей первой целью является получение электронных писем от банков, их анализ и изъятие нужной нам информации с последующей отправкой ее на Kafka сервер. Для этого был создан модуль BillingMailHandler.

Наша вторая задача заключается в обработке этой информации, анализе и обновлении Базы Данных. Этим будет заниматься второй модуль системы (BillingMailHandler).

Каждый модуль представляет из себя консольное приложение, написанное на языке Java, что позволяет запускать эти модули на разных компьютерах с любой операционной системой. Оба модуля не имеют собственного пользовательского интерфейса, поэтому его настройка происходит с помощью персонального файла properties.

### ***Структура решения задачи, декомпозиция задачи на подзадачи***

Поставленную задачу можно разделить на две основные задачи:

1. Сортировка писем и получение из них информацию о клиентах
2. Обработка платежной информации и сохранение ее в базу данных

Каждую из этих задач можно декомпозировать на более мелкие подзадачи



Рис. 2. Общая схема задачи

## *Декомпозиция задачи сортировки писем*

Задачу сортировки писем можно декомпозировать на следующие подзадачи:

- Настройка и подключение к почтовому ящику по протоколу IMAP;
- Фильтрация непрочитанных писем с почтового ящика по определенным критериям (По заголовку и имени отправителя);
- Парсинг и получение нужных данных из письма;
- Формирование сообщения для отправки на Kafka сервер.

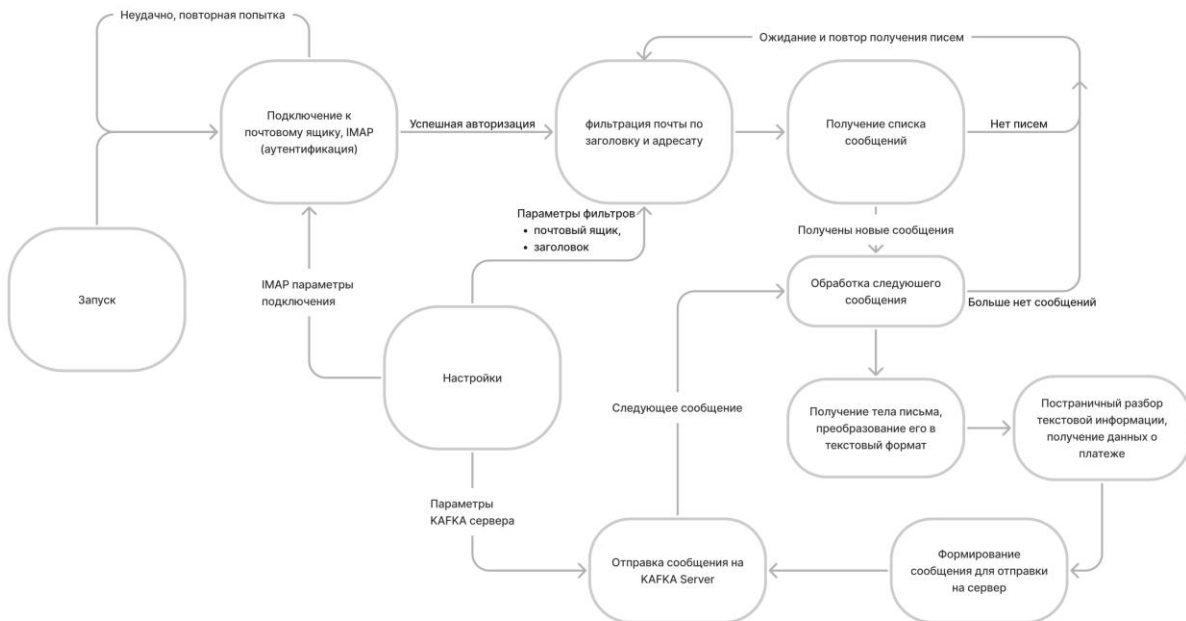


Рис. 3. Декомпозиция модуля обработки писем

## *Декомпозиция задачи по обработке платежной информации*

Задачу обработка платежной информации и сохранение ее в базу данных можно декомпозировать на следующие подзадачи:

- Получение сообщения с Kafka сервера;
- Поиск юридического лица по ИНН в БД и получение его ContractorId;
- По ContractorId ищем лицевой счет и к его балансу прибавляем сумму платежа;



– Заполнение таблицы в БД определенными параметрами (ContractorId, номер найденного лицевого счета, текущее время платежа, сумма, фиксировано organizationId = 12, userId = 4, комментарий = "Автоматическое пополнение»);

– Логирование: в новую таблицу ложить записи при обработке платежа (type=1 найден лицевой счет, type=2 не найден... и message = "Успешное пополнение лицевого счета № ..., ИНН ..., сумма ..." или "Не удалось пополнить счет ИНН..., сумма...»).

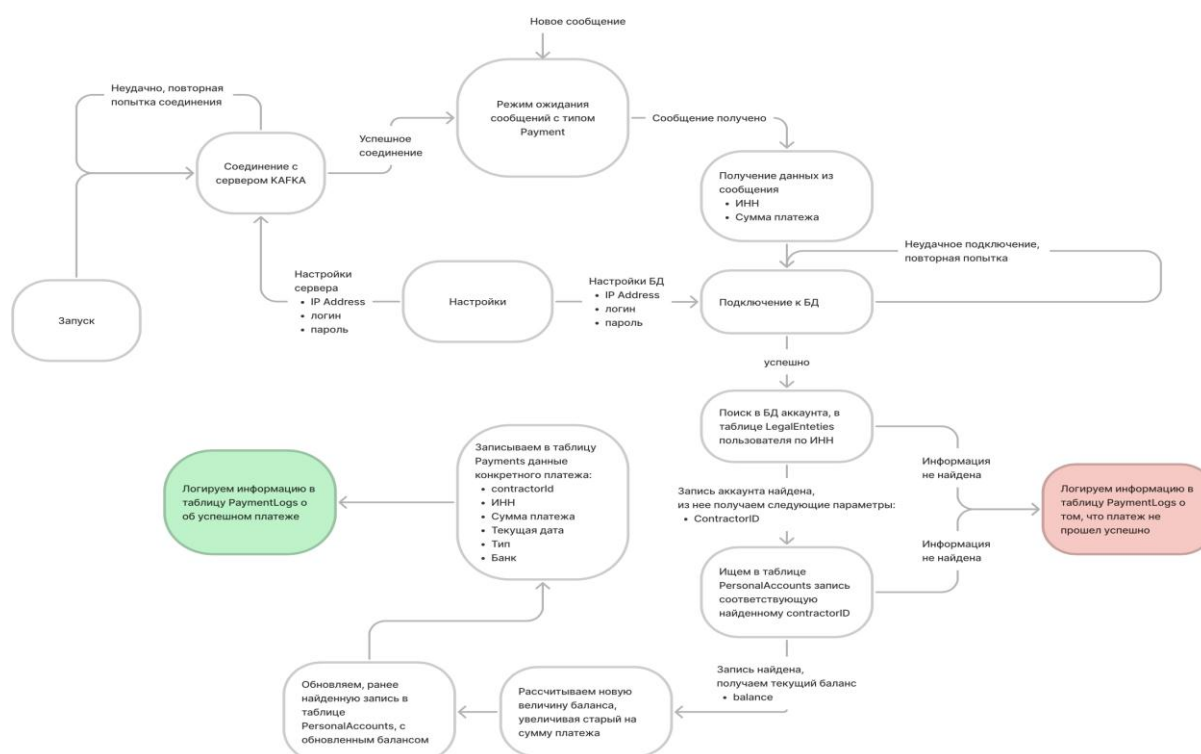


Рис. 4. Декомпозиция модуля обработки платежной информации

В результате было проведено исследование рыночных решений по приему и обработке электронных писем, автоматизации процесса обработки платежей клиентов биллинговой системы. На основе данного сравнения выбраны наиболее удобные и подходящие варианты разработки.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сайт разработчика среды разработки IntelliJ IDEA: сайт – 2022. – URL: <https://www.jetbrains.com/ru-ru/idea/features/> (дата обращения: май 2022 г.). Режим доступа: свободный.

2. NetBeans, Материал из Википедии — свободной энциклопедии: статья 2021г. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/NetBeans> (дата обращения: май 2022 г.). Режим доступа: свободный.
3. Eclipse (среда разработки), Материал из Википедии — свободной энциклопедии: статья 2022г. – URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Eclipse\\_\(среда\\_разработки\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Eclipse_(среда_разработки)) (дата обращения: май 2022 г.). Режим доступа: свободный.
4. IntelliJ IDEA, SkillFactory.blog, статья 2022г. - URL: <https://blog.skillfactory.ru/glossary/intellij-idea> (дата обращения: май 2022 г.). Режим доступа: свободный.
5. База данных MySQL: причины ее популярности, статья 2021г. - URL: <https://gb.ru/blog/baza-dannykh-mysql/> (дата обращения: май 2022 г.). Режим доступа: свободный.
6. Kafka Apache, SkillFactory.blog, статья 2022г. - URL: <https://blog.skillfactory.ru/glossary/kafka-apache/> (дата обращения: май 2022 г.). Режим доступа: свободный.
7. Преимущества языка программирования Java. Где используется Java и зачем нужна?, ITandLife.ru, статья 2021г, - URL: <https://itandlife.ru/programming/java/preimushhestva-jazyka-programirovaniya-java-gde-ispolzuetsja-java-i-zachem-nuzhna/> (дата обращения: май 2022 г.). Режим доступа: свободный.
8. Алгоритм Рабина — Карпа, Материал из Википедии — свободной энциклопедии: статья 2021г. – URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Алгоритм\\_Рабина\\_—\\_Карпа\\_](https://ru.wikipedia.org/wiki/Алгоритм_Рабина_—_Карпа_) (дата обращения: май 2022 г.). Режим доступа: свободный.
9. Алгоритм Кнута — Морриса — Пратта, Материал из Википедии — свободной энциклопедии: статья 2019г. – URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Алгоритм\\_Кнута\\_—\\_Морриса\\_—\\_Пратта](https://ru.wikipedia.org/wiki/Алгоритм_Кнута_—_Морриса_—_Пратта) (дата обращения: май 2022 г.). Режим доступа: свободный.
10. Поиск подстроки в строке, Университет ИТМО: статья. – URL: [https://neerc.ifmo.ru/wiki/index.php?title=Поиск\\_подстроки\\_в\\_строке](https://neerc.ifmo.ru/wiki/index.php?title=Поиск_подстроки_в_строке) (дата обращения: май 2022 г.). Режим доступа: свободный.

УДК 004.056.53

И. А. ШАБАЛИН

*ilya5m@yandex.ru*

Науч. руковод. – А. С. ФИЛИППОВА

*Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы*

## **ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В УСЛОВИЯХ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ**

*Аннотация.* Обеспечение информационной безопасности предприятий, применения и возможности использования их. Соблюдение требований регуляторов, таких как ФСТЭК и ФСБ, Роскомнадзор, обеспечение информационной безопасности в условиях импортозамещения от западных вендоров.

*Ключевые слова:* информационная безопасность, регуляторы, ресурсы, тестирование, аудит, отказ от обслуживания.

Информационные технологии плотно вошли в рабочие процессы организаций, сейчас сложно представить какую-либо сферу деятельности, не использующую информационные технологии в своей работе. Из этого следует, что идет повсеместное накопление данных, и в частности, накопление персональных данных внутри организаций. Ввиду повсеместного использования информационных технологий встает вопрос об обеспечении безопасности обработки персональных данных в организациях на территории Российской Федерации. На протяжении последних 30 лет Российская Федерация использовала импортные решения как программного обеспечения, так и решения в сфере информационной безопасности, но начиная с 2014 года ввиду наложения санкций и целенаправленной политики отказа от обслуживания Российская Федерация сталкивается с проблемами поддержания работоспособности, а также обеспечения информационной безопасности. Ввиду последних мировых событий многие крупные западные вендоры перешли от политики поддержки, к политике сворачивания своей деятельности на территории Российской Федерации. В статье будут рассматриваться вопросы обеспечения информационной безопасности и альтернативные решения в случаях полного отказа от импортных решений в области информационной безопасности.

В марте 2022 года Федеральной службой технического экспортного контроля (далее-ФСТЭК) разработаны методические рекомендации по обновлению средств обеспечения информационной безопасности и операционных систем [3]. ФСТЭК трактует следующие моменты.

1) угрозы «0» дня имеют место быть;

2) обновления узлов, АРМ с ОС импортных ОС допускается в случае, если компенсационными мерами таковые угрозы не могут быть исчерпаны.

Кроме того, Министерство просвещения Российской Федерации на основании писем ФСТЭК выпустил рекомендации по защите сайтов органов исполнительной власти и подведомственных им организациям [5] от потенциальных утечек и кибератак.

Среди самого важного можно отметить следующие рекомендации при использовании информационных технологий:

– В полной мере отказываться от использования на сайтах госорганов сервисов подсчета и сбора информации о пользователях, онлайн-сервисов, среди которых: ReCAPTCHA, YouTube, Google Analytics, Google Maps, Google Translate и других.

– Применять максимально эффективное межсетевое экранирование, выполнять правильную настройку фаерволлов в режиме особо мощного противодействия кибератакам, осуществлять блокировку всего трафика с американских, европейских IP-адресов и IP-адресов других «недружественных» стран, в том числе трафика, который поступает из даркнета с использованием TOR.

– Обеспечить фильтрацию веб-трафика прикладного уровня с использованием средств межсетевого экранирования уровня приложений, которые должны быть установлены в режим противодействия кибератакам.

Альтернатива западным операционным системам на данный момент уже предлагается, это разработка и стимулирование перехода к отечественным решениям программного обеспечения. Таковой альтернативой является «Астра-Линукс». Ранее Российская Федерация уже приняла ряд нормативно-правовых

документов для стимулирования как органов исполнительной власти, так и частного сектора для перехода на отечественные решения. Одним из них является Указ Президента Российской Федерации от 05.12.2016 г. № 646 «Об утверждении Доктрины информационной безопасности Российской Федерации»[2],

Однако стоит отметить, что отечественные решения не всегда являются совершенными в работе. Доктрина декларирует следующие направления:

– Развитие и рост собственной индустрии информационных технологий. Ключевыми действиями являются обеспечение спроса на отечественную продукцию, стимулирование ее продвижения на рынки других стран, стремление занять первые места среди стран по развитию отрасли информационных технологий. Для достижения поставленной задачи органы власти разных уровней должны обеспечить всестороннюю поддержку исследований, разработок, стимулировать производителей к выпуску товаров и услуг, которые могут составить конкуренцию иностранным аналогам.

– Защита от незаконного доступа к ресурсам обмена данными. Чтобы предотвратить опасные ситуации, ресурсы необходимо постоянно совершенствовать, пропагандировать применение системы защиты данных, изготовленной отечественными компаниями. Публичные опросы показывают, что в данный момент Федерация не готова к полному переходу на отечественные решения в области информационной безопасности, а также на повсеместное использование отечественных операционных систем. Отсутствует глобальный публичный опыт на территории Российской Федерации по использованию отечественных решений.

Таким образом, только в случае исполнения доктрины по информационной безопасности, а также ряда принятых нормативных правовых актов возможен переход на отечественное ПО и средства информационной безопасности в условиях отказа от обслуживания западных вендоров [4].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Официальный сайт Федеральной службы технического экспортного контроля. — Текст : электронный // <http://www.fstec.ru> : [сайт]. — URL: (дата обращения: 30.06.2022).
2. Указ Президента Российской Федерации от 05.12.2016 г. № 646 / ив. — Текст : электронный // Официальные сетевые ресурсы Президента России : [сайт]. — URL: <http://static.kremlin.ru/media/acts/files/0001201612060002.pdf> (дата обращения: 30.06.2022).
3. Информационное сообщение о мерах по повышению защищенности информационной инфраструктуры от 24 марта 2022 г. N 240/22/1549. Текст: электронный // <http://www.fstec.ru> : [сайт]. — URL <https://fstec.ru/normotvorcheskaya/informatsionnye-i-analiticheskie-materialy/2362-informatsionnoe-soobshchenie-fstek-rossii-ot-24-marta-2022-g-n-240-22-1549> (дата обращения: 30.06.2022).
4. Капустин, Ф. А. Информационная безопасность и защита информации в современном обществе / Ф. А. Капустин. — Текст : непосредственный // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. — Красноярск : РИЦ Сиб. гос. аэрокосмич. ун-та., 2016. — С. 738-740.
5. Горобец, А. В. Письмо Министерства просвещения РФ от 3 марта 2022 г. № 04-147 "О мерах по повышению защищенности информационной инфраструктуры системы образования" / А. В. Горобец. — Текст : электронный // <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/404335640/> : [сайт]. — URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/404335640/> (дата обращения: 14.08.2022).

УДК 519.6

Е. Р. ШАЙМАРДАНОВА

*shaymardanova.ekaterina.04@gmail.com*

Науч. руковод. – д-р техн. наук, проф. Н. М. ШЕРЫХАЛИНА

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **АНАЛИЗ ИЗВЕСТНЫХ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ПОГРЕШНОСТИ И УТОЧНЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ЧИСЛЕННОГО ЭКСПЕРИМЕНТА**

**Аннотация.** В статье описана проблема достоверности вычислительных результатов и их оценки погрешности. Проанализированы основные подходы к оценке погрешности вычислений. Подробно рассмотрены методы, использующие аналитический вид последовательности. Сделаны выводы о возможности построения надежных оценок погрешности на основе приведенных исследований.

**Ключевые слова:** численный эксперимент, ограниченность ресурсов, оценка погрешности, точность, ускорение сходимости рядов.

### ***Введение***

При вычислениях одинаковую важность имеют как разработка и обоснование эффективности численных методов, так и оценка погрешности результатов, полученных посредством этих методов. Практическая оценка погрешности численных методов представляет большие трудности, поскольку для анализа работы численного алгоритма необходимо учитывать не только математические свойства функций, но и ограничения (по времени, памяти, разрядности, надежности).

В связи с этим в вычислительной практике преобладают упрощенные методы обоснования достоверности и оценки погрешности, которые не обладают необходимой надежностью. Во многих опубликованных численных результатах содержатся ошибки в разрядах, которые декларируются как верные. Проверка опубликованных численных данных представляет существенно большую сложность по сравнению с математическими преобразованиями, поскольку значительная часть работы (например, программа расчета в исходном и машинном коде) остается скрытой. Качество анализа численных погрешностей существенно зависит от опыта и интуиции исследователя, применяющего различные приемы, не поддающиеся описанию и остающиеся за рамками научных публика-

ций. Доводы, которые обычно приводятся для обоснования декларируемых оценок, часто весьма ненадежны. В качестве примера можно привести метод тестирования, заключающийся в сравнении полученного численного результата с имеющимся точным или приближенным, полученным другим способом. Разность значений принимают за оценку погрешности. Но распространение этой оценки на другие примеры весьма рискованно. Для различных параметров одной задачи значения погрешности могут различаться на порядки. Сравнение численных данных с результатами физических экспериментов, которое часто используется для оценки погрешности, дает возможность оценить только погрешность аппроксимации, т.е. сумму 3-х составляющих  $\delta_{\text{аппроксимации}} = \delta_{\text{модели}} + \delta_{\text{эксперимента}} + \delta_{\text{вычислений}}$ . При отсутствии оценки вычислительной погрешности эта сумма не дает возможности оценить погрешность математической модели.

### ***Основные подходы к оценке погрешности вычислений***

В последнее время активно развиваются подходы, основанные на доказательных вычислениях, например, интервальный анализ [1]. Это есть доведенная до математической строгости (без учета ограничений на четвертый вид ресурсов – надежность) методика получения приближенных решений, находящихся в заданных пределах. Однако аналитические подходы требуют больших вычислительных ресурсов для сложных задач. Остаются проблемы обоснования многих перспективных численных методов. Кроме того, известные оценки могут быть весьма завышенными.

Следует отметить методы регуляризации [2, 3, 4], которые позволяют получить оценку точного решения и оценку погрешности. Однако известные методы регуляризации требуют задания некоторой априорной информации не только о погрешностях, но и об искомым. Результаты такой оценки зависят от этой априорной информации, поэтому могут привести к получению ошибочных выводов.



Существует большое число, так называемых методов «ускорения сходимости». Отметим, что если эти методы применяются к последовательностям, заданным аналитически, то можно говорить о сходимости, если же речь идет о последовательности чисел, то они всегда конечные, и можно говорить только об уменьшении наблюдаемой погрешности.

Известные методы ускорения сходимости можно разделить на два класса: методы, использующие аналитический вид члена последовательности, и универсальные методы, которые могут использовать только численные значения членов последовательности.

### ***Методы, использующие аналитический вид последовательности***

К первому классу относится, например, метод Кюммера [5], идея которого заключается в вычитании из данного сходящегося ряда  $\sum a_n$  другого эквивалентного ряда  $\sum b_n$  с известной суммой  $\sum_{n \geq 0} b_n = b$ . Предположим, что

$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{a_n}{b_n} = \rho \neq 0$ . Тогда преобразование имеет вид

$$\sum_{n=0}^{\infty} a_n = \rho \sum_{n=0}^{\infty} b_n + \sum_{n=0}^{\infty} \left(1 - \rho \frac{b_n}{a_n}\right) a_n = \rho b + \sum_{n=0}^{\infty} \left(1 - \rho \frac{b_n}{a_n}\right) a_n.$$

Последний ряд сходится быстрее, поскольку  $\lim_{n \rightarrow \infty} \left(1 - \rho \frac{b_n}{a_n}\right) = 0$ .

Процедура ускорения может быть повторена, если найдется известная сумма  $\sum_{n \geq 0} c_n = c$ , такая что  $\lim_{n \rightarrow \infty} \left(1 - \rho \frac{b_n}{a_n}\right) \frac{a_n}{c_n} = \rho_1 \neq 0$ .

К этому классу относится также метод Эйлера-Маклорена [6, 7, 8, 9], который основан на представлении суммы  $s_n = \sum_{k=0}^n f(k)$  через интеграл (Л. Эйлер, 1732, К. Маклорен, 1742)

$$s_n = \int_0^n f(t)dt + \frac{1}{2}(f(0) + f(n)) + \sum_{k=1}^m \frac{B_{2k}}{(2k)!} (f^{(2k-1)}(n) - f^{(2k-1)}(0)) + \varepsilon_{m,n}$$

Остаточный член представляется формулой

$$\varepsilon_{m,n} = \frac{1}{(2m+1)!} \int_0^n B_{2m+1}(x - [x]) f^{(2m+1)}(x) dx$$

где  $B_{2k}$  – числа Бернулли;  $B_i(x)$  – полиномы Бернулли [6, 10].

Многие методы разработаны для ускорения сходимости знакопередающихся рядов  $\sum_{k=0}^{\infty} (-1)^k a_k$ ,  $a_k \geq 0$ . Преобразование Эйлера заключается в использовании разностей

$$s_n = \frac{1}{2} \sum_{k=0}^n \frac{(-1)^k}{2^k} \Delta^k a_0, \quad \Delta^k a_0 = \Delta^{k-1} a_0 - \Delta^{k-1} a_1 = (-1)^k \sum_{j=0}^k (-1)^j C_j^k a_j$$

В качестве примера приведем соотношение, найденное Л. Эйлером

$$\frac{\pi}{4} = 1 - \frac{1}{3} + \frac{1}{5} - \frac{1}{7} + \dots = \frac{1}{2} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(2k)!!}{(2k+1)!!} \frac{1}{2^k}$$

Различные усовершенствованные методы, базирующиеся на методе Эйлера, для ускорения сходимости рядов специального вида предложены в [5, 6]. Другие методы используют сведение суммирования слагаемых полиномиального вида к суммированию значений  $\zeta$ -функции Римана [14]. Для сумм знакопередающихся слагаемых, выражающихся рациональной дробью, разработан метод рационального аппроксиманта [12]. Известны также преобразования Лубкина и Левина [13]. Используются также преобразования Пуассона, Эвальда, Шанка и их комбинации [15].

В [16] получена формула, широко применяемая для ускорения сходимости рядов типа Дирихле. В частности, данная формула используется для выражения в виде рядов некоторых известных констант, таких как постоянные Эйлера и Каталана. Данная формула может также применяться для вывода анало-

гичной формулы для других рядов Дирихле, особенно для получения численных оценок логарифмической производной функции Эйлера. Для вычисления постоянной Каталана,  $\zeta$ -функции Римана и Гурвица с целью ускорения сходимости рядов в [17] применялся вариационный подход. Нелинейные методы ускорения сходимости тригонометрических рядов предложены в [18].

Отметим, что, имея аналитический вид членов последовательности, возможно исследование асимптотических свойств зависимости погрешности от  $n$ . Это позволяет построить надежную оценку погрешности на основе этих исследований.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кулиш У., Рац Д., Хаммер Р., Хокс М. Достоверные вычисления. Базовые численные методы: Пер. с англ. Москва–Ижевск: РХД, 2005. – 495 с.
2. Зверев Г.Н. Оптимальные решения неопределенных и вырожденных систем линейных уравнений / ВИНТИ М., 1979. – 35 с. Деп. в ВИНТИ 12.06.79 №572.
3. Зверев Г.Н., Дембицкий С. И. Оценка эффективности геофизических исследований скважин. М.: Недра, 1982. – 224 с.
4. Морозов, В.А. Регулярные методы решения некорректно поставленных задач. М.: Наука, 1987. – 240 с.
5. Abramowitz M., Stegun I. Handbook of Mathematical Functions, Dover, New York, 1964.
6. Грэхем Р., Кнут Д., Паташник О. Конкретная математика. Основание информатики. М.: Мир, 1998. 703 с.
7. Borwein P. An efficient algorithm for the Riemann Zeta function. 1995
8. Gourdon X., Sebah P. Acceleration of the convergence of series. <http://numbers.computation.free.fr/Constants/constants.html>, 2002.
9. Maclaurin C. A Treatise of functions. Edinburgh, 1742.
10. Прудников, А.П., Бычков, Ю.А., Маричев, О.И. Интегралы и ряды. М.: Наука, 1981. – 800 с.
11. Flajolet P., Vardi I. Zeta Function Expansions of Classical Constants, 1996.
12. Thukral R. A new method for accelerating convergence of alternating series // Applied Mathematics and Computation. Vol. 187. Issue 2. 2007. P. 1502 – 1510.
13. Thukral R. Accelerating the convergence of spectral deferred correction methods // Journ. Applied Mathematics and Computation, Vol. 187. Issue 2. 2007. P. 1502 – 1510.
14. Thukral R. Development of the Overholt transformation for accelerating the convergence of sequences // Applied Mathematics and Computation. Vol. 189. Issue 2. 2007. P. 1459 – 1466.
15. Weidong L., Wei H., Zhangcheng H., Houxing Z. Hybrid algorithm for accelerating the double series of Floquet vector modes // Science in China. Series F: Information Sciences. Vol. 49. Number 5. 2006. P. 616 – 626.
16. Шерыхалина Н.М., Поречный С.С. Применение методов многокомпонентного анализа для решения некорректных задач // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2008. – №6(69). – С. 89–96.
17. Amore P. Convergence acceleration of series through a variational approach // Journal of Mathematical Analysis and Applications. Vol. 323. Issue 1. 1 November 2006. P. 63 – 77.
18. Nersessian A., Poghosyan A. Accelerating the convergence of trigonometric series // Central European Journal of Mathematics. 2006. Vol. 4. No 3. P. 435 – 448.

УДК 519.6

Е. Р. ШАЙМАРДАНОВА

*shaymardanova.ekaterina.04@gmail.com*

Науч. руковод. – д-р техн. наук, проф. Н. М. ШЕРЫХАЛИНА

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **О ПРОБЛЕМАХ ДОСТОВЕРНОСТИ РЕШЕНИЙ ЗАДАЧ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

**Аннотация.** В статье описаны проблемы, возникающие при математическом моделировании. Рассмотрены различные виды погрешностей, возникающие при решении задач математического моделирования. Проанализированы виды ресурсов, а также проблемы, связанные с их ограниченностью. Приведено понятие корректности задач.

**Ключевые слова:** математическое моделирование, источники погрешности, оценка погрешности, точность, корректность вычислительной задачи.

### ***Введение***

Практически во всех областях современных научных исследований одним из основных инструментов изучения поведения сложных объектов является математическое моделирование. Математическое моделирование позволяет заменить натурный эксперимент, который может оказаться очень дорогостоящим или просто невозможным, математическим, аналитическим или численным. С помощью математического моделирования можно исследовать различные процессы и явления, отслеживать изменения различных параметров, их взаимодействие и влияние друг на друга.

Любая математическая модель является приближенной, потому что невозможно отразить все свойства реального объекта, этих свойств бесконечно много. Но целью математического моделирования и не является отражение всех свойств. Моделью придется пользоваться, а значит она должна быть достаточно простой. Поэтому разработка новых методов математического моделирования, развитие качественных приближенных численно-аналитических методов исследования математических моделей, а также тестирование и обоснование их эффективности является на сегодняшний день крайне важным.

Возрастающие потребности в математическом моделировании сложных объектов приводят к необходимости рассматривать задачи, решение которых даже на современных компьютерах представляет большие трудности. В последние годы рост быстродействия вычислительной техники достигается, как правило, за счет увеличения числа процессоров. Поэтому поиск подходов к математическому моделированию, позволяющих наиболее полно использовать результаты нескольких вычислительных процессов является актуальным.

### ***Проблемы математического моделирования***

Комплексное исследование научных проблем с применением современных технологий математического моделирования, вычислительным экспериментом и разработкой комплексов программ для проведения этого эксперимента представляет собой очень сложный процесс [1,2], поскольку решение многопараметрической задачи сопровождается появлением на всех этапах различных видов погрешности, а именно погрешности математического моделирования, погрешности исходных данных, погрешности округления, погрешности численного метода, а также дополнительной ненаблюдаемой погрешности. Источниками этих видов погрешности является ограниченность времени, памяти, разрядности и надежности программного обеспечения.

Анализ работ по этой тематике показывает, что в настоящее время достаточно мало внимания уделяется вопросам обоснования достоверности полученных с помощью математического моделирования результатов. В вычислительной практике преобладают упрощенные методы обоснования достоверности и оценки погрешности, которые не обладают необходимой надежностью. Во многих опубликованных численных результатах содержатся ошибки в разрядах, которые декларируются как верные. Проверка опубликованных численных данных представляет существенно большую сложность по сравнению с математическими преобразованиями, поскольку значительная часть работы (например, программа расчета в исходном и машинном коде) остается скрытой. Каче-

ство анализа численных погрешностей существенно зависит от опыта и интуиции исследователя, применяющего различные приемы, не поддающиеся описанию и остающиеся за рамками научных публикаций. Сравнение численных данных с результатами физических экспериментов, которое часто используется для оценки погрешности, дает возможность оценить только погрешность аппроксимации, которая содержит в себе погрешность модели, погрешность эксперимента и погрешность вычислений. При отсутствии оценки вычислительной погрешности эта сумма не дает возможности оценить погрешность математической модели.

В связи с этим разработка методов оценки погрешности и обоснования достоверности этих оценок является весьма актуальной проблемой [3,4].

При реальных вычислениях необходимо учитывать ограниченность различного вида ресурсов (рис. 1). Кроме чисто практических ограничений это вызывает вопросы фундаментального характера [5,6].

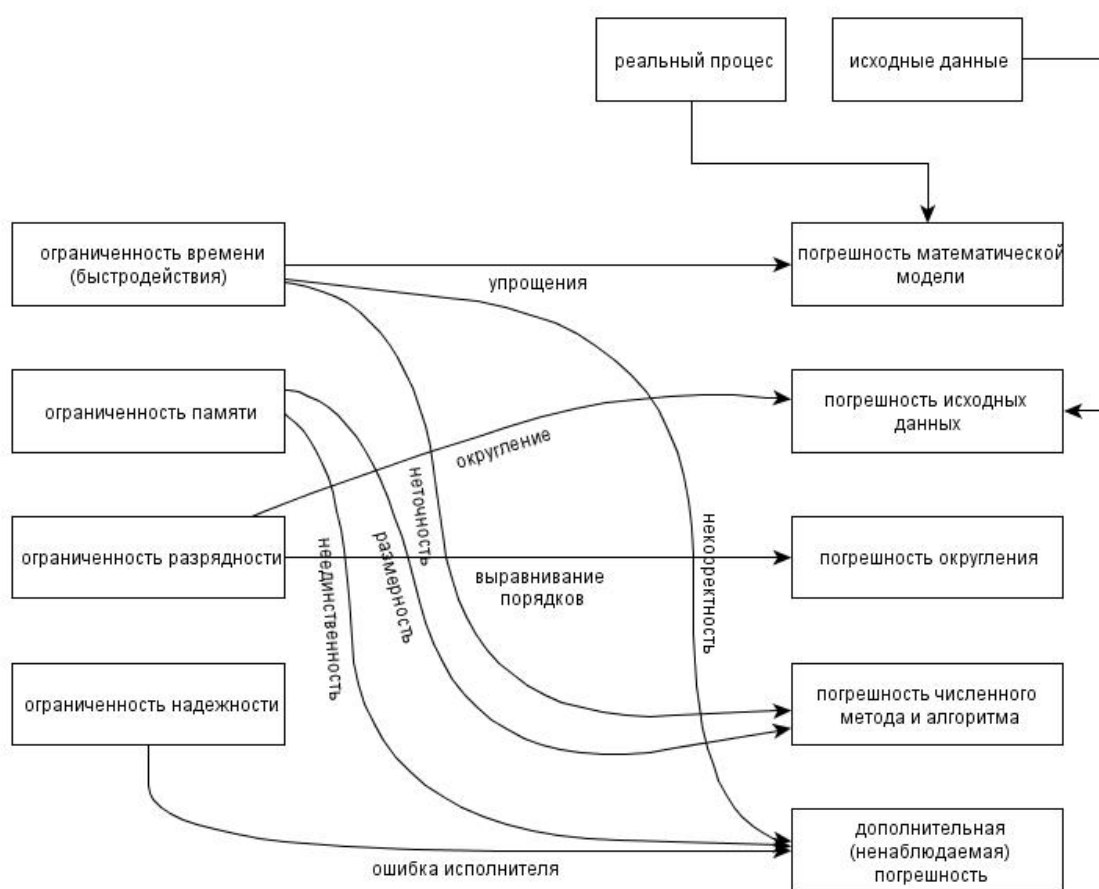


Рис. 1. Источники и виды погрешностей

### ***Виды ресурсов и проблемы, связанные с их ограниченностью***

*По времени.* Мы вынуждены работать с конечными суммами, разностями, конечными последовательностями. По поведению конечных последовательностей мы вынуждены судить о пределе. Это, вообще говоря, некорректная задача.

Свойства функций при конечных значениях аргумента могут существенно отличаться от асимптотических. В частности, малые более высокого порядка могут быть сравнимы по значению или даже больше, чем малые меньшего порядка.

*По памяти.* Мы работаем с конечномерными пространствами, конечными системами уравнений. Например, при решении краевых задач методом коллокаций задача сводится к конечной системе нелинейных уравнений. Эта система может иметь несколько решений или не иметь вовсе, в отличие от бесконечномерной.

*По разрядности.* Ограниченность мантиссы означает невозможность представления иррациональных чисел. Работа производится с конечным подмножеством рациональных чисел; ошибка, возникающая при арифметических операциях, вызывает нарушение элементарных свойств операций (ассоциативности, дистрибутивности). При численном интегрировании или суммировании рядов малые погрешности накапливаются, в результате чего общая погрешность может вести себя совершенно не так, как утверждает теория, не учитывающая этого ограничения.

*По надежности.* Любой алгоритм реализуется в виде программы на языке высокого уровня. Поэтому ошибки, совершенные программистом при разработке программы, разработчиками транслятора, операционной системы, процессора, могут исказить результат на непредсказуемую величину. Всевозможные способы тестирования дают только частные результаты. Поэтому, если

окончательный результат получается с помощью компьютерных вычислений, речь может идти только о способах повышения надежности, а не об абсолютной достоверности результатов.

### ***Заключение***

В связи с указанными выше ограничениями на ресурсы характеристики реального вычислительного процесса могут существенно отличаться от «идеального». Типичным для практики является проявление различных свойств (таких как непрерывность, дифференцируемость и т. д.) зависимостей, полученных расчетным путем, в разных диапазонах изменения аргумента и параметра дискретизации.

Таким образом, повышение достоверности результатов математического моделирования осуществляется с помощью соответствующих численных методов и комплексов программ, а также оценки эффективности этих методов при решении прикладных задач.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Житников В.П., Шерыхалина Н.М. О проблеме повышения достоверности результатов численных расчетов // Обозрение прикладной и промышленной математики. Том 8. Вып. 2. 2001. С. 590–591.
2. Житников В.П., Шерыхалина Н.М. Обоснование методов фильтрации результатов численного эксперимента // Вестник УГАТУ (сер. Фундаментальная и прикладная математика), 2007. Т. 9, №3 (21). –С. 71–79.
3. Житников В.П., Шерыхалина Н.М. Оценка достоверности численных результатов при наличии нескольких методов решения задачи // Вычислительные технологии. 1999. Том 4, № 6. С. 77 – 87.
4. Житников В.П., Шерыхалина Н.М. Оценка погрешности интерполяции методом сравнения // Теоретическая информатика – 2000: Труды Междунар. науч. конф. Уфа: УГАТУ. 24-26.10.2000. С. 133–142.
5. Житников В.П., Шерыхалина Н.М. Повышение достоверности численных результатов // Управление в сложных системах: Межвуз. науч. сб. –Уфа: УГАТУ, 2002. –С. 233–244.
6. Житников В.П., Шерыхалина Н.М. Уточнение решений сложных вычислительных задач с помощью постпроцессорной обработки численных результатов // Вычислительные технологии. 2008. Том 13 № 6 –С. 61–65.



УДК 007.3

П. А. ШЕРСТНЕВ, Д. С. СИДОРОВ  
*sherst.pavel@yandex.ru, s2d02@mail.ru*

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. Р. Р. КАРИМОВ

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **ПРИМЕНЕНИЕ ТЕЛЕГРАММ-БОТА ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ТРУДОЕМКОСТИ РАБОЧИХ ПРОЦЕССОВ СОТРУДНИКОВ БИБЛИОТЕКИ**

**Аннотация.** Рассмотрено одно из решений проблемы снижения трудоемкости рабочего процесса посредством применения Телеграм ботов. Описана разработка и использование Телеграм бота на примере библиотеки УГАТУ.

**Ключевые слова:** автоматизация, Телеграм бот, разработка Телеграм бота, автоматизация библиотеки.

В современном мире существует достаточно острая нехватка человеческих ресурсов, чтобы устранить ее существует два основных подхода: привлекать в новых исполнителей, либо разгружать имеющихся от рутинной работы с помощью эффективных средств и цифровых технологий. Второй подход позволяет снизить затраты на обучение новых кадров, а также повысить продуктивность отдельно взятого сотрудника.

Например, отдел предприятия состоит из двух специалистов с малой долей автоматизации рутинных задач. Им выплачивается зарплата по 10000 рублей. Для увеличения производительности отдела необходимо нанять еще одного сотрудника, при этом общая оплата их труда будет составлять 30000 рублей. Внедряя автоматизацию рутинных задач, предприятие получает возможность снизить издержки, а также увеличивать производительность. Например, при увеличении производительности на одного сотрудника платить ту же зарплату в 10000 рублей, либо повысить квалификацию сотрудников, поднять их мотивацию за счет увеличения заработной платы до 12500 рублей, при этом экономия на отдел составит 5000 рублей.

Одним из вариантов автоматизации рутинных процессов может служить применение Телеграм-ботов. Телеграм-боты позволяют автоматизировать следующие процессы:

- планирование задач;
- рассылка уведомлений сотрудникам;
- автоматизированное выполнение запланированных задач без участия человека;
- онбординг, консультации и техническая поддержка клиентов (в случае со специалистами технической поддержки) [1, 2].

Рассмотрим пример конкретного кейса разработки чат-бота Telegram для научно-технической библиотеки УГАТУ (НТБ) [3].

Данный бот разработан с целью снизить нагрузку на сотрудников библиотеки, обеспечить информационную поддержку студентов, помогать им быстрее находить интересные им ресурсы из электронного каталога библиотеки, отвечать на типовые запросы студентов – потеря книги, срок выдачи книг, издания по специальности и др.

Поскольку для решения задач библиотеки с использованием Telegram API требовалось создание небольшого бота для небольшого количества одновременно работающих пользователей, был выбран язык Python как наиболее удобный для создания небольших проектов.

После выбора языка необходимо выбрать библиотеку для разработки бота. Рассматривались два варианта: *aiogram* и *python-telegram-bot*.

*Aiogram* имеет преимущество в виде работы в проекте с относительно высокой нагрузкой.

*Python-telegram-bot*, в отличие от аналога, позволяет быстро обучаться разработке, а также предоставляет достаточно простой способ работы с асинхронностью через декоратор `@run_async`. Однако он имеет недостаток в виде достаточно небольшого количества одновременных пользователей.

Поскольку для реализации поставленных задач количество пользователей не должно быть большим, а также время на освоение библиотеки было ограничено авторами была выбрана библиотека *Python-telegram-bot*.

В рамках разработки приложения требовалось реализовать в Телеграмм-боте следующие функции:

- получение ответов на типовые запросы студентов – график работы, потеря книги, срок выдачи книг, издания по специальности и др.;

- реализовать поиск издания в электронном каталоге. Многим студентам, по мнению авторов, было бы гораздо удобнее совершать поиск издания через любимый мессенджер, не заходя на сайт библиотеки.

Для реализации поставленных задач необходимо было использовать дополнительный инструментарий, поскольку получение данных в электронном каталоге осуществляется с помощью парсинга (получение информации с преобразованием в нужный формат).

Для выполнения запросов была выбрана библиотека *requests*, поскольку она позволяет взаимодействовать с сайтами через http-запросы, используя минимальное количество кода.

Для осуществления преобразования данных в нужный формат была выбрана библиотека Beautiful Soup 4 (BS4) за счет своей простоты и распространенности. В дополнение к этой библиотеке для преобразования в нужный формат была использована библиотека lxml.

В ходе разработки бота предположено организовать интерфейс взаимодействия с пользователем через 3 кнопки в меню:

- «Найти издания в ЭБС УГАТУ» – реализует функцию поиска изданий в электронной библиотечной системе УГАТУ;

- «Сайты» – отсылает пользователя на один из сайтов: УГАТУ, ЭБС или библиотеки УГАТУ;

- «FAQ» (Часто задаваемые вопросы) – реализует предоставление пользователю список из 23 наиболее часто возникающих у студентов вопросов.

Все дополнительные кнопки были размещены непосредственно в сообщениях. Это упростило приложение по сравнению с альтернативными решениями.

В рамках мессенджера Телеграмм существует две модели взаимодействия с пользователем с помощью бота.

Первая модель предполагает прямую отправку сообщений, которые будут скапливаться в диалоге. Преимущество данного метода заключается в простой и прозрачной истории общения с ботом. С другой стороны, при этом чат с пользователем может достаточно сильно перегружен уже ненужной информацией.

Вторая модель предполагает замену предыдущего функционального сообщения с кнопкой на новое. При этом теряется часть истории общения, которая была заменена. Данный недостаток частично исправляется за счет внедрения дополнительно кнопки возврата к предыдущему состоянию.

Вследствие того, что недостатки второй модели взаимодействия могут быть скомпенсированы за счет небольшой доработки, для реализации в боте была выбрана именно она.

После окончания разработки и успешного запуска бота на сервере УГА-ТУ было проведено его тестирование, которое доказало его способность выдерживать одновременную нагрузку в несколько десятков пользователей.

В ближайшее время планируется расширение функционала бота:

1. Подписка на новостную рассылку библиотеки.
2. Внедрение системы обратной связи для улучшения пользовательского опыта студентов.
3. Внедрение системы групп пользователей для расширения на ее основе функционала бота, в том числе внедрение систем:
  - автоматизированного администрирования Телеграмм канала библиотеки посредством планирования контента;
  - ответа на обратную связь в рамках Телеграмм- бота.

Телеграмм-боты являются достаточно простым и эффективным инструментом в рамках снижения рутинной составляющей рабочего процесса. Одними из главных достоинств внедрения Телеграмм-ботов являются:

- непрерывная автоматизированная работа;
- минимизация ошибок путем исключения человеческого фактора из части задач, передаваемых ботам;
- низкая стоимость разработки, внедрения и поддержки проекта в сравнении с решением аналогичных задач средствами сотрудников;
- простота в освоении для новых пользователей.

Телеграмм-боты универсальны, что позволяет использовать их во многих сферах: начиная от чат-ботов, заканчивая онлайн-магазинами.

На данный момент разработанный бот находится в эксплуатации более двух месяцев. За это время он показал свою эффективность, снизив количество обращений в библиотеку УГАТУ по самым простым вопросам, что позволило снизить нагрузку на ее сотрудников.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Как упростить работу команды с помощью Telegram URL: <https://habr.com/ru/company/domclick/blog/647559/> (дата обращения 11.09.2022)
2. Телега ботов. Зачем нужны чат-боты в Telegram и как быстро внедрить инструмент в работу URL: <https://blog.callibri.ru/chat-bot-telegram.a> (дата обращения 11.09.2022)
3. Телеграм бот библиотеки УГАТУ URL: [https://t.me/USATUlibrary\\_bot](https://t.me/USATUlibrary_bot) (дата обращения 11.09.2022)

УДК 004.428.4+004.41

Д. С. ЯСТРЕБОВ, А. М. РАХИМОВА

*derectwib@gmail.com*

Науч. руковод. – ст. преп., канд. техн. наук Б. С. ЮДИНЦЕВ

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **АРХИТЕКТУРА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ НА ФОНДОВОМ РЫНКЕ**

**Аннотация.** Рассмотрена архитектура системы поддержки принятия решений на фондовом рынке, гарантирующая надежную доставку пользовательских задач для обеспечения принятия своевременных решений на фондовом рынке.

**Ключевые слова:** микросервисная архитектура; брокер очереди сообщений; Redis; очередь сообщений.

Благодаря развитию цифровых технологий стало возможным инвестировать в ценные бумаги и металлы через смартфон, избегая походов в фондовые биржи или звонков брокеру.

По актуальным данным, число брокерских счетов частных инвесторов Московской биржи у ведущих операторов рынка, на которой можно покупать акции Российских компаний, за прошедший год возросло с ~10 до 19.5 миллионов, благодаря чему на фондовых биржах совершается огромное количество сделок купли-продажи ценных бумаг.

Главное преимущество инвестирования – возможность обеспечить себя пассивным доходом в виде дивидендов или же обезопасить себя от инфляции, но также существуют и риски, связанные с рядом социально-экономических событий, таких как пандемия, военные конфликты и т.п. В любом деле необходима четкая стратегия и оценка рисков, но, к сожалению, обширный слой населения не обладает достаточными знаниями в области финансовой грамотности. Это является серьезной проблемой, что подтверждается рядом ограничений, введенных для неопытных инвесторов на уровне государства, согласно изменениям Федерального закона №39-ФЗ “О рынке ценных бумаг” от 1 октября 2021 года.

Все вышесказанное обуславливает актуальность разработки программного и математического обеспечения для интеллектуальной системы поддержки принятия решений на фондовом рынке.

Микросервисная архитектура подразумевает разработку независимых друг от друга модулей, каждый из которых отвечает за определенную задачу и может быть расширен без изменений других. Такой подход позволяет распределить бизнес-логику информационной системы, что дает возможность быстрой поддержки и легкой масштабируемости.

Взаимосвязь между функциональными модулями осуществляется с помощью очереди сообщений, которая реализуется с помощью брокера сообщений и базы данных Redis (NoSQL хранилище данных типа “ключ-значение”) из-за высокой производительности и легкой имплементации. Сообщения между модулями передаются через очереди в виде последовательности байт.

Очередь сообщений – это надежный способ коммуникации между отдельными сервисами. Отдельные части системы реализуют интерфейсы *consumer* и *producer* для записи и получения новых сообщений из очереди. Сообщение находится в очереди до его обработки только одним потребителем, несмотря на то что записывать и читать может множество сервисов. Также применение данного вида коммуникации может показать слабые места системы, указывая, где скапливаются сообщения.

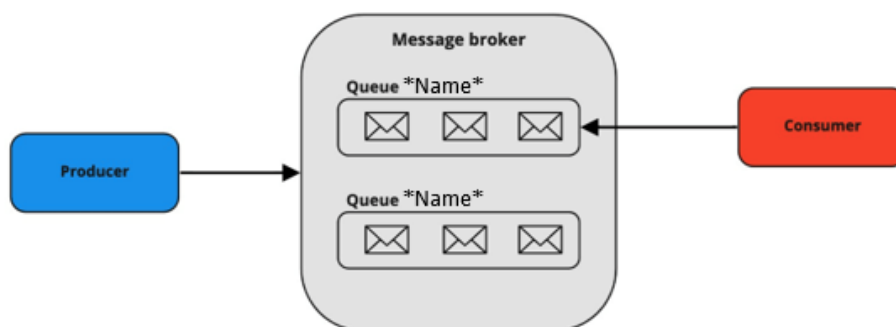


Рис. 1. Брокер сообщений

Уникальность использования очереди сообщений в том, что сервисы совсем не знают, как устроены другие. Они “договариваются” лишь о структуре сообщений и могут вовсе быть написаны на разных языках программирования.

Брокер очередей позволяет подключаться множеству сервисов прослушивания и записи и гарантирует доставку каждого сообщения одному обработчику. Если в какой-либо момент времени в клиентскую часть требуется записать тысячу сообщений, они запишутся практически без задержки в очередь сообщений, а обработаются за какое-то время другими сервисами. Если один из модулей остановится во время работы системы, пользовательские задачи не пропадут. Понадобится лишь перезагрузить модуль с помощью автоматических средств наблюдения или администратора.

Использование Redis повышает скорость доставки сообщений между отдельными сервисами и позволяет запускать внутренние сервисы для обработки запросов пользователей в нескольких потоках, ввиду контроля доставки сообщений лишь одному слушателю со стороны очереди сообщений. Для каждой публикации необходимо задекларировать очередь с типом обмена и ключом маршрутизации.

Специфика клиентской реализации подразумевает делегирование всей длительной работы на сторонние сервисы. Однако каждый запрос от пользователя означает инициацию процесса, часть которого будет выполнена где-то на стороне, а сам сервис будет лишь ожидать ответа об успешном выполнении (отправка сообщений пользователю с помощью https). Целесообразно в данном случае не дожидаться ответа, а перейти к следующей задаче. Именно поэтому требуется реализовать асинхронность – чтобы многократно уменьшить время отклика пользователю, позволяя обрабатывать большое количество пользователей за приемлемое время в условиях использования одного потока.

В процессе работы клиентского сервиса требуется собирать от пользователя вводимую информацию различными сообщениями, создавая диалог. Данное общение не моментальное и человек может писать модулю как сразу, так и



через час. Для сохранения всей вводимой пользователем информации используется FSM (Final State Machine – машина конечных автоматов). Это абстрактная модель, подразумевающая, что в один момент времени только одно состояние может быть активно, и определяющая переходы между этими состояниями. Состояния FSM у каждого пользователя свои и хранятся в оперативной памяти с помощью локального хранилища.

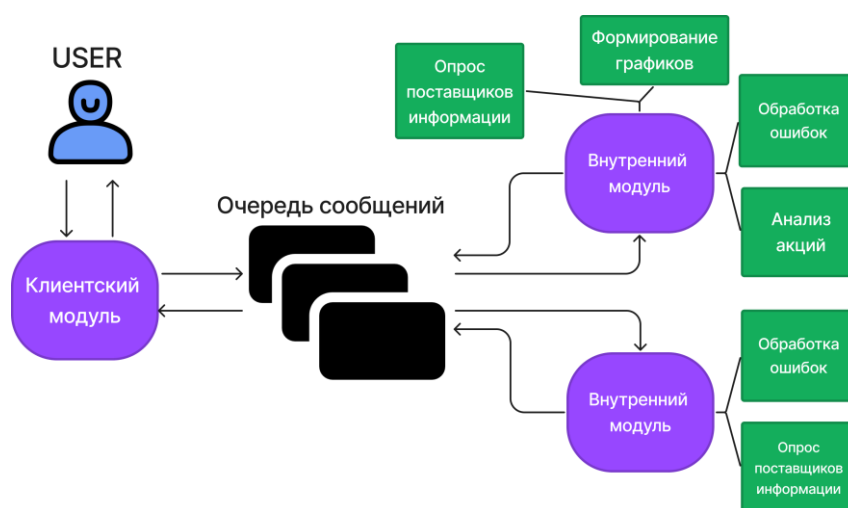


Рис. 2. Архитектура интеллектуальной системы

Для упрощения работоспособности ПО все сервисы упакованы в docker-контейнеры со всеми зависимостями. Образы будут запускаться в изолированной среде без влияния на основную ОС. Данная упаковка гарантирует работоспособность приложения на всех системах.

В модуле анализа требуется реализовать паттерн *Strategy*, отделяя конкретную имплементацию интеллектуального алгоритма. Особенность реализации позволит заменять алгоритмы “налету”, подстраиваясь под нужды пользователей, и предоставит легкую поддержку кода.

В качестве классификатора можно использовать ансамблевую модель, где несколько моделей обучаются на одних данных, и в дальнейшем работают вместе для получения лучших результатов. Основная идея в том, что при правильном сочетании начальных моделей (слабых учеников) можно получить более надежные модели и прогнозы. В качестве учеников модели стоит выставить методы k-ближайших соседей (Knn) и случайный лес (Random Forest) благодаря

их быстрой реализации и приемлемым результатам на небольших объемах данных.

Анализируя различные качества подобной системы, можно сделать вывод, что оно предоставит высокий уровень надежности, обрабатывая большинство ошибочных ситуаций. Использование очереди сообщений обеспечивает надежность сохранения и передачи запросов между сервисами. При невозможности выполнения функции, благодаря использованию брокера сообщений, программа запишет подробности ошибки/исключения в отдельный лог файл для дальнейшего анализа, а пользователю будет выдано соответствующее сообщение. Программное средство разработано по принципу микросервисной архитектуры, что упрощает процессы развертывания, масштабирования и сопровождения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Караханова А. А. Анализ микросервисной архитектуры, монолитных приложений, архитектуры SOA// Синергия наук. 2020. №46. С. 255-262.
2. Надейкина Л. А., Черкасова Н. И. Распределенные системы, построенные на базе микросервисной архитектуры// Инновационные, информационные и коммуникационные технологии. 2019. №1. С. 300-304.
3. Приемы объектно-ориентированного проектирования. Паттерны проектирования / Э. Гамма [и др.]: пер. с англ. А. Слинкина. СПб. [и др.]: Питер, 2007. 366 с.
4. Солонько М. К., Краснов К. А. Docker-контейнеры// Телекоммуникации и информационные технологии. 2020. Т. 7. № 1. С. 65-69.

**СЕКЦИЯ 5.3**  
**АНАЛИЗ ДАННЫХ, ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ**  
**И МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ**

УДК 004

Г. К. АЛЕКТОРОВ, Н. А. КЛЯВЛИН

*gleb.alektorov@yandex.ru, nklyavlin01@mail.ru*

Науч. руковод. – канд. техн. наук А. И. АБДУЛНАГИМОВ

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

**КЛАССИФИКАЦИЯ ОБЪЕКТОВ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ**  
**С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ**

*Аннотация.* В работе изучены различные особенности идентификации объектов дорожного движения с применением алгоритмов глубокого обучения для решения задач обеспечения безопасности и предсказания неожиданного поведения транспортного средства. Изучены классификаторы на основе MLP и архитектуры PointNet. Смоделированы и проверены дорожные ситуации и облаков точек и их изменению.

*Ключевые слова:* классификация объектов, безопасность дорожного движения, нейронные сети, PointNet, трехмерные облака точек, lidar.

***Введение***

Сегодня автомобильная промышленность решает проблемы создания автономного и безопасного транспорта. На пути их исследований встречаются множество трудностей и проблем, одной из которых является задача идентификации объектов дорожного движения. Автономное транспортное средство управляется с помощью различных оптических датчиков, радиолокаций и интеллектуальных алгоритмов. В связи с этим возникает повышенный спрос на «умные» транспортные технологии с обеспечением взаимодействия между автомобилем и окружающей средой. Исследуя вопрос классификации, были проанализированы различные датчики (radar, lidar, camera, ultrasonic). Каждый из них имеет свои достоинства и недостатки:

– Radar. Выпускает радиоволны и измеряет продолжительность времени, которое отраженный радиосигнал прошел. Преимущества включают низкую стоимость и независимость от погодных условий. Главным недостатком можно выделить низкое качество сканирования.

– Lidar. Использует свет для обнаружения объектов и создания цифрового облака точек. Преимущества включают в себя высокое разрешение отсканированных объектов, недостатки - высокую стоимость датчика.

– Camera. Транслирует видеоизображение. Преимущества включают в себя сенсорное зрение, распознавание информации в кадре, цену, недостатки - плохая видимость в плохую погоду, в темных местах.

– Ultrasonic. Высокочастотные звуковые волны для измерения расстояния между объектами на близком расстоянии. Датчики требуют непосредственной близости и низкой скорости, преимущества включают в себя возможность точного использования в ситуациях с низкой видимостью, таких как плохая погода и темные районы.

### ***Постановка задачи***

В статье рассматривается задача создания интеллектуального классификатора объектов дорожного движения по данным датчика lidar. Для решения задачи классификации используются интеллектуальные технологии в виде искусственных нейронных сетей (НС). Исследуется приемлемая архитектура НС и разрабатывается методика обучения.

### ***Генерация 3D облаков точек***

Для решения задачи классификации были смоделированы различные дорожные ситуации и объекты - пешеход, легковой автомобиль, грузовой автомобиль (см. рис. 1). Объекты движутся по заданному маршруту на перекрестку. Первая ситуация служит для генерации 3D точек объектов для формирования обучающей выборки. Вторая ситуация используется для тестирования классификатора. Для увеличения набора данных планируется аугментация 3D облаков точек.

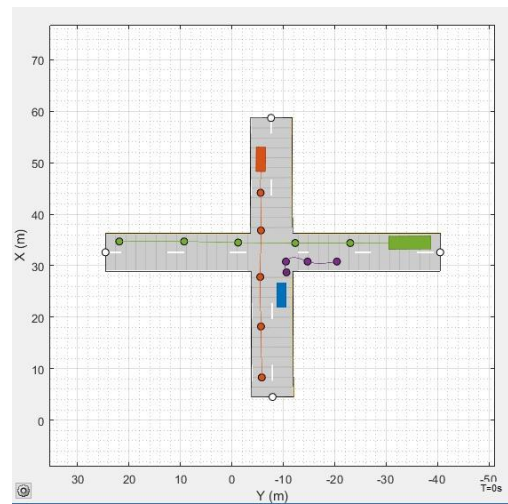
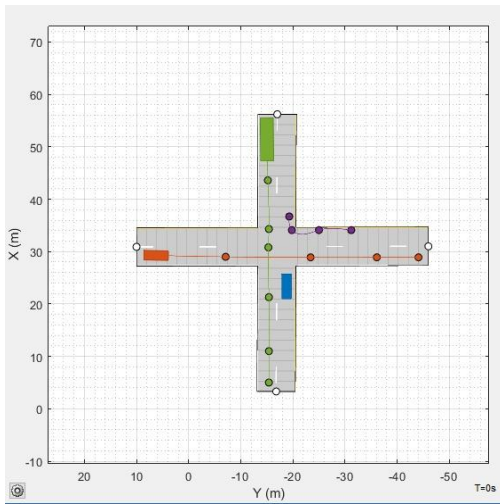


Рис. 1. Смоделированные сценарии движения объектов на перекрестке

Ego car - статичный автомобиль с установленным датчиком Lidar, сканирует окружающую среду и формирует трехмерную картину окружающего мира (см. рис. 2).

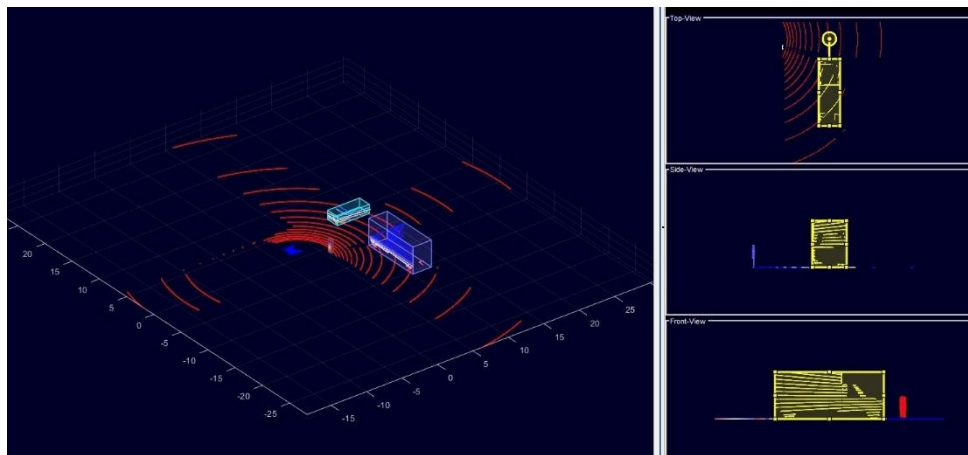


Рис. 2. Трехмерная картина окружающего пространства (данные с датчика Lidar)

Далее выполняется процедура размечивания данных, выделение объектов движения из всего пространства точек сканированной местности. Обрезка объектов движения делается в форме прямоугольника, выделяются координаты  $x$ ,  $y$ ,  $z$ , вырезаются, удаляется земля для формирования чистого 3D объекта (см. рис. 3)

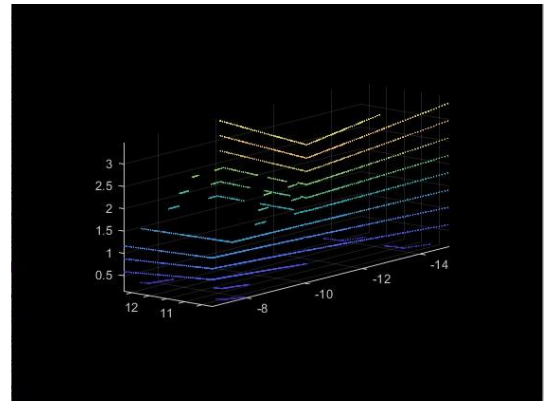
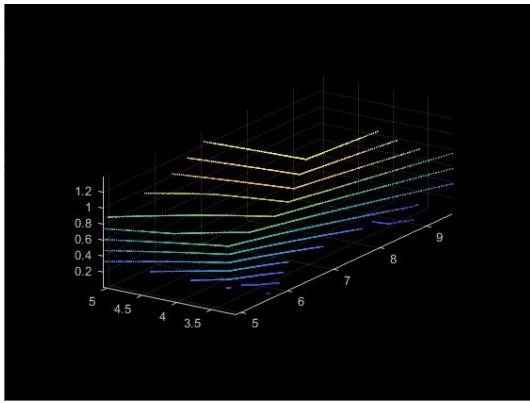


Рис. 3. Трехмерное представление объектов (грузового и легкового автомобилей), полученных датчиком Lidar

### ***Классификация объектов на основе нейронной сети***

В работе изучались две модели нейронных сетей: многослойный перцептрон (MLP) [1, 2] и PointNet. MLP – это полносвязный класс искусственных нейронных сетей с прямой связью. Для обучения MLP используется метод обратного распространения ошибки [3]. Результаты обучения показали, что робастность (адекватность) таких сетей низкая (см. табл. 1), МЛП плохо реагируют на небольшие изменения в облаках точек объектов. Особенно это проявляется при изменении входного массива по форме, размеру, количеству точек, их распределению внутри облака точек.

Таблица 1

Сравнение разных моделей нейронных сетей с гиперпараметрами

Type	<i>learning rate</i>	<i>regularization</i>	<i>n_epoch</i>	<i>accuracy</i>
MLP	0.001	-	50	0.58
PointNet	0.001	-	50	0.72
PointNet	0.001	L2 lambda=0.2	50	0.86

PointNet – это архитектура глубокой сети, которая использует необработанное облако точек без вокселизации или рендеринга [4, 5]. Унифицированная архитектура изучает как глобальные, так и локальные точечные признаки, обеспечивает эффективный и действенный подход к ряду задач 3D-распознавания. PointNet основывается на сверточной архитектуре. Сверточная

нейронная сеть представляет собой глубокую сетевую архитектуру, основанную на архитектуре с общим весом ядер свертки или фильтров, которые скользят по входным функциям и обеспечивают эквивалентные переводу ответы. Сверточные нейронные сети обеспечивают частичную устойчивость к поворотам, переводам, масштабированию и подобным искажениям. Модель классификации PointNet состоит из двух компонентов: кодировщика облака точек, который учится кодировать данные разреженного облака точек в плотный вектор признаков, и классификатора, предсказывающего категориальный класс каждого закодированного облака точек. Используемая в исследовании архитектура PointNet представлена на рисунке 4.

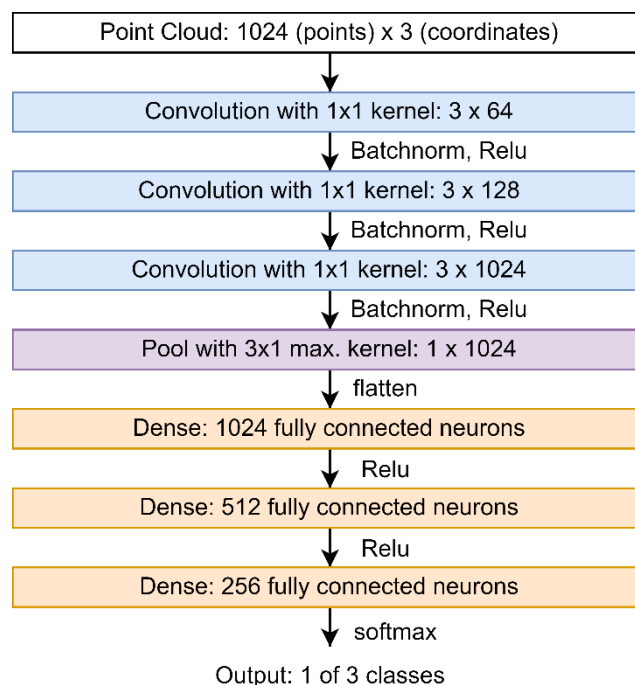


Рис. 4. Архитектура PointNet

### ***Заключение***

В работе исследованы возможности архитектур MLP и PointNet для задачи классификации объектов дорожного движения, которые могут быть использованы для обеспечения связи между транспортными средствами по технологии vehicle-to-vehicle (V2V). Архитектура PointNet с методом регуляризации L2 показала лучший результат с точностью 86% для 3 различных классов объектов дорожного движения, которые перемещались под разными углами обзора дат-

чика lidar и по разным дорожным траекториям. Дальнейшая работа будет заключаться в повышении точности распознавания объектов, масштабировании классификатора (увеличении количества классов) и исследовании возможности сегментации 3D-моделей дорожного пространства в on-line режиме.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. “Multilayer perceptron.” Wikipedia, Wikimedia Foundation, 1 July 2022, [https://en.wikipedia.org/wiki/Multilayer\\_perceptron](https://en.wikipedia.org/wiki/Multilayer_perceptron).
2. F. Rosenblatt, *Principles of Neurodynamics: Perceptrons and the Theory of Brain Mechanisms*, Spartan Books: Washington DC, 1961.
3. D. E. Rumelhart, G. E. Hinton, R. J. Williams, “Learning representations by back-propagating errors,” *Nature*, 323 (6088), 1986, pp. 533–536.
4. C. R. Qi, Hao Su, Kaichun Mo, L. J. Guibas, “PointNet: deep learning on point sets for 3D classification and segmentation,” in: *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 2017, pp. 652-660.
5. C. R. Qi, Li Yi, Hao Su, L. J. Guibas, “PointNet++: deep hierarchical feature learning on point sets in a metric space,” in: *Proceedings of the Advances in Neural Information Processing Systems*, 2017, pp. 5099-5108.



УДК 51-71

М. А. БАКУЛИН

*misha.bakulin.2013@mail.ru*

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **АНАЛИЗ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ НА ОСНОВЕ РАСТРОВ**

**Аннотация.** Анализируются основные операции алгебры карт. Показываются преимущества и недостатки растрового формата в пространственном анализе.

**Ключевые слова:** ячейка, строка, столбец, алгебра карт, функция, значение.

В растровом анализе географические единицы расположены на регулярном расстоянии друг от друга, и местоположение каждой единицы определяется позициями строк и столбцов. Поскольку географические единицы имеют одинаковый размер и одинаковую форму, корректировка площади географических единиц не требуется, а пространственные свойства географических объектов относительно легко отслеживать. Все ячейки в сетке имеют положительную привязку к местоположению после сканирования данных слева направо и сверху вниз. Каждая ячейка в сетке является отдельной единицей измерения, и ей должно быть присвоено значение. В зависимости от характера сетки значение, присвоенное ячейке, может быть целым числом или числом с плавающей запятой. Если значения данных недоступны для определенных ячеек, они описываются как ячейки NoData [0]. Ячейки NoData отличаются от ячеек, содержащих ноль, тем, что нулевое значение считается данными. Регулярность в расположении географических единиц позволяет эффективно формулировать основные пространственные отношения. Например, расстояние между ортогональными соседями (соседями в одной строке или столбце) всегда является константой, тогда как расстояние между двумя диагональными единицами также может быть вычислено как функция этой константы. Таким образом, расстояние между любой парой единиц измерения может быть вычислено по различиям в позициях строк и столбцов. Кроме того, информация о направлении легко доступна для любой пары ячеек источника и назначения, если известны их позиции в сетке.

### ***Преимущества использования растрового формата в пространственном анализе***

Эффективная обработка. Поскольку географические единицы равномерно распределены с одинаковыми пространственными свойствами, операции с несколькими слоями могут обрабатываться очень эффективно.

Многочисленные существующие источники. Сетки являются общим форматом для многочисленных источников пространственной информации, включая спутниковые снимки, отсканированные аэрофотоснимки и цифровые модели рельефа. Эти источники данных были использованы во многих проектах ГИС и стали наиболее распространенными источниками основных географических баз данных.

Различные типы объектов, организованные в одном слое. Например, одна и та же сетка может состоять из точечных объектов, линейных объектов и площадных объектов, если разным объектам присвоены разные значения.

### ***Недостатки формата сетки***

Избыточность данных. Когда элементы данных организованы в системе с регулярным интервалом, в местоположении каждой ячейки сетки имеется точка данных, независимо от того, необходим элемент данных или нет. Хотя доступно несколько методов сжатия, преимущества данных с привязкой к сетке теряются всякий раз, когда формат данных с привязкой к сетке изменяется в результате сжатия. В большинстве случаев сжатые данные не могут быть непосредственно обработаны для анализа. Вместо этого сжатые растровые данные сначала должны быть распакованы, чтобы воспользоваться преимуществами пространственной регулярности.

Путаница с разрешением. Данные с сеткой придают неестественный вид и нереалистичное представление, если разрешение не является достаточно высоким. И наоборот, пространственное разрешение диктует пространственные свойства. Например, некоторые пространственные статистические данные, по-

лученные из распределения, могут отличаться, если изменяется пространственное разрешение, что является результатом хорошо известной проблемы масштаба.

Трудности с присвоением значений ячейкам. Различные методы присвоения значений ячейкам могут привести к совершенно разным пространственным шаблонам.

### ***Сеточные операции, используемые в алгебре карт***

Общие операции в сеточном анализе состоят из четырех функций, которые используются в алгебре карт для управления файлами сетки. Язык алгебры карт – это язык программирования, разработанный для выполнения картографического моделирования [0]. Алгебра карт выполняет следующие четыре основные операции:

1. локальные функции, которые работают в каждой отдельной ячейке;
2. фокальные функции, которые обрабатывают данные каждой ячейки на основе информации о заданной окрестности;
3. зональные функции, которые обеспечивают операции, которые работают с каждой группой ячеек с одинаковыми значениями;
4. глобальные функции, которые работают с ячейкой на основе данных всей сетки.

### ***Локальные функции***

Локальные функции обрабатывают сетку по ячейкам, то есть каждая ячейка обрабатывается исключительно на основе своих собственных значений, без ссылки на значения других ячеек. Другими словами, выходное значение является функцией значения или значений обрабатываемой ячейки, независимо от значений окружающих ячеек. Для однослойных операций типичным примером является изменение значения каждой ячейки путем добавления или умножения константы. В следующем примере входная сетка содержит значения в

диапазоне от 0 до 4. Пустые ячейки представляют собой ячейки NoData. Простая локальная функция умножает каждую ячейку на константу 3 (рисунок 1). Результаты показаны в выходной таблице справа. Когда для ячейки нет данных, соответствующая ячейка выходной сетки остается пустой.

Входная сетка			
2	0	1	1
2	3	0	4
4		2	3
1	1		2

 $\times 3 =$ 

Выходная сетка			
6	0	3	3
6	9	0	12
12		6	9
3	3		6

Рис. 1. Локальная функция умножает каждую ячейку во входной сетке на 3, чтобы получить выходную сетку

Локальные функции также могут быть применены к нескольким слоям, представленным несколькими сетками одной и той же географической области (рисунок 2).

Входная сетка			
2	0	1	1
2	3	0	4
4		2	3
1	1		2

 $\times$ 

Сетка множителей			
1	1	2	2
1	2	2	2
2	2	3	3
2	3	3	4

 $=$ 

Выходная сетка			
2	0	2	2
2	6	0	12
8		6	9
2	3		8

Рис. 2. Локальная функция умножает входную сетку на сетку множителя для получения выходной сетки

Локальные функции не ограничиваются арифметическими вычислениями. Тригонометрические, экспоненциальные, логарифмические и логические выражения – все они приемлемы для определения локальных функций.

### ***Фокальные функции***

Такие функции обрабатывают данные ячеек в зависимости от значений соседних ячеек. Например, вычисление суммы заданной окрестности и присвоение суммы соответствующей ячейке выходной сетки является функцией «фо-

кусной суммы» (рисунок 3). Ядро размером 3 x 3 определяет окрестности. Для ячеек ближе к краю, где обычное ядро недоступно, используется уменьшенное ядро, и сумма вычисляется соответствующим образом. Например, ядро 2 x 2 регулирует ячейку верхнего левого угла. Таким образом, сумма четырех значений 2, 0, 2 и 3 дает 7, что становится значением этой ячейки в выходной сетке. Значение второй строки, второго столбца, представляет собой сумму девяти элементов, 2, 0, 1, 2, 3, 0, 4, 2 и 2, а сумма равна 16.



Рис. 3. Функция фокусной суммы суммирует значения указанной окрестности для создания выходной сетки

Другая фокальная функция – это среднее значение указанной окрестности, функция «фокального среднего». В следующем примере (рисунок 4) эта функция выдает среднее значение восьми соседних ячеек и самой центральной ячейки. Это функция сглаживания, для получения скользящего среднего таким образом, чтобы значение каждой ячейки менялось на среднее значение указанной окрестности.

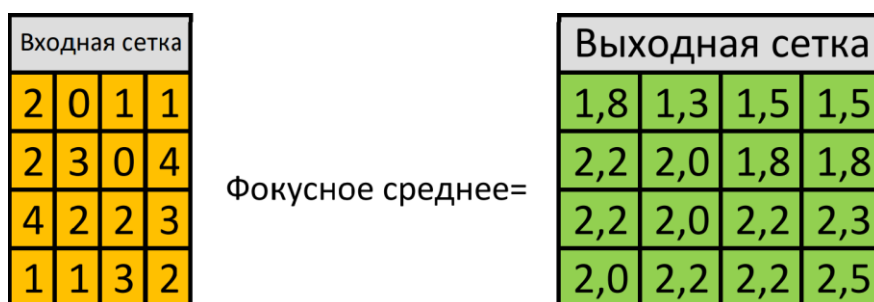


Рис. 4. Функция фокусного среднего вычисляет скользящее среднее заданной окрестности для создания выходной сетки

Другие часто используемые функции фокусировки включают стандартное отклонение (стандартное отклонение фокуса), максимум (максимум фокуса), минимум (минимум фокуса) и диапазон (диапазон фокуса).

## Зональные функции

Зональные функции обрабатывают данные сетки таким образом, что ячейки одной и той же зоны анализируются как группа. Зона состоит из нескольких ячеек, которые могут быть непрерывными, а могут и не быть. Типичная зональная функция требует двух сеток – сетки зон, которая определяет размер, форму и расположение каждой зоны, и сетки значений, которая должна быть обработана для анализа. В сетке зон ячейки одной и той же зоны кодируются одним и тем же значением, в то время как зонам присваиваются разные значения зон. На рисунке 5 показан пример зональной функции. Цель этой функции – определить зональный максимум для каждой зоны. В сетке входных зон есть только три зоны со значениями в диапазоне от 1 до 3. Зона со значением 1 имеет пять ячеек, три в правом верхнем углу и две в левом нижнем углу. Процедура включает в себя поиск максимального значения среди этих ячеек из сетки значений.



Рис. 5. Функция зонального максимума определяет максимум каждой зоны для создания выходной сетки

Типичные зональные функции включают зональное среднее, зональное стандартное отклонение, зональную сумму, зональный минимум, зональный максимум, зональный диапазон и зональное разнообразие. Другие статистические и геометрические свойства также могут быть получены из дополнительных зональных функций. Например, функция зонального периметра вычисляет периметр каждой зоны и присваивает возвращаемое значение каждой ячейке зоны в выходной сетке.

## Глобальные функции

Для глобальных функций выходное значение каждой ячейки является функцией всей сетки. В качестве примера функция Евклидова расстояния вычисляет расстояние от каждой ячейки до ближайшей исходной ячейки, где исходные ячейки определены во входной сетке [0]. В квадратной сетке расстояние между двумя ортогональными соседями равно размеру ячейки или расстоянию между центроидами соседних ячеек. Аналогично расстояние между двумя диагональными, соседние ячейки равны размеру ячейки, умноженному на квадратный корень из 2. Расстояние между несмежными ячейками может быть вычислено в соответствии с их адресами строк и столбцов.

На рисунке 6 сетка слева является исходной сеткой, в которой существуют два кластера исходных ячеек. Исходные ячейки, помеченные 1, являются первыми кластерами, а ячейка, помеченная 2, является источником с одной ячейкой. Евклидово расстояние от любой исходной ячейки всегда равно 0. Для любой другой ячейки выходным значением является расстояние от ближайшей исходной ячейки.

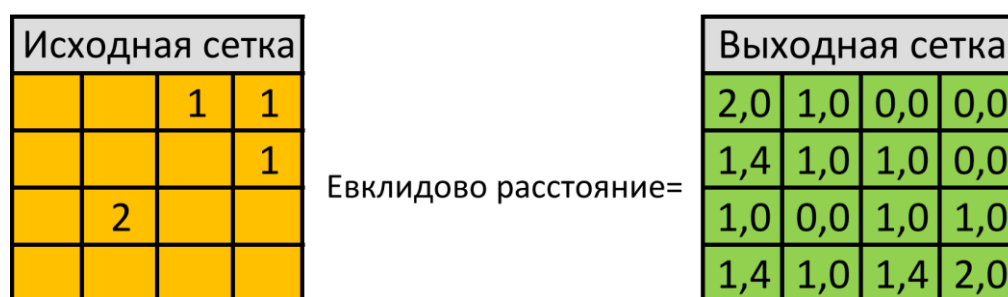


Рис. 6. Функция Евклидова расстояния вычисляет расстояние от ближайшей исходной ячейки

В приведенном выше примере измерение расстояния от любой ячейки должно включать всю исходную сетку. Поэтому эта аналитическая процедура является глобальной функцией. На рисунке 7 приведен пример функции стоимостного расстояния. Исходная сетка идентична сетке на предыдущем рисунке. Однако на этот раз для взвешивания путевых расходов используется сетка затрат. Значение в каждой ячейке таблицы затрат указывает стоимость проезда через эту ячейку.

Исходная сетка				Сетка затрат				Выходная сетка			
		1	1	2	2	4	4	5,0	3,0	0,0	0,0
			1	4	4	3	3	3,5	2,5	2,8	0,0
	2			2	1	4	1	1,5	0,0	2,5	2,0
				2	5	3	3	2,1	3,0	2,8	4,0

Рис. 7. Стоимость проезда для каждой ячейки определяется исходя из расстояния до ближайшей исходной ячейки, взвешенного с помощью функции затрат

Таким образом, стоимость проезда из ячейки, расположенной в первой строке второго столбца, в соседнюю исходную ячейку справа составляет половину стоимости проезда через нее саму плюс половину стоимости проезда через соседнюю ячейку.

Другой полезной глобальной функцией является функция пути затрат, которая определяет путь с наименьшими затратами от каждой выбранной ячейки до ближайшей исходной ячейки с точки зрения расстояния затрат. Эти глобальные функции особенно полезны для оценки связности ландшафта и близости ячейки к любым заданным объектам.

Таким образом, пространственный анализ является жизненно важной частью ГИС. ГИС в свою очередь рассматривается как инструмент принятия решений в среде решения проблем. Пространственный анализ может использоваться для многих приложений, таких как пригодность участка, мониторинг природных ресурсов, борьба с экологическими бедствиями и многое другое. На основе восстановленных производных используются функции растрового анализа и арифметические, логические и условные операции.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Значение NoData в наборах растровых данных – [Электронный ресурс] : Ресурсы ArcMap для ArcGIS Desktop // URL: <https://desktop.arcgis.com/ru/arcmap/10.3/manage-data/raster-and-images/NoData-in-raster-datasets.htm> (11.09.2021 – дата обращения);
2. Евклидова метрика – [Электронный ресурс] : Википедия – свободная энциклопедия // URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Евклидова\\_метрика](https://ru.wikipedia.org/wiki/Евклидова_метрика) (11.09.2021 – дата обращения);
3. Обзор правил Алгебры карт – [Электронный ресурс] : Ресурсы ArcMap для ArcGIS Desktop // URL: <https://desktop.arcgis.com/ru/arcmap/10.7/extensions/spatial-analyst/map-algebra/an-overview-of-the-rules-for-map-algebra.htm> (11.09.2021 – дата обращения).



УДК 004

А. В. БАСКАКОВА

*aankaann@gmail.com*

Науч. руковод. – канд. техн. наук, проф. В. Е. КЛАДОВ

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ В КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ**

*Аннотация.* Уже сейчас понятно насколько перспективным будет использование машинного обучения в обеспечении кибербезопасности. Управление человеком считается этой сфере незаменимым элементом, хотя в решении определенных задач машины могут существенно облегчить работу специалистам. Далее мы рассмотрим использование методов машинного обучения в кибербезопасности.

*Ключевые слова:* машинное обучение, искусственный интеллект, кибербезопасность.

К таким технологическим улучшениям, которые позволят облегчить работу специалистов, можно отнести разработки, относящиеся к следующим областям:

Под искусственным интеллектом (ИИ) понимается способность компьютера обучаться, принимать решения и выполнять действия, свойственные человеческому интеллекту. Это основное понятие, включающее многие другие, такие как машинное обучение и глубокое обучение.

Машинное обучение использует заложенные модели поведения для принятия решений на основе имеющихся данных и выводов. Несмотря на уже имеющиеся правила в системе, человек необходим и в процессе эксплуатации для внесения необходимых поправок и исправлений. Вместо того чтобы писать набор команд вручную, происходит обучение машины, после чего ей предоставляется возможность анализировать и принимать решения самостоятельно.

Глубокое обучение действует аналогично машинному – решения принимаются на основе имеющихся правил. Но оно не нуждается в наблюдении при выполнении своих задач человеком, у него есть возможность самостоятельно вносить коррективы. В настоящее время глубокое обучение можно отнести к сфере машинного обучения, поэтому мы будем рассматривать в основном эту более широкую сферу.

Интерес использования машинного обучения обусловлен двумя важными факторами:

Во-первых, он может автоматизировать процессы, требующие ранее участие человека. Можно привести такой пример, как управление роботизированными механизмами на производстве (т.е. машинное обучение позволяет заменить деятельность человека).

Во-вторых, он имеет возможность быстро обрабатывать и анализировать огромные объемы информации и просчитывать варианты, используя множество переменных. Машинное обучение дает сравнительно лучшие результаты по сравнению с людьми, так как имеет меньшую вероятность ошибки.

### ***Примеры использования машинного обучения в кибербезопасности***

Далее хочу привести несколько примеров, подчеркивающих ценность машинного обучения в сфере кибербезопасности:

1. Профили безопасности на основе поведения пользователей. Алгоритм составляет модель каждого пользователя, чтобы понять нормальный механизм его работы. Программа вырабатывает интерфейс для визуализации угроз. Неавторизованный пользователь будет иметь отклонения в модели поведения. Даже такие факторы, как нажатие клавиш на клавиатуре могут позволить составить модель угроз. Например, существует программное обеспечение для обеспечения кибербезопасности, предоставляемое Darktrace.

2. Профили безопасности на основе данных о работе системы. Помимо профилей безопасности на основе поведения пользователей, основой может служить анализ обычной работы определенного компьютера. Могут указывать на вредоносную активность такие действия как, создание, изменение или удаление файлов с определенным расширением; подключение физических устройств; запуск служб в ОС. Также к аномалиям можно отнести попытки выгрузки списков локальных групп или пользователей, создание нового аккаунта сразу после авторизации. Для централизованного сбора и анализа информации

о событиях используют решения класса security information and event management (SIEM).

3. Блокировка ботов на основе поведения. Происходит генерация огромного количества трафика, из-за которого происходит перезагрузка сервера, и в дальнейшем его блокировка (DoS). Эта проблема особенно актуальна для организаций, бизнес которых зависит от интернет-трафика. Например, для онлайн-магазинов, у которых нет физических торговых точек. Обычные посетители могут столкнуться с медленной работой сайта, что приведет к потере трафика и потенциальных клиентов.

Технологии на основе машинного обучения могут идентифицировать активность ботов и блокировать ее даже при использовании средств анонимизации, например виртуальных частных сетей. На основе данных о поведении злоумышленников алгоритм формирует прогнозные модели и превентивно блокирует новые веб-адреса с такой же активностью. Пример защита от ботов от Group-IB Fraud Hunting Platform.

Существует несколько алгоритмов машинного обучения, но в основном они выполняют следующие задачи:

Регрессия — это обнаружение корреляции между различными наборами данных. Также это понятие включает анализ, как те связаны друг с другом. Вы можете использовать регрессию для прогнозирования действия операционных систем, а затем выявлять аномалии, сравнивая прогнозы с фактическими событиями.

Кластеризация – это поиск сходства алгоритма между наборами данных и группировка их на основе их общих характеристик. Кластеризация не учитывает предыдущий опыт, она используется для обработки новой.

Классификация – это обучение алгоритмов на предыдущих наблюдениях и попытки применить полученные знания к новым данным.

Как показывает практика машинное обучение в обеспечении кибербезопасности уже сейчас активно используется и улучшает работу специалистов.

Но полученные после обработки алгоритмами данные не гарантируют правильность выводов. Также каждый год появляются новые угрозы, которые необходимо вовремя обнаружить и исключить. Поэтому разработка и улучшение алгоритмов машинного обучения будет актуальной задачей в области информационных технологий еще очень долгое время.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Искусственный интеллект и машинное обучение в кибербезопасности – прогноз на будущее [Эл. ист.] URL: <https://www.kaspersky.ru/resource-center/definitions/ai-cybersecurity> (Дата обращения: 10.09.2022)
2. С.М. Авдошин, А.В. Лазаренко, Н.И. Чичилева, П.А. Наумов, П.Г. Ключарев Примеры использования машинного обучения в кибербезопасности Московский государственный технический университет им. Н.Э.Баумана 2019 С. 191–202.
3. Машинное обучение в сфере кибербезопасности [Эл. ист.] URL: <https://sysadmin-note.ru/fast/machine-learning/#:~:text=Машинное%20обучение%20—%20это%20«мозг»,a%20также%20реагировать%20на%20угрозы> (Дата обращения: 10.09.2022)
4. Предотвращение всех видов бот-атак в режиме реального времени [Эл. ист.] URL: <https://www.group-ib.ru/fraud-hunting-platform/bot-prevention.html> (Дата обращения: 11.09.2022)
5. Искусственный интеллект, машинное обучение и глубокое обучение [Эл. ист.] URL: [https://skillbox.ru/media/code/iskusstvennyu\\_intellekt\\_mashinnoe\\_obuchenie\\_i\\_glubokoe\\_obucheni\\_e\\_v\\_chyem\\_raznitsa/](https://skillbox.ru/media/code/iskusstvennyu_intellekt_mashinnoe_obuchenie_i_glubokoe_obucheni_e_v_chyem_raznitsa/) (Дата обращения: 12.09.2022)
6. Искусственный интеллект, машинное и глубокое обучение [Эл. ист.] URL: [https://club.cnews.ru/blogs/entry/import\\_iskusstvennyj\\_intellekt\\_mashinnoe\\_i\\_glubokoe\\_obucheni\\_e\\_v\\_chyom\\_raznitsa\\_8d95](https://club.cnews.ru/blogs/entry/import_iskusstvennyj_intellekt_mashinnoe_i_glubokoe_obucheni_e_v_chyom_raznitsa_8d95) (Дата обращения: 12.09.2022)
7. Выявление инцидентов ИБ с помощью SIEM [Эл. ист.] URL: <https://www.ptsecurity.com/ru-ru/research/analytics/incidents-siem-2020/> (Дата обращения: 13.09.2022)
8. Нейронные сети в кибербезопасности [Эл. ист.] URL: <https://habr.com/ru/post/587694/> (Дата обращения: 13.09.2022)

УДК 004.9

Р. Р. ГАЙНЕТДИНОВ

*rtm\_bis@mail.ru*

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. Е. Ю. САЗОНОВА

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОТОКОВ ЛЮДЕЙ**

**Аннотация.** В статье приводится описание терминологии проблемы прогнозирования потоков людей, актуальности рассматриваемой тематики, современного состояния проблемы в области создания систем прогнозирования. Автором отмечены аспекты решаемой проблемы и используемые модели и методы.

**Ключевые слова:** прогнозирование, машинное обучение; глубокое обучение; нейронные сети, логистика.

### ***Введение***

Прогнозирование – это определение тенденций и перспектив развития тех или иных процессов на основе анализа данных об их прошлом и нынешнем состоянии. Роль прогнозирования неизменно возрастает в связи с ускорением научно-технического прогресса, усложнением задач управления, усилением неопределенности.

Прогнозирование потоков людей имеет большое значение для управления дорожным движением, оценки рисков и обеспечения общественной безопасности. Например, во время празднования Нового года в Шанхае в 2015 году огромные толпы людей направились в маленькие районы, что привело к катастрофической давке, в результате которой погибло 36 человек. В середине июля 2016 года сотни игроков в Pokemon Go пробежали через Центральный парк Нью-Йорка в надежде поймать особенно редкого покемона, что также привело к опасной ситуации. Если перед различными мероприятиями будет прогнозироваться поток людей в регионе, то вероятность появления таких трагедий может быть сокращена, используя аварийные механизмы, такие как регулирование дорожного движения, рассылка предупреждений или эвакуация людей.

К 2050 году примерно 7 из 10 человек будут жить в городах. В результате с ростом количества людей в городе быстро расширяется и городской транс-

порт, что ставит новые задачи перед устойчивым развитием городов. Городской транспорт позволяет снизить транспортные расходы людей, заторы на дорогах и загрязнение окружающей среды, поэтому метро, ж/д транспорт, автобусы и другие виды общественного транспорта играют важную роль в реализации устойчивого развития городов. Транспортная система метро является наиболее важной и эффективной, так как она способствует уменьшению городского трафика и экономии энергии, выбрасывая при это меньшее количество загрязняющих веществ. Поэтому своевременная и эффективная транспортная система метро очень важна. Для того, чтобы избежать заторов на дорогах или паралича движения из-за нехватки ресурсов метро, может быть использован инструмент прогнозирования пассажиропотока для эффективного распределения транспортных ресурсов.

В связи с распространением технологии определения местоположения городские пространственно-временные данные (данные автобусных карт, данные считывания карт метро, мобильный GPS и т. д.) становятся многообразными. Следовательно, данные о пассажиропотоке различного вида транспорта становятся более доступными и информативными, что полезно при изучении моделей человеческой деятельности.

### ***Современное состояние проблемы***

Для решения задачи прогнозирования потоков людей применяются методы машинного обучения, включающие нейронные сети и различные регрессионные модели. Так, например, в статье [1] был предложен подход на основе глубокого обучения, названный ST-ResNet, для коллективного прогнозирования двух типов потоков толпы.

В работе [2] предлагается использование твитов в комбинации с глубокими нейронными сетями для улучшения эффективности прогнозирования потоков толпы в масштабах города.

Прогнозирование пассажиропотока автобусов имеет важное значение для работы автобусной транспортной системы. В статье [3] авторы используют подход, называемый методом глубокого обучения с долгой краткосрочной памяти, рекуррентной нейронной сети и жадного послыонного алгоритма, который используется для прогнозирования пассажиропотока Государственной корпорации автомобильного транспорта штата Карнатака.

Точное прогнозирование пассажиропотока в метро имеет решающее значение для управления эксплуатацией и планирования работы линий. Авторами работы [4] предлагается гибридная нейросетевая модель GCTN (графовая сверточная и комплексная временная нейронная сеть). Модель сочетает в себе трансформаторную сеть и сеть долгой кратковременной памяти (LSTM), чтобы уловить глобальную и локальную временную зависимость. Кроме того, она использует графовую сверточную сеть (GCN) для отражения пространственных особенностей метрополитена.

В [5] предлагается CrowdNet, решение для прогнозирования потоков толпы, основанное на графовых конволюционных сетях. По сравнению с современными решениями, CrowdNet может использоваться с регионами неправильной формы и предоставлять содержательные объяснения предсказанных потоков толпы.

Авторы [6] предлагают первую глубокую систему для мгновенного прогнозирования долгосрочного движения толпы в произвольно больших реалистичных средах. Центральными элементами их подхода являются новое представление SAGE, которое эффективно кодирует сценарии толпы в компактные представления фиксированного размера, без потерь представляющие окружающую среду, и модифицированная архитектура SegNet для мгновенного долгосрочного прогнозирования потока толпы.

В обзоре [7] предлагается комбинированный метод, основанный на алгоритме кластеризации K-means и рекуррентном блоке (GRU). Алгоритм K-means используется для кластеризации исторических данных о транспортном потоке

для создания различных библиотек моделей транспортного потока. Алгоритм классификации K-nearest neighbour (KNN) используется для определения исторической модели транспортного потока, наиболее похожей на тенденцию изменения транспортного потока на дату, которая должна быть спрогнозирована.

В статье [8] была предложена новая гибридная модель прогнозирования, включающая две отдельные модели нейронной сети ВР и модель временного ряда, в соответствии со свойствами периодичности и случайности краткосрочного пассажиропотока. Используя данные IC-карт из автобусов, была создана трехслойная модель нейронной сети ВР для отражения характеристик стабильности цикла краткосрочного пассажиропотока.

В работе [9] предлагается модель прогнозирования толпы Imputed Spatial-Temporal Convolution Network (ISTC) для точного прогнозирования толпы в больших комплексных зданиях. Для моделирования пространственно-временных корреляций ISTC использует слои свертки, структура которых представлена в виде графов. В то же время ISTC добавляет слои интерполяции для обработки недостающих данных.

Авторы [10] исследуют региональные особенности вблизи станции метро с помощью метода кластеризации funFEM и предлагают двухэтапную процедуру для прогнозирования пассажиропотока в метро путем включения географической информации из кластерного анализа в функциональный временной ряд прогнозирования.

В работе [11] используются крупномасштабные данные о сигналах мобильных телефонов для прогнозирования места назначения человека между зонами покрытия различных базовых станций. Из-за отсутствия естественной топологической структуры между базовыми станциями, в данной работе используется модель TGCN в сочетании с модулем объединения графов для предварительного обучения задачи прогнозирования динамического распределения населения.



Авторами [12] были проведены полевые исследования в четырех терминалах аэропорта с различными масштабами и режимами работы для выявления характеристик пассажиропотока. Создана модель для прогнозирования распределения пассажиров по основным зонам терминала аэропорта на основе расстановки рейсов.

Группа исследователей [13], используя комбинацию реальных данных аэропорта, а также синтетических данных, полученных с помощью симулятора аэропорта, реализовали рекуррентную нейронную сеть с долговременной памятью для прогнозирования возможных траекторий движения пассажиров в аэропорту в зависимости от заданных пользователем профилей пассажиров.

В статье [14] была разработана система прогнозирования, которая генерирует квантильные прогнозы времени пересадки трансферных пассажиров. Выбирая из распределения времени пересадки отдельных пассажиров, система также составляет квантильные прогнозы количества пассажиров, прибывающих в зоны иммиграции и безопасности.

В исследовании [15] дается краткий обзор по темам RTLS, путевого ориентирования AGV и прогнозирования траектории движения, а также представлен подход на основе импульса для прогнозирования будущего положения рабочих на заводах и складах. Результаты показывают, что сверхширокополосные RTLS очень хорошо подходят для прогнозирования траектории движения в производственном секторе.

Исследователи [16], используя данные о транзакциях по дебетовым картам, тестируют различные архитектуры графовых нейронных сетей (ГНС), чтобы найти лучшую модель для прогнозирования потока клиентов.

Работа [17] посвящена исследованию пассажиропотоков, их краткосрочному прогнозированию на основе статистических данных, полученных эмпирическим путем. Рассмотрены способы подсчета пассажиров, дан их краткий сравнительный анализ. На основе накопленных данных был произведен про-

гноз, с помощью которого рассчитано необходимое количество автобусов на линии по часам суток в конкретный день.

Авторами работы [18] используется модель сезонного авторегрессионного интегрированного скользящего среднего (SARIMA) и машины опорных векторов (SVM) для создания модели прогнозирования транспортного потока. Модель построена с использованием интеллектуальных данных, предоставляемых крупномасштабной городской системой предупреждения о транспортном потоке, таких как точные данные о проходящем потоке, собранные с помощью Интернета вещей и сенсорных сетей.

В [19] предлагается модель сезонного авторегрессионного интегрированного скользящего среднего (SARIMA) для прогнозирования пассажиропотока. В данной статье учитывается не только нестационарность и автокорреляция последовательности, но и ежедневная периодичность последовательности. Результаты прогнозирования могут точно описать тенденцию изменения пассажиропотока аэропорта и обеспечить научную поддержку принятия решений для оптимального распределения ресурсов аэропорта и оптимизации процесса отправления.

В [20] предлагается новый метод прогнозирования пассажиропотока в живописных районах на основе модели гибридной нейронной сети (HNN) на основе сверточной нейронной сети и долговременной кратковременной памяти (CNN-LSTM), которая учитывает многосигнальный транспортный поток вокруг живописного района. Она использует серию ГНС для поиска временной и пространственной корреляции между пассажиропотоками из нескольких источников и решает проблему зависимости стабильности данных.

Таким образом, был проведен аналитический обзор статей в области создания инструментов для прогнозирования потоков людей.

## *Заключение*

Прогнозирование потоков людей является одной из важных задач для успешного построения и функционирования крупных городов. На текущий день проведено множество исследований в этой области, как зарубежными, так и отечественными учеными, что свидетельствует об актуальности изучаемой темы. В рамках проведенных исследований были достигнуты впечатляющие по точности результаты, которые могут послужить фундаментом в дальнейшем для создания систем управления потоками людей.

*Результаты исследования, приведенные в статье, получены в рамках выполнения государственного задания FEUE-2020-0007.*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Junbo Zhang, Yu Zheng, Dekang Qi, Ruiyuan Li, Xiuwen Yi, Tianrui Predicting citywide crowd flows using deep spatio-temporal residual networks // Artificial Intelligence Volume 259, June 2018, Pages 147-166  
URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0004370218300973?via%3Dihub>.
2. Gary Goh; Jing Yu Koh; Yue Zhang Twitter-Informed Crowd Flow Prediction // 2018 IEEE International Conference on Data Mining Workshops (ICDMW) URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8637555>
3. Nandini Nagaraj, Harinahalli Lokesh Gururaj, Beekannahalli Harish Swathi, and Yu-Chen Hu Passenger flow prediction in bus transportation system using deep learning// Multimed Tools Appl. 2022; 81(9): 12519 - 12542. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8857630/>
4. Zhihao Zhang , Yong Han , Tongxin Peng , Zhenxin Li and Ge Chen A Comprehensive Spatio-Temporal Model for Subway Passenger Flow Prediction // ISPRS Int. J. Geo-Inf. 2022, 11, 341 URL: <https://www.mdpi.com/2220-9964/11/6/341/pdf>
5. Marco Cardia, Massimiliano Luca, Luca Pappalardo Enhancing crowd flow prediction in various spatial and temporal granularities// Computer Vision and Pattern Recognition URL: <https://arxiv.org/abs/2203.07372>
6. Samuel S. Sohn, Honglu Zhou, Seonghyeon Moon, Sejong Yoon, Vladimir Pavlovic, and Mubbasir Kapadia Laying the Foundations of Deep Long-Term Crowd Flow Prediction // Computer Vision – ECCV 2020 (pp.711-728)URL: [https://www.researchgate.net/publication/346115613\\_Laying\\_the\\_Foundations\\_of\\_Deep\\_Long-Term\\_Crowd\\_Flow\\_Prediction](https://www.researchgate.net/publication/346115613_Laying_the_Foundations_of_Deep_Long-Term_Crowd_Flow_Prediction)
7. Zhaoyun Sun, Yuanjiao Hu, Wei Li, Shaowei Feng, Lili Pei Prediction model for short-term traffic flow based on a K-means-gated recurrent unit combination // IET Intell. Transp. Syst. 2022;16:675–690. URL: <https://ietresearch.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1049/itr2.12165>
8. Zhijian Wang, Chunlei Yang, Chao Zang Short-term Passenger Flow Prediction on Bus Stop Based on Hybrid Model// Frontiers in Bioengineering and Biotechnology Volume 10 | Article 804454. URL: <https://www.atlantispress.com/proceedings/ecae-17/25890796>
9. Shiyang Qiu, Peng Xu, Wei Zheng, Junjie Wang, Guo Yu, Mingyao Hou, Hengchang Liu Prediction of Crowd Flow in City Complex with Missing Data// Proceedings of The Eleventh Asian

- Conference on Machine Learning, PMLR 101:758-773, 2019. URL: <https://proceedings.mlr.press/v101/qiu19a.html>
10. Yujin Park, Yoonhee Choi, Kyongwon Kim & Jae Keun Yoo Machine learning approach for study on subway passenger flow // Scientific Reports volume 12, Article number: 2754 (2022) URL: <https://www.nature.com/articles/s41598-022-06767-7>
11. Qiuyang Huang , Yongjian Yang, Yuanbo Xu , En Wang, and Kangning Zhu Human Origin-Destination Flow Prediction Based on Large Scale Mobile Signal Data // Research Article Volume 2021 |Article ID 1604268. URL: <https://www.hindawi.com/journals/wcmc/2021/1604268/>
12. Lin Lin , Xiaochen Liu , Xiaohua Liu , Tao Zhang , Yang Cao A prediction model to forecast passenger flow based on flight arrangement in airport terminals // Energy and Built Environment (2022). URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666123322000423>
13. Roberto Salvador Félix Patrón, Paolo Scala, Miguel Mújica Mota and Alejandro Murrieta Mendoz Airport passenger flow prediction using simulation data farming and machine learning// 33rd European Modeling & Simulation Symposium, EMSS 2021 URL: [https://www.researchgate.net/publication/353453333\\_Airport\\_passenger\\_flow\\_prediction\\_using\\_simulation\\_data\\_farming\\_and\\_machine\\_learning](https://www.researchgate.net/publication/353453333_Airport_passenger_flow_prediction_using_simulation_data_farming_and_machine_learning)
14. Xiaojia Guo Yael Grushka-Cockayne Bert De Reyck Forecasting Airport Transfer Passenger Flow Using Real-Time Data and Machine Learning // Working Paper 19-040. URL: [https://www.hbs.edu/ris/Publication%20Files/19-040\\_89360426-c7a9-4aac-95e1-a3a3db276dc8.pdf](https://www.hbs.edu/ris/Publication%20Files/19-040_89360426-c7a9-4aac-95e1-a3a3db276dc8.pdf)
15. Andreas Löcklin Tamás Ruppert László Jakab Trajectory Prediction of Humans in Factories and Warehouses with Real-Time Locating Systems // Conference: 25th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation, ETFA 2020At: Vienna, Austria URL: [https://www.researchgate.net/publication/344452276\\_Trajectory\\_Prediction\\_of\\_Humans\\_in\\_Factories\\_and\\_Warehouses\\_with\\_Real-Time\\_Locating\\_Systems](https://www.researchgate.net/publication/344452276_Trajectory_Prediction_of_Humans_in_Factories_and_Warehouses_with_Real-Time_Locating_Systems)
16. Egor Shikov, Mariia Bardina, Danila Vaganov Predicting customer flow for the selected location based on transactional data // Procedia Computer Science 193 (2021) 361–370 URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050921020780>
17. В.В. Нефедов, М.В. Русских, А.К. Меремкулов, И.В. Кушнарченко Краткосрочное прогнозирование пассажиропотоков на основе статистических данных // ISSN 0321-2653 Известия вузов. Северо-кавказский регион. Технические науки. 2013. № 6 URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kratkosrochnoe-prognozirovanie-passazhiropotokov-na-osnove-statisticheskikh-dannyh>
18. Wei Li , Liying Sui, Min Zhou1 and Hairong Dong Short- term passenger flow forecast for urban rail transit based on multi- source data // Li et al. J Wireless Com Network (2021) 2021:9 URL: <https://jwcn-urasipjournals.springeropen.com/articles/10.1186/s13638-020-01881-4>
19. Ziyu Li, Jun Bi, and Zhiyin Li Passenger Flow Forecasting Research for Airport Terminal Based on SARIMA Time Series Model // Ziyu Li et al 2017 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 100 012146 URL:[https://www.researchgate.net/publication/321892705\\_Passenger\\_Flow\\_Forecasting\\_Research\\_for\\_Airport\\_Terminal\\_Based\\_on\\_SARIMA\\_Time\\_Series\\_Model](https://www.researchgate.net/publication/321892705_Passenger_Flow_Forecasting_Research_for_Airport_Terminal_Based_on_SARIMA_Time_Series_Model)
20. Zhiwen Gao, Jianqin Zhang, Zhijie Xu,Xuedong Zhang, Ruixuan Shi, Jiachuan Wang, Ying Ding,and Zhuohang Li Method of Predicting Passenger Flow in Scenic Areas Considering Multi-source Traffic Data // Sensors and Materials, Vol. 32, No. 11 (2020) 3907–3921 URL: [https://sensors.myu-group.co.jp/sm\\_pdf/SM2384.pdf](https://sensors.myu-group.co.jp/sm_pdf/SM2384.pdf)

В. Г. ГРУЗДЕВ, Е. А. ЛОПУХОВА, Р. В. КУТЛУЯРОВ

*Gruzdev.study@gmail.com, lopuhova.ekaterina@net.ugatu.su, kutluyarov.rv@ugatu.su*

Науч. руковод. – канд. техн. наук Р. В. КУТЛУЯРОВ

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **МЕТОДЫ РЕАЛИЗАЦИИ КОНЦЕНТРАЦИИ ВНИМАНИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ**

**Аннотация.** Возрастающая потребность в системах автоматизации и поддержки принятия решений требует повышения точности последних и, вследствие этого, все большего объема обучающих данных. Однако, далеко не всегда возможно обеспечить условия для быстрой генерации необходимого количества примеров. Целью данной работы является изучение различных способов концентрации внимания нейронных сетей для увеличения точности предсказаний и сокращения требований к объему обучающей выборки. Были рассмотрены примеры систем концентрации внимания и их реализации в задачах медицинской диагностики.

**Ключевые слова:** нейронной сети, концентрация внимания, компьютерное зрение, медицинская диагностика.

Уже практически невозможно представить современную жизнь без таких вещей как переводчик, поиск по изображению, бот в мессенджере, автоматически генерирующий из контекста сообщений ответ пользователю, ведь уже давно общество активно использует нейронные сети (НС) для автоматизации множества процессов и реализации рекомендательных систем. В частности, все большую популярность набирают методы применения НС в системах медицинской диагностики, поскольку данные подходы с высокой эффективностью, как показывают последние исследования, имитируют экспертные оценки врачей [1-4], что позволяет снизить нагрузку на работников и повысить качество оказываемых услуг. Однако, для эффективной работы НС, особенно в области визуального и многопараметрического анализа, необходим обширный объем обучающей выборки. Одновременно с этим, в случае использования метода обучения с учителем в рамках таких задач как сегментация изображений, необходима генерация размеченного набора данных, что для крупного датасета требует больших временных и ресурсных затрат. Один из вариантов модернизации НС для снижения требований к объему обучающих данных – концентрация внима-

ния, что помогает сети выделить наиболее важную информацию из каждой выборки без снижения эффективности работы. В данном исследовании были рассмотрены основные подходы к реализации систем концентрации внимания для различных видов сетей с целью выделить наиболее перспективное решение для решения задачи детекции заболеваний НС по визуальным данным.

*Глобальное и локальное внимание.* В работе [5] были представлены два основных вида внимания в контексте применения рекуррентных нейронных сетей (РНС) для реализации приложения машинного перевода. В контексте машинного обучения глобальное внимание подразумевается при использовании всех скрытых состояний НС для определения приоритета обрабатываемой информации. В этом случае для РНС были использованы все скрытые состояния кодировщика для определения вектора контекста на основе внимания для каждого шага декодера.

На каждом временном шаге  $t$  модель выводила вектор веса выравнивания переменной длины  $a$ , основанный на текущем целевом состоянии  $h$  и всех исходных состояниях  $h_s$ .

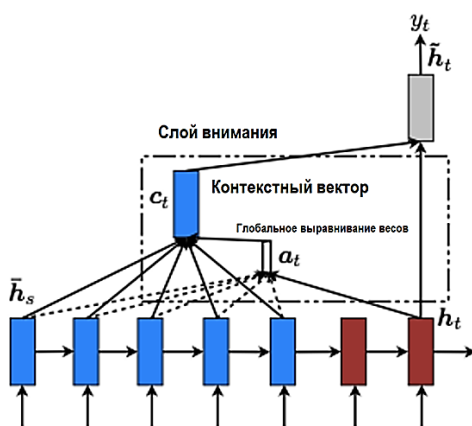


Рис. 1. Схема работы РНС с применением глобального внимания

Затем вычислялся глобальный контекстный вектор как средневзвешенный, согласно  $a_t$ , по всем исходным состояниям.

Идея данной глобальной модели внимания состоит в том, чтобы учитывать все скрытые состояния кодера при отключении контекстного вектора  $c_t$ . В этом типе модели вектор выравнивания переменной длины  $a_t$ , размер кото-

рого равен количеству временных шагов на стороне источника, получается путем сравнения текущего целевого скрытого состояния  $h_e$  с каждым исходным скрытым состоянием  $h_g$ .

При реализации локального внимания рассматриваются лишь некоторые скрытые попадающие в окно состояния.

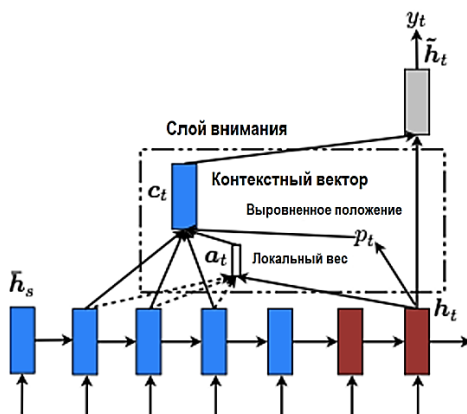


Рис. 2. Схема работы РНС с применением локального внимания

Это окно сосредоточено вокруг скрытого состояния  $p$ -го кодера и включает в себя скрытые состояния  $D$ , которые отображаются по обе стороны от  $p$ . Таким образом, длина этого окна, то есть количество рассмотренных скрытых состояний, составляет  $2D+1$ . Монотонное выравнивание происходит, когда  $p$  просто устанавливается таким же, как позиция декодера (5-й вывод будет иметь  $p = 5$ , и, если  $D = 2$ , внимание будет сосредоточено только на 3,4,5,6,7 скрытых состояниях). Прогнозирующее выравнивание наблюдается, когда  $p$  определяется как функция скрытого состояния декодера  $h_t$ . Полученная нсамблевая модель с использованием представленных архитектур внимания дала лучший результат по переводу с английского на немецкий с 25,9 балла BLEU с улучшением на 1,0 балл по сравнению с существующей лучшей системой, поддерживаемой NMT и n-gram reranker [6].

В работе [7] в структуру РНС были включены блоки реализации активного и скрытого внимания для перевода команд из текстовых описаний на естественном языке в строки кода по типу if-then. Модель принимает в качестве

входных данных последовательность символов  $x_1, \dots, x_j$  каждый из которых берется из словаря из  $N$  слов.

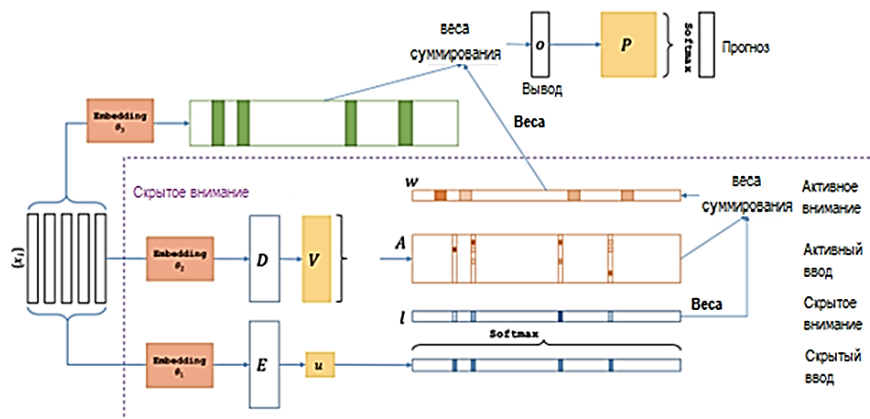


Рис. 3. Реализация РНС с интеграцией блоков активного и скрытого внимания

Для реализации слоя скрытого внимания предполагается, что каждый  $x_i$  кодируется как одномерный вектор размером  $N$ . Входная последовательность  $X$  была встроена в  $d$ - мерную последовательность, используя  $E = \text{Embedding}_{\theta_1}(X)$ , где  $\theta_1$  - набор параметров. Здесь  $E$  имеет размер  $d \times J$ . Выходные данные слоя скрытого внимания вычисляются как стандартный  $\text{softmax}(E)$ . В частности, предполагается, что  $l$  -  $J$ - мерный выходной вектор,  $u$  -  $d$ - мерный обучаемый вектор. Слой активного внимания вычисляет вес каждого токена на основе его важности для окончательного прогноза. Эти веса называются активными весами. Сначала вставляется  $X$  в  $D$  используя другой набор параметров  $\theta_2$ , т.е.  $D = \text{Embedded}_{\theta_2}(X)$  имеет размер  $d \times J$ . Далее, для каждого токена  $D_i$ , вычисляется его активное внимание ввода  $A_i$  посредством функции  $\text{softmax}$ . Активные веса вычисляются как сумма  $A_i$ , взвешенных по выходному значению скрытого веса внимания. Выходное представление использует третий набор параметров  $\theta_3$  для встраивания  $X$  в матрицу встраивания  $d \times J$ , а конечный результат  $o$  -  $d$ - мерный вектор, представляет собой сумму встраивания, взвешенную по активным весам. Приведенная архитектура позволила снизить частоту ошибок на 28,57% по сравнению с предшествующим уровнем распознавания команд.

*Внимание в сверточных нейронных сетях.* В системах компьютерного зрения концентрация внимания является особенно важным инструментом в



случае ограниченного набора обучающей выборки или повышения требуемой точности детектирования объектов. Наиболее часто используемыми структурами анализа визуальной информации в машинном обучении выступают сверточной нейронной сети (СНС). Однако, последние исследования свидетельствуют об их успехе в анализе последовательных данных. В работе [8] было представлено три варианта модели реализации внимания для, применяемой также для анализа текстовой информации. Для начала внимание вводится перед операцией свертки.

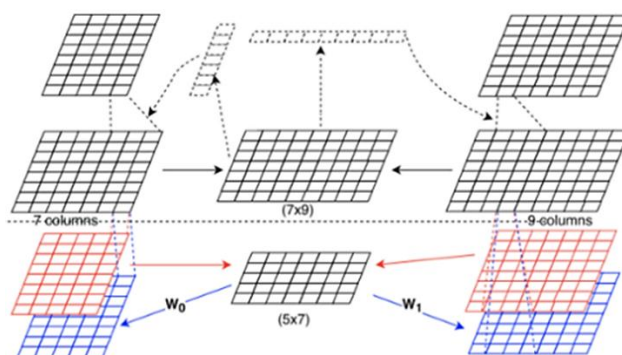


Рис. 4. Структура работы СНС с интегрированными матрицами внимания

Карта функций входного представления для обоих предложений сопоставляются для получения матрицы внимания размером  $5 \times 7$ . Затем обратное преобразование в карту признаков внимания с соответствующими весами. Затем матрица внимания используется для получения весов внимания путем суммирования всех значений внимания в заданной строке или столбцах и используется для повторного взвешивания столбцов карты объектов.

Поскольку операции свертки извлекают информативные объекты путем смешивания межканальной и пространственной информации вместе, логично было бы использовать модуль для выделения значимых объектов по этим двум основным измерениям: каналу и пространственным осям. В работе [9] для построения данного блока, последовательно применялись модули канального и пространственного внимания, чтобы каждая из ветвей могла узнать "что" и "где" нужно выделять в канальной и пространственной осях соответственно. В

результате данный модуль эффективно корректирует информационный поток внутри сети, изучая, какую информацию следует выделять или подавлять.

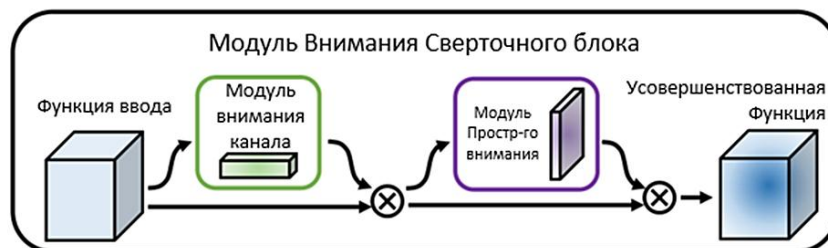


Рис. 5. Модуль внимания сверточного блока

Результаты приведенных работ нашли обширное применение в системах компьютерного зрения, в частности, в медицине, и, как показывают последние исследования, улучшают производительность моделей глубокого обучения. Недавняя работа в области офтальмологии [10] продемонстрировала обнаружение и классификацию возрастной макулярной дегенерации (ВМД) при помощи СНС с применением механизма внимания из работы [9]. Исследователи пришли к выводу, что способность модели диагностировать и классифицировать ВМД равна способности офтальмологов и даже в некоторой степени превосходит их. Такие впечатлительные результаты при сравнительно малом объеме обучающих данных, не превышающих несколько сотен ввиду невозможности частого использования томографического исследования пациентов, свидетельствуют о высокой эффективности приведенного метода.

### ***Заключение***

Анализ работ в области машинного обучения с интеграцией в структуры СНС механизмов концентрации внимания показал перспективы применения последних. Особенно актуально применение данных методик для медицинской диагностики ввиду необходимости повышения точности алгоритмов для реализации рекомендательных систем в условиях сравнительно малого набора обучающих данных ввиду специфики влияния неинвазивных методов обследования на пациентов. В дальнейших исследованиях планируется реализация си-

стемы концентрации внимания для СНС с целью детекции заболеваний сетчатки на основе визуальных данных.

Исследование выполнено в рамках работ по государственному заданию Минобрнауки России для ФГБОУ ВО «УГАТУ» (код научной темы #FEUE-2021-0013, соглашение № 075-03-2021-014) в молодежной научно-исследовательской лаборатории НОЦ «Сенсорные системы на основе устройств интегральной фотоники».

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Li L, Xu M, Liu H, et al. A Large-Scale Database and a CNN Model for Attention-Based Glaucoma Detection. *IEEE Trans Med Imaging* 2020;39(2):413-24 doi: 10.1109/TMI.2019.2927226.
2. Sun Y, Zhang H, Yao X. Automatic diagnosis of macular diseases from OCT volume based on its two-dimensional feature map and convolutional neural network with attention mechanism. *J Biomed Opt* 2020;25(9) doi: 10.1117/1.JBO.25.9.096004.
3. Wang J, Bao Y, Wen Y, et al. Prior-Attention Residual Learning for More Discriminative COVID-19 Screening in CT Images. *IEEE Trans Med Imaging* 2020;39(8):2572-83 doi: 10.1109/TMI.2020.2994908.
4. Zhang J, Xie Y, Xia Y, Shen C. Attention Residual Learning for Skin Lesion Classification. *IEEE Transactions on Medical Imaging* 2019:1-1.
5. Luong M. T., Pham H., Manning C. D. Effective approaches to attention-based neural machine translation //arXiv preprint arXiv:1508.04025. – 2015.
6. The Stanford Natural Language Processing Group: [Электронный ресурс]. Stanford. URL: <https://nlp.stanford.edu/projects/nmt/>. (Дата обращения: 15.09.2022).
7. Liu C. et al. Latent attention for if-then program synthesis //Advances in Neural Information Processing Systems. – 2016. – Т. 29.
8. Yin W. et al. Abcnn: Attention-based convolutional neural network for modeling sentence pairs //Transactions of the Association for Computational Linguistics. – 2016. – Т. 4. – С. 259-272.
9. Woo S. et al. Cbam: Convolutional block attention module //Proceedings of the European conference on computer vision (ECCV). – 2018. – С. 3-19.
10. Yan Y. et al. Attention- based deep learning system for automated diagnoses of age- related macular degeneration in optical coherence tomography images //Medical Physics. – 2021. – Т. 48. – №. 9. – С. 4926-4934.

УДК 004

А. В. ЕРОХИНА

*whoami.fin@yandex.ru*

Науч. руковод. – кан. пед. наук, доц. О. Г. СТАРЦЕВА

*Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы*

## **ИСТОРИЯ ПЕРВЫХ РАБОТ В ОБЛАСТИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА**

*Аннотация.* В статье приводится история работ в области искусственного интеллекта. Анализируется каждая работа и ее влияние в развитие ИИ.

*Ключевые слова:* искусственный интеллект, роботы, логика, разум, обучение.

### ***Становление искусственного интеллекта***

Еще в Древней Греции автоматам – заводным механизмам – было уделено особое внимание. Адрианна Майор, исследователь из Стэнфорда, проводила анализ мифов, древнегреческих текстов и обнаружила, что они исполнены большим количеством записей об искусственных существах, созданных в то время. Например, богами были созданы бронзовый робот Талос, искусственная женщина Пандора и другие «умные» объекты, способные самостоятельно передвигаться.

В 17 веке некоторые мыслители думали о возможности «вложить разум» в неодушевленные предметы. В то время было предложено много теорий. Именно тогда началась формулировка гипотезы о физической символической системе – в мышлении есть главные принципы, знание из которых выводится с помощью логического дедуктивного метода [2, с. 23-26].

В 1913 году Альфредом Норт Уайтхедом и Бертраном Расселом опубликована книга «Принципы математики». В это время Джорджем Булем были выдвинуты законы мышления. Работы положили начало математической логике.

Благодаря художественным произведениям «Франкенштейн, или Современный Прометей» Мэри Шелли и «Россумские универсальные роботы» Карела Чапека в 1921 году, в литературу вошло слово «робот».

В 12 лет Уолтер Гарри Питтс сообщил в письме Бертрану Расселу об ошибках в книге «Принципы математики». Впоследствии автор пригласил Уолтера учиться в аспирантуре университета в Кембридже.

### ***Разработки в области ИИ***

Уоррен МакКаллок хотел создать модель мозга с помощью логического математического анализа Лейбница. Однако он столкнулся с трудностью описать математическую модель превращения выходного сигнала последнего нейрона в цепи во входной. В 1945 году Уолтер Гарри Питтс вместе с Уорреном МакКаллоком опубликовали статью «Логическое исчисление идей, относящихся к нервной активности», где представили упрощенное описание работы мозга (рис.1).

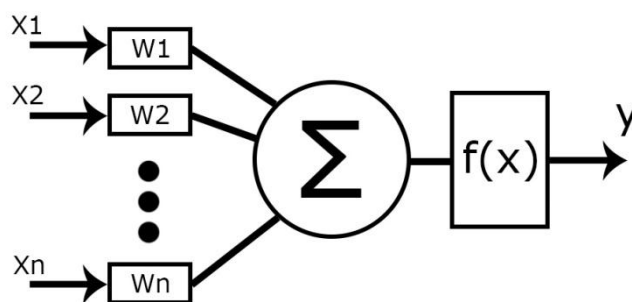


Рис. 1. Модель нейрона (МакКаллок и Питтс)

В качестве  $X$  выступают входные сигналы. За  $W$  обозначают синаптические веса, которые указывают силу влияния на выходной сигнал. Они перемножаются с входными сигналами и на выходе происходит проверка значения функции активации. Когда значение ниже порога, то выход равен единице, это значит, что нейрон активирован. При значении равном ниже порога выход равен 0 – нейрон не активирован.

У. Г. Питтс также впечатлил Норберта Винера, который присвоил ему звание кандидата математических наук. Хочется отметить, что У. Г. Питтс был очень одаренным исследователем и принес огромный вклад в развитие искусственного интеллекта с математической точки зрения.

В 1948 году Норберт Винер предложил определение кибернетики, а Клод Шеннон – теории информации [3, эл. ресурс].

Через несколько лет Алан Тьюринг продемонстрировал тест Тьюринга в своей статье «Вычислительные машины и разум». Суть теста заключалась в том, чтобы человек определил, с кем он взаимодействует в чате – с компьютером или человеком. Задача компьютера – запутать собеседника и выставить себя человеком. Дается ограниченное время, по истечении которого выявляется результат теста (рис. 2).

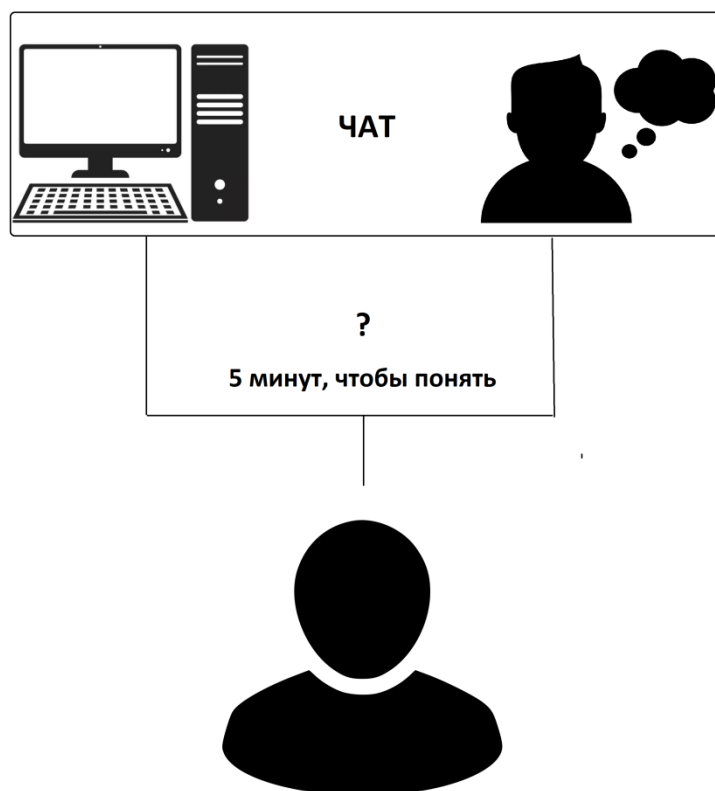


Рис. 2. Схема описания теста Тьюринга

В 1951 году Марвин Мински разработал первую машину нейронных сетей, SNARC. Она выглядит как случайная сеть из 40 синапсов, которые имеют память. В памяти содержится вероятность, что сигнал поступит на вход и выйдет из другого выхода. Вероятность регулируется и отображает значение распределения сигналов. Когда сигнал проходит, конденсатор запоминает функцию и включает «сцепление». При нажатии на кнопку оператором, запускается большой двигатель. Марвин Мински перепрофилировал gyropilot – систему,

используемую для автопилотирования B52, - для приведения в действие цепи, которая взаимодействует с специально разработанными электромеханическими муфтами, прикрепленными к каждому потенциометру. Все это было встроено в стеллажи. И из-за короткого среднего времени до отказа для вакуумных лампы можем предположить, что отладка, вероятно, была целью проектирования (мы можем видеть намек на это в том, что каждая ячейка SNARC была подключена к системе с помощью заглушки) [1, с. 94].

Термин «искусственный интеллект» был предложен Джоном Маккарти. Джон МакКарти заявил: «Мы предлагаем исследование искусственного интеллекта сроком в 2 месяца с участием 10 человек. Исследование основано на предположении, что любое свойство интеллекта может быть столь точно описано, что машина сможет его симулировать. Мы попытаемся понять, как обучить машины использовать естественные языки, формировать абстракции и концепции, решать задачи, сейчас подвластные только людям, и улучшать самих себя. Мы считаем, что существенное продвижение в одной или более из этих проблем вполне возможно, если специально подобранная группа ученых будет работать над этим в течение лета».

«Решатель общих проблем» (GPS) был создан в 1959 году Ньюэллом и Саймоном. Программа GPS решала простые проблемы, например, задачу Ханойских башен. Но программа не решала реальные проблемы. Пользователь устанавливал объекты и операции, выполняющиеся с объектами, а GPS генерировал эвристику, анализируя средства и результаты для решения проблем [5, эл. ресурс].

Джеймс Слэйгл разработал SAINT, эвристическую программу. Она решает задачи интеграции в исчислении. В это же время появилась программа Даниэля Боброу STUDENT, которая направлена на решение словесных алгебраических задач. Правила уже созданы заранее в системе. Также в 1966 году Джозефом Вайзенбаум была создана ELIZA, повторяющая идею Тьюринга. Такая программа содержит определенные правила формирования фраз, из тех, которые уже имеются и были использованы.

Затем была опубликована книга «Перцептроны» в 1969 году Марвином Мински и Сеймуром Папертом. В ней описываются ограничения перцептронов

в задачах. Есть задачи, которые решаются перцептронами, но для этого требуется огромное количество времени и слишком большой объем памяти. Книга сравнивает последовательные и параллельные вычисления и выделяет преимущества первых.

В период 1974-1980 годов шла «зима ИИ». Исследователи были озадачены сложными проблемами, которые приводили к комбинаторному взрыву.

Япония возродила искусственный интеллект в 80 годах. Было выделено 850 миллионов на проект «Компьютер пятого поколения».

Первой разработкой после «зимы ИИ» стал робот «Wabot-2». Робот распознавал ноты и играл на электронной клавиатуре Yamaha. Отмечают, что благодаря этой разработке другие страны были замотивированы продолжать исследования в области ИИ.

В 1977 году суперкомпьютер IBM Deep Blue выиграл Гарри Каспарова, чемпиона мира по шахматам.

В 1982 году Хопфилдом была создана новая форма нейронной сети (рис. 3). Она корректирует ошибки и помехи. На вход принимается 1 или -1. У каждого нейрона есть связь с другими нейронами. Динамика сети в процессе работы приходит к положению равновесия, что является локальным минимумом функционала – энергия сети. Может быть использована в решении задач оптимизации.

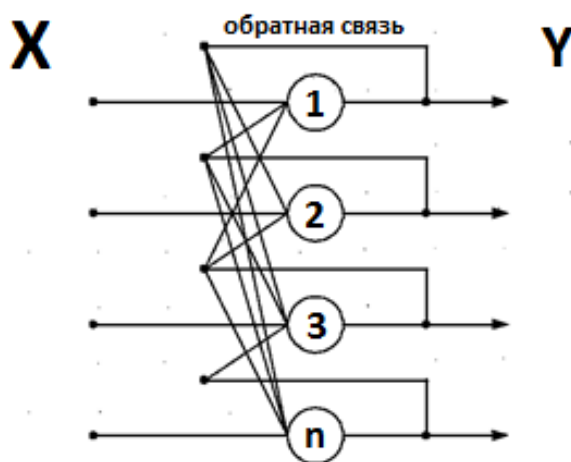


Рис. 3. Нейронная сеть Хопфилда

Экспертные системы вошли в область ИИ. Была выпущена экспертная система XCON в университете Карнеги – Меллона. Система определяет или



изменяет конфигурацию компьютерных систем VAX(Virtual Address eXtension) [4, с. 448].

В 90-х годах наступила вторая «зима ИИ». Исследователи Японии не реализовали проект «Компьютер пятого поколения» и столкнулись с трудностями. Экспертные системы не могли обучаться.

Появление больших вычислительных мощностей дало толчок развитию ИИ. Родилась концепция «Интеллектуальный агент». Это была программа, которая сама выполняла задания, указанные пользователем. Такая система применялась в сборе данных или в работе оператора. Примером использования также являются задача постоянного поиска и сбора информации в Интернете, боты, вирусы и поисковые роботы.

В 2005 году Стэнфордом был разработан робот для автономного вождения, который выиграл DARPA Grand Challenge. В феврале 2011 года IBM Watson победила двух чемпионов в викторине «Jeopardy». Эти события подчеркнули, что развитие искусственного интеллекта продвигается дальше и встает наравне с умственными способностями человека.

В заключение хочется представить описательную таблицу, которая отражает проанализированные периоды развития искусственного интеллекта и вклады исследователей в эту область (Таблица 1).

Таблица 1

Первые работы в области искусственного интеллекта

Исследователи	Годы исследований	Вклад
Уоррен МакКаллок, Уолтер Гарри Питтс	1945 год	Выпустили статью «Логическое исчисление идей, относящихся к нервной активности» и представили упрощенную модель работы мышления человека.
Норберт Винер	1948 год	Ввел термин «кибернетика».
Клод Шеннон	1948 год	Ввел термин «теории информации».
Алан Тьюринг	1950 год	Разработал тест Тьюринга, который повторял модель поведения человека.
Марвин Ли Мински	1951 год	Разработал первую машину нейронных сетей, SNARC.

Исследователи	Годы исследований	Вклад
Джон МакКарти	1956 год	Ввел термин «искусственный интеллект» и описал его.
Аллен Ньюэлл, Герберт Саймон	1959 год	Создали «Решатель общих проблем» (GPS), который генерировал эвристику, анализируя средства и результаты для решения проблем.
Джеймс Слэйгл, Даниэль Боброу, Джозеф Вайзенбаум	1961-1966 годы	Джеймс Слэйгл разработал SAINT, эвристическую программу. Даниэль Боброу выпустил STUDENT, которая направлена на решение словесных алгебраических задач. Также в 1966 году Джозефом Вайзенбаум была создана ELIZA, повторяющая идею Тьюринга.
Марвин Мински, Сеймур Паперт	1969 год	Опубликовали книгу «Перцептроны».
Компания IBM	1977 год	Суперкомпьютер IBM Deep Blue выиграл Гарри Каспарова, чемпиона мира по шахматам.
Джон Джозеф Хопфилд	1982 год	Изобрел новую нейронную сеть.
Джон П. Макдермотт	1982 год	Была выпущена экспертная система XCON.
Стэнфордские разработчики	2005 год	Стэнфордом был разработан робот для автономного вождения, который выиграл DARPA Grand Challenge.
Компания IBM	2011 год	IBM Watson победила двух чемпионов в викторине «Jeopardy».

На данный момент большое количество крупных компаний использует машинное обучение и искусственный интеллект для своих задач.

Несмотря на кризисы развития искусственного интеллекта, эта область стала самой актуальной и перспективной. Человечество ожидает большой прорыв технологий ИИ. Можно ставить много масштабных целей и задач искусственного интеллекта, даже выходящих за грани человеческого разума. Но самая главная задача – чтобы искусственный интеллект был за человека, а не против него.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Загорулько Ю.А., Загорулько Г.Б. Искусственный интеллект. Инженерия знаний. Учебное пособие. – М.: Юрайт, 2018. – 94 с.
2. Марголин, И. Д. Основные этапы развития искусственного интеллекта / И. Д. Марголин, Н. П. Дубовская. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2018. — № 20 (206). — С. 23-26.
3. Тарасов В.Б. Д. А. Поспелов - основоположник искусственного интеллекта в СССР и России.. - Электронный ресурс. – Режим доступа:: <http://www.posp.raai.org/data/posp2005/Tarasov/dap.html>
4. Финн В.К. Искусственный интеллект. Методология, применения, философия. – М.: Кранд, 2018. – 448 с.
5. Kaustubh Maske Patil. Путь искусственного интеллекта от фантастической идеи к научной отрасли.- Электронный ресурс. – Режим доступа:: <https://habr.com/ru/company/cloud4y/blog/469447/>

УДК 004

А. Р. ЗАРИПОВ

*artur.zar@icloud.com*

Науч. руковод. – зав. каф. АСОИУ М. П. ШЛЕЙМОВИЧ

***Казанский национальный исследовательский технический университет  
им. А. Н. Туполева – КАИ***

## **КАСКАД ХААРА ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ НОМЕРОВ**

**Аннотация.** В статье рассматривается проблема системы распознавания номерных знаков, которая имеет различные сферы применения, такие как автотранспортные предприятия, заправочные станции, контроль скорости движения, автомобильные стоянки. Программная реализация алгоритма решения задачи разработана на языке Python в среде программирования Visual Studio Code с использованием библиотеки компьютерного зрения OpenCV 5.4.5 для исполнения на персональном компьютере под управлением операционной системы Microsoft Windows 10.

**Ключевые слова:** OpenCV, Visual Studio Code, Python, бинаризация изображения.

Ежедневно автомобилями пользуются все больше и больше людей, количество водителей увеличивается с каждым днем. Для идентификации автомобиля его оборудуют двумя номерными знаками спереди и сзади, расположение и размеры которых регулируются ГОСТом.

Количество аварий растет пропорционально количеству выпускаемых автомобилей. Чаще всего, ДТП происходят по нескольким причинам: езда в нетрезвом виде, нарушение скоростного режима и выезды на полосу встречного движения. Если проблему езды в состоянии опьянения решить автоматическим комплексом затруднительно на данный момент (требуется полицейский, который остановит подозрительного водителя, оценит его состояние по объективным показателям), то за соблюдением рядности и скоростного режима уже сейчас по всему миру наблюдают автоматические комплексы.

Принцип работы, который заключается в следующем:

1. Фиксирование нарушения камерой
2. Распознавание номер машины
3. Формирование постановления об административном правонарушении

Машинное зрение является одной из самых быстроразвивающихся техно-

логий. Количество способов применения данной технологии сложно переоценить. Практически в любой сфере где есть какие-то графические данные можно использовать данную технологию.

Задачу идентификации автомобиля можно условно разделить на две подзадачи: локализация номерной пластины и распознавание символов. Данная работа посвящена разработке и реализации алгоритма распознавания номерного знака. В общем случае распознавание реализуется в три этапа: предварительная обработка изображения, сегментация, распознавание символов.

Предварительная обработка изображения заключается в выделении номерной пластины и обработке полученного изображения различными фильтрами с целью улучшения качества. На этапе сегментации выделяются символы, которые затем считываются методом распознавания текста.

### ***Предобработка изображения***

Изначально имеется изображение автомобиля, снятое под каким-то углом, часто загрязненное, иногда смазанное. Некоторые из рассматриваемых в дальнейшем методов требуют дополнительных преобразований входной картинки. Стоит отметить, что все последующие методы работают с черно-белыми изображениями.

Во-первых, необходимо, исходную картинку из RGB перевести в оттенки серого с помощью метода `cv2.cvtColor ()`.

Метод `cv2.cvtColor ()` используется для преобразования изображения из одного цветового пространства в другое. В OpenCV доступно более 150 методов преобразования цветового пространства.

Во-вторых, необходимо бинаризовать изображение. Бинаризация изображения – преобразование исходного изображения в градациях серого в бинарное изображение, элементы которого могут принимать только два значения. Практическое применение бинарные изображения находят в цифровой картографии, геоинформационных системах, пространственном анализе и других за-

дачах, связанных с распознаванием образов, видеонаблюдением и видеокодированием. Кроме того, цвет пиксела бинарного изображения кодируется одним битом информации, что дает возможность эффективно сжать исходное изображение, понизив его битовую глубину.

Одним из наиболее простых методов преобразования изображения является бинаризация с нижним порогом, в котором рассматривается лишь одно значение порога, в данном случае 90 [2].

В-третьих, в извлечении изображения используем контура. Используя обнаружение контуров, мы можем инициализировать границы объектов и легко локализовать их на изображении. Когда мы соединяем все точки на границе объекта, мы получаем контур. Как правило, конкретный контур относится к граничным пикселям, имеющим одинаковый цвет и интенсивность. OpenCV позволяет легко находить и рисовать контуры на изображениях.

### ***Нормализация изображения***

Для нормализации необходимо использовать несколько решений:

Во-первых, нормализуем контур, задавая параметры. При определении номера у нас контур, должен состоять из четырех углов, необходимо задать этот параметр при нормализации.

Во-вторых, номер состоит из 6 символов. Для выполнения этого условия необходимо ввести отбор по количеству символов.

После этапа преобразования изображения на выход подается рамка изображений автомобильного номера, которые нужно отсортировать. OpenCV не предоставляет встроенной функции или метода для выполнения фактической сортировки контуров, но мы можем определить свои.

Функция `sort_contours` принимает два аргумента.

Первый - это `cnts`, список контуров, которые мы хотим отсортировать, и второй - метод сортировки, который указывает направление, в котором мы собираемся сортировать наши контуры (т.е. слева направо, сверху вниз и т. д.).

### ***Распознавание символов***

Выходом прошлого этапа является изображение содержащие три цифры и три буквы. Данные картинки необходимо распознать. Благодаря стандартному шрифту использование тех или иных алгоритмов будет упрощено, основные проблемы распознавания как раз у рукописных шрифтов. Но ввиду того, что это цифры и буквы номерного знака автомобиля, часто информация может быть частично засорена шумом.

Существует множество алгоритмов с готовой реализацией для распознавания символов. Воспользуемся одним из них, а именно оптическое распознавание символов, который включает в себя обнаружение текстового содержимого на изображениях и перевод изображений в закодированный текст, который компьютер может легко понять. Изображение сначала сканируется, а текст и графические элементы преобразуются в растровое изображение, которое по сути представляет собой матрицу из черных и белых точек. Затем изображение предварительно обрабатывается, где яркость и контраст регулируются для повышения точности процесса.

Изображение теперь разделено на зоны, идентифицирующие интересующие области, например, где находятся изображения или текст, и это помогает начать процесс извлечения. Области, содержащие текст, теперь могут быть разбиты на строки, слова и символы, и теперь программное обеспечение может сопоставлять символы с помощью сравнения и различных алгоритмов обнаружения. Конечный результат – это текст на изображении, которое нам дано.

Для данного проекта воспользуемся библиотекой Python-Tesseract или просто PyTesseract, которая является оболочкой для Google Tesseract-OCR Engine, потому что он полностью открыт и поддерживается Google.

### ***Заключение***

В процессе выполнения данной работы разработана система распознавания автомобильных регистрационных номерных знаков.

Были рассмотрены предлагаемые на Российском рынке системы распознавания. Также были изучены существующие математические методы распознавания символов. Результаты проведенного анализа использовались при разработке алгоритма.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Otsu N. A threshold selection method from gray-level histograms // IEEE Trans. on System, Man and Cybernetics. — 1979. — Vol. SMC-9, no. 1. — P. 62–66.
2. Исследование методов бинаризации изображений <http://scientificjournal.ru/images/PDF/2017/VNO-30/issledovanie-metodov-binarizatsii.pdf>
3. Обнаружение контуров с помощью OpenCV <https://learnopencv.com/contour-detection-using-opencv-python-c/>
4. Документация OpenCV [Электронный ресурс]. - <https://opencv.org>
5. OpenCV-Python Tutorials - [https://docs.opencv.org/4.x/d6/d00/tutorial\\_py\\_root.html](https://docs.opencv.org/4.x/d6/d00/tutorial_py_root.html)



И. С. ИВАНОВ, А. С. КАЛГАНОВ, М. С. АРСЛАНОВ

*bombarek777@gmail.com, artem.kalганov.00@mail.ru, osnovamarsel@yandex.ru*

Науч. руковод. – канд. техн. наук, проф. А. В. ВОРОБЬЕВ

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **РЕКУРРЕНТНЫЕ НЕЙРОННЫЕ СЕТИ КАК МЕТОД ВОССТАНОВЛЕНИЯ И РЕТРОСПЕКТИВНОГО ПРОГНОЗА ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ ГЕОИНДУЦИРОВАННЫХ ТОКОВ**

**Аннотация.** Данная статья посвящена теме использования нейронной сети с долгой краткосрочной памятью (LSTM) для восстановления и ретроспективного прогноза временных рядов геоиндуцированных токов. Предложен вариант использования нейронной сети для решения проблемы, при которой геомагнитное поле вызывает геоиндуцированные токи на линиях электропередач. Была построена и обучена модель машинного обучения. Были произведены тестирование, анализ и корректировки модели для получения прогнозов с минимальной погрешностью для дальнейшего ее применения в выбранной сфере. Проведено исследование по оценке точности модели нейронной сети по некоторым критериям. Сделан вывод эффективности данного способа прогноза геоиндуцированных токов в сравнении с моделью машинного обучения с использованием линейной регрессии.

**Ключевые слова:** геомагнитное поле; геомагнитные бури; геоиндуцированные токи; машинное обучение; нейронная сеть; долгая краткосрочная память.

Геомагнитная буря является сильным возмущением геомагнитного поля, возникающих, как правило, вследствие солнечных вспышек, искажающих параметры невозмущенной магнитосферы и длящихся от нескольких часов до нескольких суток [1]. Доказано [2], что данное явление неблагоприятно влияет на проводящие технологические конструкции (трубопроводы, линии электропередач (ЛЭП), трансокеанские кабели, системы автоматики железных дорог и др.), вызывая геоиндуцированные токи (ГИТ), которые влекут за собой аварийные ситуации в энергетических системах (линии электропередач — ЛЭП, релейные линии, трансформаторные подстанции) [3]. Таким образом, во время геомагнитных бурь, в заземленных сетях наблюдались ГИТ до 200–300 А. Для сравнения, токов с интенсивностью всего несколько ампер достаточно, чтобы вывести некоторые типы трансформаторов из линейного режима. Так, например, магнитная буря 13 марта 1989 г. стала причиной выхода из строя силовых трансформаторов и каскадного отключения (аварии в энергосистеме) линии электропередач (ЛЭП) более чем на 9 часов в провинции Квебек (Канада)[4].

В связи с этим, существует необходимость в создании мер предосторожности с целью минимизировать возможный ущерб, причиненный геомагнитной активностью. В рамках данного исследования будет протестирована модель нейронной сети с долгой краткосрочной памятью (LSTM) для прогноза геоиндуцированных токов, основываясь на показателях вариации геомагнитного поля.

Ранее уже происходило исследование, главной целью которой было построение и тестирование модели машинного обучения, основанной на линейной регрессии. Таким образом существует необходимость в сравнении обеих моделей, для выявления наилучшего способа прогноза геоиндуцированных токов.

Для обучения данной модели были использованы данные возмущения геоиндуцированных токов на ЛЭП в пункте «Выходной» (VKH) (географические координаты  $68.83^{\circ}$  N,  $33.08^{\circ}$  E), регистрация ГИТ происходит с разрешением по времени в 1 минуту. В близости с пунктом «Выходной» наблюдения вариации геомагнитного поля невозможны, исходя из этого данные были взяты из ближайших к пункту «Выходной» станций IMAGE [[www.geo.fmi.fi/image](http://www.geo.fmi.fi/image)]. Таким образом были использованы вариации следующий магнитных обсерваторий: IVA (географические координаты  $68.56^{\circ}$  N,  $27.29^{\circ}$  E, удаление 236 км), KEV ( $69.76^{\circ}$  N,  $27.01^{\circ}$  E, удаление 260 км), SOD ( $67.37^{\circ}$  N,  $26.63^{\circ}$  E, удаление 313 км) и АВК ( $68.35^{\circ}$  N,  $18.82^{\circ}$  E, удаление 580 км) (с разрешением по времени в 1 минуту).

Помимо вариаций геомагнитного поля были использованы характеристики космической погоды, такие как: индексы AE, суббуревой SME и PCN (с разрешением по времени в 1 минуту). AE-индекс характеризует магнитную возмущенность в зоне в целом, безотносительно к месту появления возмущения. PCN-индекс характеризует геомагнитные возмущения в полярной шапке, обусловленные воздействием солнечного ветра и межпланетного магнитного поля на магнитосферу Земли.

Для построения модели нейронной рекуррентной сети была выбрана модель долгой краткосрочной памяти LSTM. Долгая краткосрочная память

(LSTM) – особая разновидность архитектуры рекуррентных нейронных сетей, способная к обучению долговременным зависимостям. Данная модель была спроектирована и разработана так, чтобы избежать проблемы долговременной зависимости. Модель способна запоминать информацию на долгий период времени, что позволит ей эффективно обучаться и прогнозировать данные геоиндуцированных токов.

Для реализации данной модели воспользуемся языком программирования Python, который зарекомендовал себя как раз для работы с большим количеством неструктурированных данных и открытую программную библиотеку для машинного обучения – TensorFlow.

Для подготовки данных вариаций геомагнитного поля, значения были усреднены до 5 минут и были взяты по модулю с целью получения более качественного прогноза ГИТ. Затем с целью эффективного использования модели LSTM данные были преобразованы по формуле 1.

$$DATA = \frac{DATA - DATA\_MEAN}{DATA\_STD} \quad (1)$$

Где DATA – данные; DATA\_MEAN – среднее значение; DATA\_STD – среднее отклонение.

Модель нейронной сети состоит из трех слоев LSTM, функция активации – *relu*, оптимизатор – *RMSprop*. Для обучения использовалась выборка по замерам в 360 минут, прогноз на 15 минут вперед. Для оценки точности модели были использованы формулы среднеквадратической ошибки (MSE) и коэффициент детерминации ( $R^2$ ).

В результате тестирования модели были получены следующие значения MSE: обучающая выборка – 0.05, тестовая выборка – 2.05. А также следующие значения коэффициента детерминации: обучающая выборка – 0.79, тестовая выборка – 0.07. Далее представлены графики результирующие работу модели по прогнозу на 15 минут. Линиями обозначена значения ГИТ, предшествующие прогнозу, синими точками обозначены корректные значения ГИТ, красными точками – прогноз модели.

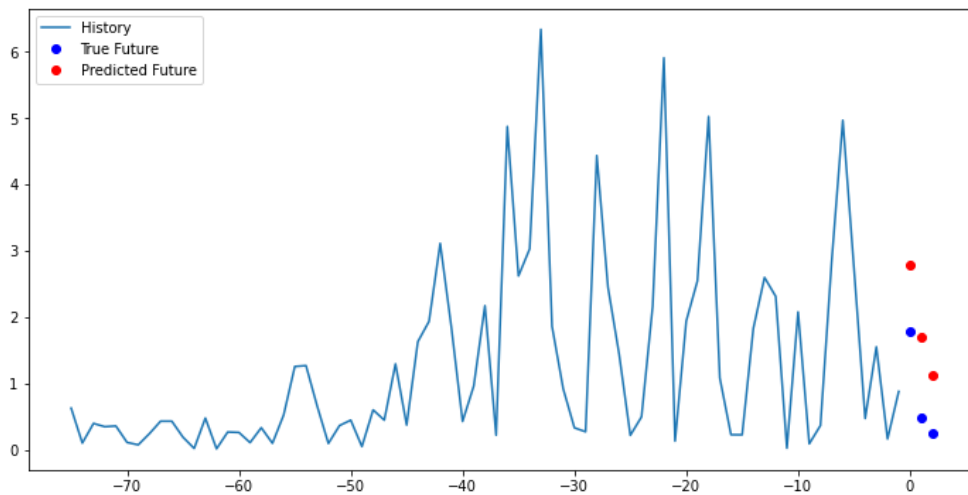


Рис. 1. График прогноза LSTM на 14 февраля 2015 года

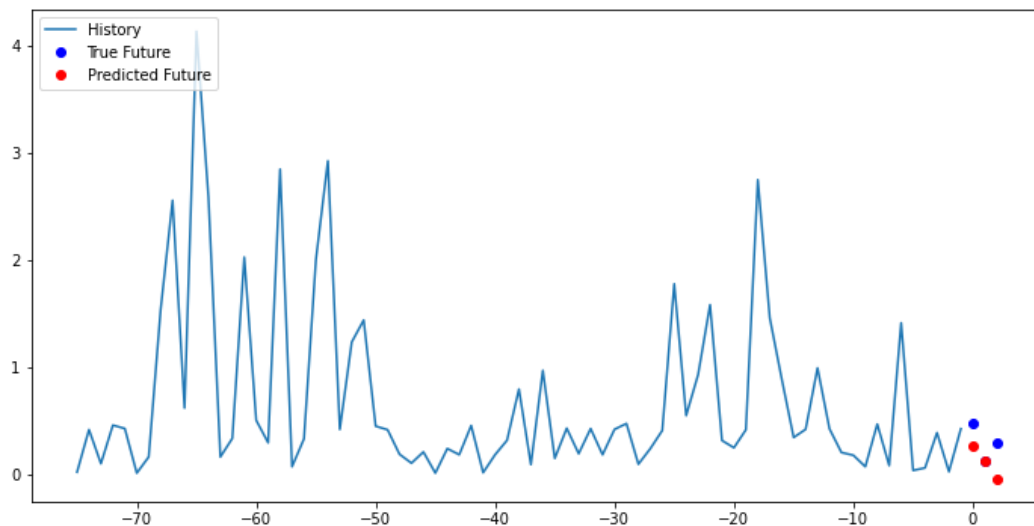


Рис. 2. График прогноза LSTM на 16 февраля 2015 года

Таким образом основываясь на значениях среднеквадратической ошибки, коэффициенте детерминации, а также на графиках, визуализирующих результат прогноза модели, можно сделать следующие выводы: основываясь на результатах среднеквадратической ошибки и коэффициенте детерминации, модель лучше прогнозирует данные обучающей выборки нежели тестовой. Однако в результате корректировки модели и обучения ее на большом количестве информации по вариациям геомагнитного поля, модель, основанная на долгой краткосрочной памяти, способна прогнозировать значения ГИТ, которые могли бы помочь предотвратить аварии на ЛЭП.

Таким образом в ходе данного исследования была построена и протестирована модель нейронной сети, основанной на долгой краткосрочной памяти, была выявлена ее среднеквадратическая ошибка и коэффициент детерминации. Результаты прогноза были визуализированы на графиках. Был сделан вывод по результативности данной модели.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воробьев А.В., Воробьева Г.Р. Визуализация геомагнитных вариаций в частотно-временной области информационного сигнала Научная визуализация. 2019. Т. 11. № 2. С. 143-155
2. Воробьев А. В., Воробьева Г.Р., Христовуло О.И. Программная система пространственной визуализации прогностических и ретроспективных данных вероятности наблюдения полярных сияний // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2021. – Т. 21, № 2. – С. 225–233.
3. Воробьев А.В., Пилипенко В.А., Еникеев Т.А., Воробьева Г.Р. Геоинформационная система для анализа динамики экстремальных геомагнитных возмущений по данным наблюдений наземных станций Компьютерная оптика. 2020. Т. 44. № 5. С. 782-790.
4. Воробьев А.В., Пилипенко В.А., Еникеев Т.А., Воробьева Г.Р., Христовуло О.И. Система динамической визуализации геомагнитных возмущений по данным наземных магнитных станций Научная визуализация. 2021. Т. 13. № 1. С. 162-176.

УДК 616.24

В. А. ИГНАТИШИНА

*vignatishina@list.ru*

Науч. руковод. – д-р техн. наук, проф. Г. Р. ШАХМАМЕТОВА

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ДИАГНОСТИКИ ЗАБОЛЕВАНИЙ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ ПО АУСКУЛЬТАЦИИ ЛЕГКИХ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ**

**Аннотация.** В статье рассматриваются проблемы диагностики заболеваний легких, приводится анализ современного состояния исследований в этой области, а также вопросы применения методов машинного обучения для решения задачи классификации заболеваний легких.

**Ключевые слова:** классификация; нейронные сети; машинное обучение; глубокое обучение; медицина; аускультация; пневмония;

### ***Введение***

Диагностика играет в медицине важнейшую роль. Своевременно поставленный точный диагноз облегчает выбор метода лечения и значительно повышает вероятность выздоровления больного. Применение нейронных сетей является одним из способов повышения эффективности медицинской диагностики.

Точность диагноза и быстрота, с которой его можно поставить, зависят, разумеется, от очень многих факторов: от состояния больного, от имеющихся данных о симптомах и признаках заболевания и результатах лабораторных анализов, от общего объема медицинской информации о наблюдении таких симптомов при самых различных заболеваниях и, наконец, от квалификации самого врача. Большую роль в этом процессе играет человеческий фактор, что нередко ведет к ошибкам.

Согласно последним статистическим данным, заболевания легких являются одной из наиболее распространенных причин смерти во всем мире. Кроме того, часто встречается ошибочный диагноз. Аускультация представляет собой практику прослушивания внутренних звуков организма, обычно с помощью стетоскопа. Вероятность того, что неподготовленные врачи могут неправильно распознать аномалии, которые могут быть вызваны отсутствием калибровки

прибора, а также шумной окружающей средой, очень высока при использовании этого метода. Это является причиной растущего интереса к программному обеспечению, направленному на анализ и обнаружение заболеваний легких с помощью легочных звуков.

Современные информационные технологии сегодня широко используются для диагностики заболеваний органов дыхания с помощью методов машинного обучения.

В статье приводится анализ современного состояния исследований применения методов машинного обучения для классификации заболеваний легких.

### ***Современное состояние проблемы***

Цель данного исследования [1] заключалась в разработке и создании электронного стетоскопа с соответствующим программным обеспечением, который может передавать дыхательные звуки на компьютер для записи и последующего компьютерного анализа и диагностики. Программно-аппаратная система использовалась для сбора данных дыхательных звуков для обучения алгоритмов машинного обучения SVM и CNN для автоматизированного анализа и диагностики.

При осуществлении диагностических мероприятий у пациентов с заболеваниями органов дыхания авторы данной статьи [2] изучили эффективность использования нейронных сетей «Паспорт легких» и на этой основе разработали автоматическую систему (АС) оценки состояния органов дыхания. Основой модуля являлась нейросеть, которая была обучена с использованием техники переноса обучения. АС способна самостоятельно анализировать полученные аускультативные данные и строить алгоритм дальнейшей оценки состояния пациента. Следующим этапом данного исследования будет апробация АС у пациентов с разного рода бронхолегочной патологией, оценка ее эффективности при диагностике острых заболеваний, обострений хронических и при мониторинге.

Авторы исследования [3] преследовали цель количественно оценить распознаваемость адвентициальных дыхательных звуков в соответствии с алгоритмом искусственного интеллекта в реальной педиатрической клинической среде. Полученные записи клинических дыхательных звуков были предварительно обработаны, а затем характеристики были извлечены с помощью вейвлет-пакетного разложения. Наконец, была обучена машина опорных векторов (SVM), и были получены параметры для создания модели алгоритма.

Нейронная сеть SVM для алгоритма распознавания звуков дыхания была усовершенствована авторами [4]. Признаки звуков дыхания, полученные с помощью вейвлет-анализа, были введены в нейронные сети и проведено обучение обучающих образцов в качестве признака входа метода SVM для классификации тестовых образцов. Были распознаны три состояния (нормальное, легкое и тяжелое поражение) звуков дыхания, и проведено сравнение методов К ближайших соседей (KNN). Результаты показывают, что метод SVM имеет более высокую точность распознавания и может быть использован для распознавания различных звуков дыхания.

Для классификации респираторных заболеваний с использованием базы данных респираторных звуков в данной работе [5] предлагается облегченная архитектура CNN. Представлен гибридный подход для получения скалограмм из сигналов дыхательных звуков, в котором CWT выполняется только на максимально коррелированной внутренней модовой функции (IMF), полученной из EMD сигналов дыхательных звуков. В дальнейшем, наряду с предложенной моделью CNN, для классификации респираторных заболеваний использовались сложные модели CNN, такие как VGG16, AlexNet и несколько современных облегченных архитектур, включая Mo-bileNet V2, NASNet и ShufNet V2.

Уникальное применение метода обучения с подкреплением для обучения агента, который интерактивно направляет конечного пользователя на протяжении всей процедуры аускультации предлагают авторы данной статьи [6]. Также демонстрируется, что выбор точек аускультации агентом сокращает время об-



следования в четыре раза без значительного снижения точности диагноза по сравнению с исчерпывающей аускультацией.

Учитывая проблему, заключающуюся в том, что характеристические векторы звуков легких имеют большие размеры после вейвлет-разложения и реконструкции, авторы [7] предложили новый метод преобразования характеристических векторов из восстановленных сигналов в восстановленную энергию сигнала. Кроме того, они используют линейный дискриминантный анализ (LDA), чтобы уменьшить размерность характеристических векторов для сравнения, чтобы получить более эффективный способ распознавания. Наконец, используется нейронная сеть BP для распознавания звуков легких, где в качестве входных данных задаются сравнительно многомерные характеристические векторы и векторы низкой размерности, а в качестве выходных - категории звуков легких с точностью распознавания 82,5% и 92,5%.

Также, как и в предыдущих исследованиях, авторы данной работы [8] использовали выходные сигналы стетоскопа и автоматически классифицировали их с помощью моделей глубокого обучения. Чтобы эффективно классифицировать каждый сигнал, они использовали спектрограмму, сгенерированную кратковременным быстрым преобразованием Фурье, в качестве значения характеристики каждого звукового сигнала легких и находили наилучшие параметры для выбора модели. Кроме того, также была применена технология свертки с разделением по глубине (DS) и архитектура Mobile-Net для достижения цели высокой точности и низких параметров модели.

Представленная исследовательская работа [9] направлена на применение методологии глубокого обучения на основе сверточных нейронных сетей для оказания помощи медицинским экспертам. В проведенных экспериментах авторы использовали функции библиотеки машинного обучения Librosa, такие как MFCC, Mel-спектрограмма, Chroma, Chroma (Constant-Q) и Chroma CENS. Также применяли K-кратную перекрестную проверку с десятью делениями

для оптимизации производительности представленного подхода к глубокому обучению.

Механизм, основанный на дополнении, применяется авторами работы [10] для повышения производительности предварительной обработки набора данных звуков COVID-19 и для автоматизации диагностики заболеваний COVID-19 с использованием сверточной сети 1D. Кроме того, технология DDAE (Data De-noising Auto Encoder) используется для создания глубоких звуковых характеристик, таких как функция ввода в 1D CNN, вместо использования стандартного ввода MFCC (Mel-frequency cepstral coefficient), и она выполняется с большей точностью и производительностью, чем предыдущие модели. В результате достигается точность примерно на 4% по сравнению с традиционным MFCC.

В связи с распространением COVID-19 по всему миру перед медицинскими работниками встала острая необходимость в более эффективном использовании искусственного интеллекта для более быстрой и точной аускультации легких. Цель этого исследования [11] - предложить процесс разработки признаков, который извлекает выделенные признаки для разделяемой по глубине сверточной нейронной сети (DS-CNN) для точной и эффективной классификации звуков легких. Авторы извлекли в общей сложности три функции для сокращенной модели DS-CNN: кратковременный Функция преобразования Фурье (STFT), функция Mel-frequency cepstrum coefficient (MFCC) и объединенная функция этих двух функций. Было замечено, что в то время как модели DS-CNN, обученные либо на функции STFT, либо на функции MFCC, достигли точности 82,27% и 73,02% соответственно, объединение обеих функций привело к более высокой точности в 85,74%. Кроме того, метод обеспечил в 16 раз более высокую скорость вывода на периферийном устройстве и всего на 0,45% меньшую точность, чем RespireNet. Это открытие указывает на то, что слияние функций STFT и MFCC и DS-CNN станет образцовым дизайном для легких пе-

риферийных устройств для достижения точного выявления заболеваний легких с помощью методов машинного обучения.

Для помощи в классификации легочных звуков, авторы представляют исследование [12] подхода нейронных сетей и генетических алгоритмов. Для каждого выбранного дыхательного цикла рассчитывалась спектральная плотность мощности (PSD) Фурье по 256 точкам. Всего 129 значений данных, рассчитанных с помощью спектрального анализа, были отобраны генетическим алгоритмом и применены к нейронной сети. Многослойная перцептронная (MLP) нейронная сеть с алгоритмом обучения обратного распространения использовалась для прогнозирования наличия или отсутствия адвентициальных звуков (хрипов и тресков). Были использованы генетические алгоритмы для поиска оптимальной структуры и параметров обучения нейронной сети для лучшего прогнозирования легочных звуков. Это применение привело к разработке оптимальной структуры сети и, следовательно, к снижению нагрузки и времени обработки.

### ***Заключение***

Современные технические и электронные средства позволяют проводить медицинскую диагностику на более высоком уровне, быстрее, точнее и комфортнее для пациента и врача. Способность записывать легочные звуки позволяет обрабатывать сигналы и использовать технологии машинного обучения, чтобы автоматически анализировать записанные звуки для обеспечения диагностической поддержки.

Разработка компьютерных алгоритмов для изучения легочного звука дает более широкие исследовательские возможности. Каждый из существующих методов дает определенный результат в решении конкретной проблемы, это может быть, как и шумоподавление сигнала, так и нахождение тех или иных артефактов звуков дыхания.

Активное применение различных методов цифровой обработки с современными инструментами машинного обучения позволит существенно повысить точность работы методов, а также значительно облегчить работу врача [13].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Murat Aykanat, Özkan Kılıç, Bahar Kurt, Sevgi Saryal Classification of lung sounds using convolutional neural networks // EURASIP Journal on Image and Video Processing About Articles Submission Guidelines. - 2017. - №1. - P. 65. DOI: 10.1186/s13640-017-0213-2
2. Лаптева Е.А., Коваленко И.В., Лаптев А.Н., Катибникова Е.И., Позднякова А.С., Коровкин В.С., Харевич О.Н., Лаптева И.М., Горенюк О.Л., Эльжбур М.С., Ермоленко О.П., Журович М.И., Дулуп И.П., Каранкевич А.А., Зябко М.Н., Бинецкая Е.А., Нарушевич Ю.Ю., Дубинецкий В.В. ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ "НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ" ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ И МОНИТОРИНГА АУСКУЛЬТАТИВНЫХ ФЕНОМЕНОВ ПРИ ДИАГНОСТИКЕ ЗАБОЛЕВАНИЙ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ // Журнал ГрГМУ. 2020. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-tehnologii-neyronnyh-setey-dlya-vyyavleniya-i-monitoringa-auskultativnyh-fenomenov-pri-diagnostike-zabolevaniy-organov> (дата обращения: 29.06.2022).
3. Zhang J, Wang H-S, Zhou H-Y, Dong B, Zhang L, Zhang F, Liu S-J, Wu Y-F, Yuan S-H, Tang M-Y, Dong W-F, Lin J, Chen M, Tong X, Zhao L-B and Yin Y Real-World Verification of Artificial Intelligence Algorithm-Assisted Auscultation of Breath Sounds in Children // Frontiers in Pediatrics. - 2021. – Vol. 9. doi: 10.3389/fped.2021.627337
4. G. Liu, J. Xu Neural network recognition algorithm of breath sounds based on SVM // Journal on Communications. - 2014. - Vol. 35. - №10. - P. 218-222.
5. Shuvo, S. B., Ali, S. N., Swapnil, S. I., Hasan, T., & Bhuiyan, M A Lightweight CNN Model for Detecting Respiratory Diseases From Lung Auscultation Sounds Using EMD-CWT-Based Hybrid Scalogram // IEEE journal of biomedical and health informatics. - 2021. – Vol. 25. - P. 2595-2603. doi:10.1109/JBHI.2020.3048006
6. Grzywalski, T., Belluzzo, R., Drgas, S., Cwalinska, A., & Hafke-Dys, H Interactive Lungs Auscultation with Reinforcement Learning Agent // Proceedings of the 11th International Conference on Agents and Artificial Intelligence ICAART 2019. - 2019. – Vol. 2. - P. 824 - 832. DOI:10.5220/0007573608240832
7. Shi, Y., Li, Y., Cai, M., & Zhang, X. D. A Lung Sound Category Recognition Method Based on Wavelet Decomposition and BP Neural Network // International journal of biological sciences. – 2019 – Vol. 15. – P. 195–207. doi:10.7150/ijbs.29863
8. Wu, Y.-S., Liao, C.-H., & Yuan, S.-M. Automatic Auscultation Classification of Abnormal Lung Sounds in Critical Patients Through Deep Learning Models // 2020 3rd IEEE International Conference on Knowledge Innovation and Invention (ICKII). – 2020 - P. 9-11.
9. Srivastava, A., Jain, S., Miranda, R., Patil, S., Pandya, S., & Kotecha, K. Deep learning based respiratory sound analysis for detection of chronic obstructive pulmonary disease // PeerJ Computer Science. - 2021. – Vol. 7. DOI:10.7717/peerj-cs.369
10. Lella, K.K., & Alphonse, P.J. Automatic COVID-19 disease diagnosis using 1D convolutional neural network and augmentation with human respiratory sound based on parameters: cough, breath, and voice // AIMS Public Health – 2021. – Vol. 8. – P. 240 - 264. DOI:10.3934/publichealth.2021019
11. Jung, S.-Y.; Liao, C.-H.; Wu, Y.-S.; Yuan, S.-M.; Sun, C.-T. Efficiently Classifying Lung Sounds through Depthwise Separable CNN Models with Fused STFT and MFCC Features // Diagnostics. – 2021. – Vol. 11. - №732. DOI:10.3390/diagnostics11040732

12. İnan Güler, Hüseyin Polat, and Uçman Ergün. Combining Neural Network and Genetic Algorithm for Prediction of Lung Sounds // Journal of Medical Systems. – 2005. – Vol. 29. - P. 217–231. doi: 10.1007/s10916-005-5182-9
13. Chekhovych M.G., Poreva A.S., Timofeyev V.I., Henaff P. Using of the machine learning methods to identify bronchopulmonary system diseases with the use of lung sounds // Вісник НТУУ "КПІ". Серія Радіотехніка, Радіоапаратобудування. 2018. №73. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/using-of-the-machine-learning-methods-to-identify-bronchopulmonary-system-diseases-with-the-use-of-lung-sounds> (дата обращения: 30.06.2022).

А. Р. КАЗБУЛАТОВ

*almaz.yakupov.02@gmail.com*

Науч. руковод. – ст. преп. Е. В. ДРУЖИНСКАЯ

*Уфимский государственный нефтяной технический университет*

## **СГЛАЖИВАНИЕ МЕТОДОМ ПЕРЕМЕННОЙ СРЕДНЕЙ В СЕЗОННОЙ ДЕКОМПОЗИЦИИ ВРЕМЕННОГО РЯДА**

В наше время, когда математическая статистика широко развивается и имеет высокую популярность, существует возможность на основе выявляемых закономерностей и законов статистики предсказывать показатели тех или иных свойств изучаемого объекта.

Предсказание показателей изучаемых характеристик осуществляется с помощью различных методов. При этом одним из популярных объектов исследования являются среднемесячные температуры, на основании которых строится характеристика месяцев года. Так как температура имеет сезонную тенденцию, то используется сезонная декомпозиция временных рядов. Современный прогноз погоды строится на основе методов метеорологии и машинного обучения, однако интересно предсказать его анализом временных рядов и узнать, насколько этот метод применим в исследуемой области.

Цель работы – рассмотреть метод сглаживания построенного временного ряда среднемесячных температур методом переменной средней и построить аддитивную прогностическую модель.

Для достижения поставленной цели определен ряд задач:

1. Подобрать и рассмотреть литературу по тематике анализа временных рядов и собрать данные о среднемесячных температурах.

2. Посмотреть структуру построенного из собранных данных временного ряда и сгладить временной ряд методом переменной средней с использованием среднегодовой температуры.

3. Разложить при помощи сезонной декомпозиции полученный временной ряд на трендовую, сезонную и случайную компоненту [1].

4. На основании разложения ряда построить аддитивную модель прогноза, по которой будут определяться будущие среднемесячные температуры.

Существуют аналогичные исследования среднемесячных температур, при этом в них выравнивание ряда происходит методом скользящей средней. Следовательно, необходимо сравнить высчитанные значения предсказываемых температур со значениями из других исследований и понять, какой метод сглаживания ряда применим эффективнее.

В качестве исходных данных были подобраны среднемесячные температуры г. Уфа с 1992 по 2021 годы. Все процедуры расчета и анализа данных проводятся с помощью MS Excel.

Первым шагом процесса работы является сбор исходных данных и составление из них временного ряда. Полученный временной ряд был сглажен, для этого использовался метод переменной средней: для каждого года определялась среднегодовая температура. Далее была проведена декомпозицию ряда: с использованием среднегодовых температур определены сезонная составляющая (S) и трендовая со случайной (T + E)[3].

Следующим шагом является построение в MS Excel точечного графика, аппроксимация которого позволила построить линейный, логарифмический и полиномиальный тренды. Далее на основе полученных уравнений рассчитаны значения трендовой составляющей до середины 2022 г., выделена случайная компонента (E), которая была исключена и получены коэффициенты детерминации  $R^2$ .

Рассчитанные коэффициенты детерминации и уравнения для каждого тренда приведены ниже в таблице:

Таблица 1

Высчитанные коэффициенты детерминации

Уравнение	Тренд	$R^2$
$y = 0,0046x + 3,2863$	Линейный	0,947612
$y = 0,4669\ln(x) + 1,8304$	Логарифмический	0,947442
$y = 2 \cdot 10^{-7} \cdot x^3 - 10^{-4} \cdot x^2 + 0,0216x + 2,6456$	Полиномиальный	0,944814

Как видно из коэффициентов детерминации, линейный тренд лучше объясняет вариацию уровней временного ряда, следовательно, прогноз точнее на 0,017% по сравнению с логарифмическим. Экспоненциальный и степенной тренды не рассматриваются по той причине, что в исследуемом ряде содержатся отрицательные температуры, что выходят за области допустимых значений соответствующих функций.

Далее по построенной аддитивной модели получен прогноз среднемесячных температур на первое полугодие 2022 года, который был сравнен с истинными значениями за этот период. Для этого складывались рассчитанные ранее сезонные компоненты и вычисленные значения тренда [2]. Ниже приводится таблица полученных температур на период январь - май 2022 года, спрогнозированные тремя вышеуказанными трендами.

Таблица 2

Спрогнозированные тремя трендами среднемесячные температуры первой половины 2022 года

Месяцы	январь 22	февраль 22	март 22	апрель 22	июнь 22
Линейный	-10,45396207	- 10,61487931	- 4,020624138	5,990872414	13,96443793
Логарифмический	-10,82094495	- 10,98517063	- 4,394227455	5,613953555	13,58420001
Полиномиальный	-8,580585869	-8,71839371	-2,10079473	7,934281214	15,93166293
Истинные значения	-11,9	-4,4	-6,1	7,8	10,9

Как видно из таблицы, значения, полученные по линейному тренду, действительно имеют наименьшее расхождение с истинными температурами. Наибольшее расхождение имеет полиномиальный тренд, следовательно, он не подходит для прогноза. Существенная разница прогноза на февраль с истинным значением обусловлена влиянием случайной составляющей.

Анализ временного ряда температур в других исследованиях с применением сезонной декомпозиции и автокорреляции [4] показал, что коэффициент детерминации оказался менее точным и описывает закономерности в ряду на 56%, следовательно, метод сглаживания ряда по среднегодовым при декомпо-



зиции имеет преимущество перед автокорреляцией. В работе [5] производится сглаживание методом скользящей средней, сезонная декомпозиция и выделение линейного тренда, при этом определяется прирост температуры за 30 лет, что хорошо согласуется с истинным приростом, поэтому сглаживание методом скользящей средней при сезонной декомпозиции наиболее предпочтительно.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вуколов Э.А. Основы статистического анализа. М.: Форум, 2008. 311 с.
2. Елисеева И. и др. Эконометрика. М.: Финансы и статистика, 2002. 576 с.
3. Кремер Н.Ш., Путко Б.А. Эконометрика. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2002. 311 с.
4. Михалап С. Г., Мингалёв Д. Э., Евдокимов С. И. Использование анализа временных рядов в изучении многолетних температурных изменений // Вестник Псковского государственного университета, 2014. № 4. С. 17–24.
5. Соболев А.М. Статистический анализ многолетней динамики температуры атмосферного воздуха в районе размещения АО "ГНЦ НИИАР"// Сборник трудов АО "ГНЦ НИИАР 2019. № 4. С. 57–66.

## **ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ПНЕВМОНИИ, ВЫЗВАННОЙ КОРОНАВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИЕЙ, ПО КТ СНИМКАМ ЛЕГКИХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОСЕТИ**

**Аннотация.** Данная статья посвящена теме использования нейронной сети в медицине, а в частности разработки программного обеспечения, решающего задачу распознавания снимков и облегчение работы врачам. Объектом исследования является процесс распознавания снимков. Предметом исследования являются модели и методы распознавания снимков.

В статье приводятся результаты проведенного анализа предметной области, аналитического обзора программных решений для решения задачи распознавания снимков, результаты анализа методов решения задач распознавания снимков, который позволил выбрать методы и разработать алгоритмы для решения задачи распознавания КТ снимков.

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, нейронные сети, распознавание образов, рентгенологическая информационная система, РИС, COVID-19, КТ, компьютерная-томография, легкие, пневмония.

### ***Описание области исследования***

В медицине, как и в других областях, цифровая трансформация была стремительной. Новое медицинское оборудование подключаются к сетям. Это означает, что ИТ-инфраструктура становится неразрывно связанной с повседневными процессами в сфере здравоохранения, в том числе лечением пациентов. Это позволило повысить эффективность и качество лечения. При этом цифровизация грозит новыми опасностями. Больничные ИТ-сети с таким количеством новых устройств, как сегодня в больницах и их подключенных устройствах имеют больше потенциальных точек отказа, чем когда-либо прежде.

Современная компьютерная томография дает возможность ранней диагностики для широкого круга болезней. Технология искусственного интеллекта повышает ценность диагностической процедуры, позволяя извлекать больше информации из полученных снимков. ИИ можно автоматизировать рутинные процессы: оценить объем поражения, сформировать предварительные отчеты, обеспечить быстрый обмен информацией между врачами. При помощи алго-

ритмов машинного обучения можно добиться высоких показателей прогнозирования и точности. Выявляются незамеченные закономерности при анализе снимка, а также проводится количественная оценка патологической области.

Поверхность легких отображается на компьютерной томографии в виде двух участков низкой плотности (темных), которые ограничиваются снаружи грудными стенками, внутри – средостением, снизу - диафрагмой. Анализ изображения в нормальных легких позволяет различить сосуды, бронхи и легочную ткань. Внутрилегочные сосуды отчетливо видны на фоне воздухосодержащей легочной ткани. Поверхностный слой внутрилегочных артериальных и венозных сосудов формирует легочный рисунок, который хорошо виден в продольном, косом и поперечном сечениях.

В первую очередь, необходимо выявить какую-либо закономерность расположения легочного рисунка. Удобная особенность изображений компьютера томографа - возможность их отображения в градациях серого, что существенно облегчает последующую обработку изображения. Несмотря на то, что строение легких человека достаточно специфично и требует много времени для поиска и классификации частей легких, а также отклонений от нормы. Кроме того, стоит отметить, что каждый вид патологии легких имеет свой собственный набор отличительных признаков. При этом инфекционные болезни легких являются самыми распространенными среди прочих патологий. В их число входят пневмонии и абсцесс, туберкулез.

Существует множество подходов и алгоритмических методов классификации, один из которых - использование искусственной нейронной сети. Такая математическая модель используется для каждого из кластеров исходного изображения. Для каждого кластера на вход подается вектор числовых значений для каждого кластера – вектор признаков. С точки зрения вывода нейронной сети - единственное значение, которое не равно или близко к нулю, в случае отнесения текущего кластера к элементу легочного рисунка, равно или близко ко единицам при отнесении кластера к образованию.

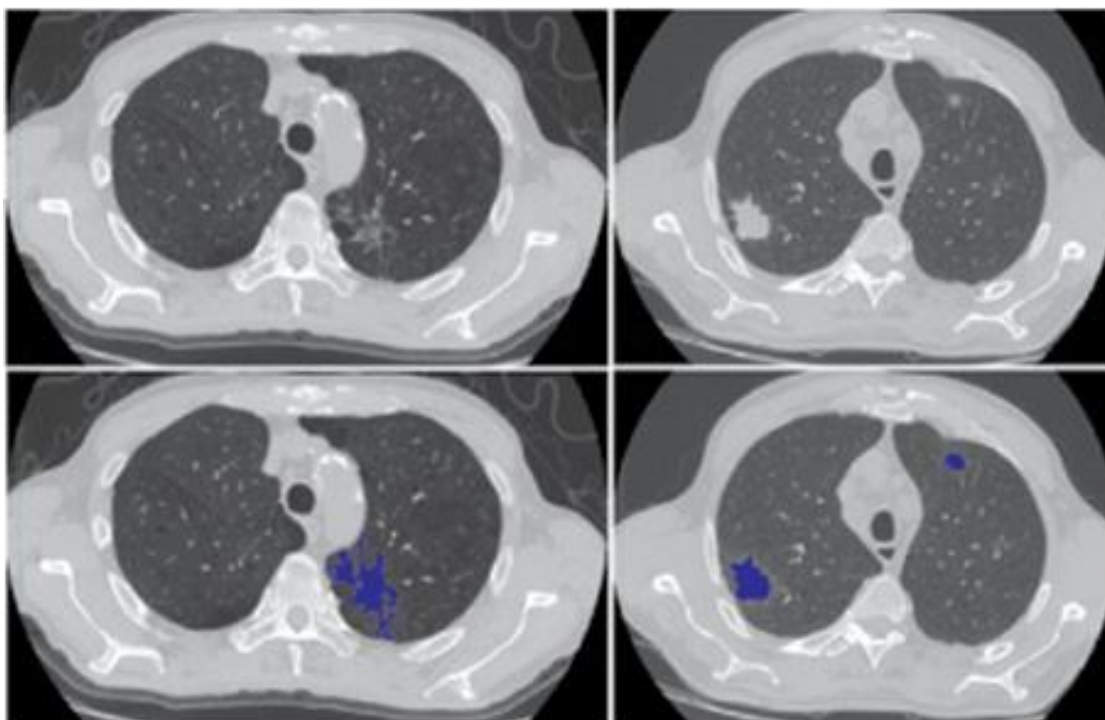


Рис. 1. Данные о выявлении онкологических заболеваний на легких

На сегодняшний день существуют различные готовые решения распознавания КТ снимков. Большинство проектов были созданы крупными компаниями т.к. на создание требуются немалое финансирование.

Самым крупным игроком на рынке является экосистема SberMedAI. Система распознавания мест поражений тканей легких, которая была создана на базе искусственного интеллекта, оценивает степень поражения и выявляет рак на ранних стадиях. К сожалению не вся информация публикуется в открытых источниках. В таких системах много нюансов, которые не хотелось бы разглашать.

### ***Задачи***

В рамках данного исследования будет протестировано программное обеспечение с интегрированной моделью нейросети. Необходимо распределить изображения по классам (присутствует пневмония, вызванная коронавирусной инфекцией, нет заболевания), для этого нужно использовать алгоритм для классификации изображений. Если изображение классифицировано, необходимо

указать номер (или наименование класса) объекта, к которому относится данный объект в зависимости от вектора его признаков.

В этом исследовании я решил использовать одну из версий YOLO (You Only Look Once. Что в нашем контексте на русском означает “С первого взгляда”). Данный метод - это одна глубокая сверточная нейронная сеть, которая разделяет входное изображение на набор ячеек и образует сетку. Поэтому в отличие от классификации изображений или обнаружения лиц каждая ячейка сетки алгоритма YOLO будет иметь связанный вектор, который сообщает нам:

- Есть ли объект в ячейке сетки.
- Название класса объекта (то есть метка).
- Предположительные геометрические характеристики объекта (местоположение)

Также понадобится интерпретатор нейронной сети. Здесь мой выбор пал на Darknet. Darknet – это фреймворк с открытым исходным кодом, написанный на языке C с использованием программно-аппаратной архитектуры параллельных вычислений CUDA. Он быстрый, легкий и удобный в использовании. Кроме того, Darknet поддерживает вычисления с использованием CPU и GPU. Его главная особенность в том, что он использует CUDA. Преимущество CUDA в том, что используется графический процессор фирмы Nvidia. В отличие от традиционного подхода к организации вычислений общего назначения с помощью возможностей графических API, архитектура CUDA имеет ряд преимуществ в этой области.

Был выбран язык программирования C# в качестве основного. Для платформы Microsoft .NET Framework и Microsoft Visual Studio интегрированную среду разработки программного обеспечения и ряд других инструментов.

Для нейросети нужно было обучить модель на основе своих данных. Поэтому был составлен датасет из 2000 снимков. В котором находится по 1000 верифицированных снимков для каждого класса модели. Где на каждом снимке была выделена примеренная область поражения.

## *Тестирование*

После обучения нейронной сети и создание интерфейса программного обеспечения произвелось тестирование продукта исследования в реальных условиях. Были взяты обезличенные снимки пациента одной из больниц и протестировано программное обеспечение.

Количество изображений	200
Истинно положительный	66
Ложно положительный	3
Истинно отрицательный	76
Ложно отрицательный	13
Чувствительность	0,835443
Специфичность	0,962025
Точность	0,898734

Рис. 2. Параметры

- Истинно положительный результат (ИП) – модель говорит, что COVID-19 есть, и он действительно есть на изображении.
  - Ложно положительный (ЛП) – модель говорит, что COVID-19 есть, но на самом деле его нет.
  - Истинно отрицательный (ИО) – модель говорит, что COVID-19 нет, и его действительно нет.
  - Ложно отрицательный (ЛО) – модель говорит, что COVID-19 нет, но на самом деле он есть.
  - Точность – это способность модели давать правильный результат относительно общего количества исследований.
  - Специфичность – это способность модели не давать положительных результатов о наличии заболевания при его отсутствии.
  - Чувствительность – это способность модели на базе ИИ выявлять патологии при их наличии.
- Из истинно положительных случаев (имеющих COVID-19) идентифицировано как «COVID-19-положительных» 85 % случаев.

Из истинно отрицательных случаев (не имеющих COVID-19) идентифицировано как «COVID-19-отрицательных» 98 % случаев.

### ***Заключение***

Полученные в работе результаты могут быть использованы для снижения врачебной нагрузки и поддержки принятия решения врачами-специалистами при распознавании очагов поражения легких. Алгоритмы, разработанные в ходе выполнения исследования, могут быть применены для распознавания других видов поражений легких. Для решения поставленной задачи были применены методы распознавания образов и машинного обучения.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=40170>
2. <https://habr.com/ru/post/455331/>
3. <https://medconfer.com/node/1764>
4. <https://sparm.com/publications/informaczionnye-tehnologii-v-mediczine>
5. <https://science-education.ru/ru/article/view?id=14414>
6. <https://integral-russia.ru/2020/10/27/sovremennyj-ii-i-svyortochnye-nejroseti-dlya-zadach-kompyuternogo-zreniya/>
7. <https://vc.ru/ml/80391-top-10-freymvorkov-dlya-iskusstvennogo-intellekta-chast-pervaya>

УДК 004

П. Д. КАЧКАЕВА, Е. К. ЗОРИН

*kachkaeva00@yandex.ru*

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. А. М. ВУЛЬФИН

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ АЛГОРИТМЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА 3D-ПЕЧАТИ ДЛЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ**

*Аннотация.* В статье предложена структура системы контроля качества 3D-печати компонент и деталей устройств энергетической отрасли с применением методов машинного обучения. Проведен анализ проблемы автоматизации контроля, введена классификация дефектов процесса аддитивного производства «экструзия материала». Разработана модель нейронной сети для классификации дефектов 3D-печати. Создан набор данных для обучения и тестирования интеллектуальной системы контроля, выполнена программная реализация предложенных алгоритмов. Проведены экспериментальные исследования. Итоговая оценка точности обнаружения дефектов составила 49%, а оценка F1-меры составляет 0,63, что позволит обнаруживать дефекты печати на ранних стадиях технологического процесса.

*Ключевые слова:* 3D-печать, система контроля, дефекты 3D-печати.

### ***Введение***

Стремительное развитие промышленности в рамках парадигмы цифровой трансформации Индустрия 4.0 требует модернизации существующих технологий и, конечно, создания новых. На сегодняшний день Российская промышленность расширяет применение аддитивных технологий (АТ) – процессов создания готовых изделий с помощью трехмерной печати. Построение изделия происходит путем добавления материала, в отличие от формативных или субтрактивных методов [1]. Спрос на АТ в последние годы показывает резкий рост, так к 2020 году объем мирового рынка 3D-печати достиг почти 12 млрд дол. В феврале 2020 года корпорация «Росатом» разработала и направила на согласование в Правительство РФ план по развитию АТ до 2030 года [2].

Использование технологий 3D-печати в сфере энергетики представляет особый интерес, поскольку в оборудовании обычно используются дорогие передовые материалы, такие как керамика или композиты, которые имеют серьезные ограничения по форме и функциональности при обработке классически-



ми методами производства. Применение 3D-печати в энергетической отрасли можно разделить по трем основным направлениям:

- прототипирование и производство устройств с высокой добавочной стоимостью;
- кастомизация устройств и деталей по более низким ценам;
- 3D-печать в разработке новых устройств.

Отечественными и зарубежными специалистами предложен ряд технологий производства материальных масштабных моделей силового и вторичного оборудования для электроэнергетики с целью повышения качества учебного процесса и моделирования электроэнергетических объектов. Активно применяются технологии лазерного сканирования для повышения качества исходных данных, необходимых для создания объемных чертежей моделей оборудования электроэнергетических систем, создания на их основе масштабных моделей и их дальнейшей 3D-печати.

Можно выделить ключевые инновационные проекты в энергетической отрасли с применением аддитивных технологий:

1. Солнечные элементы, батареи и электростанции – 3D-печать позволяет получать на 20% более эффективные солнечные панели при снижении стоимости производства на 50%, что открывает новые перспективы для возобновляемой энергетик. Китай планирует построить плотину гидроэлектростанции в Тибетском нагорье с применением специализированного крупномасштабного 3D-принтера.

2. Ветровые установки нового поколения – аддитивные технологии позволяют создавать новые виды ветровых установок: микротурбины и печатать некоторые крупногабаритные детали для высотных ветроэлектростанции на месте их монтажа.

3. Графеновые и жидкостные аккумуляторы при 3D-печати становятся производительнее и экологичнее.

4. 3D-печать в газовом секторе: лопатки турбин – инженеры Siemens UK предложили использовать для производства лопаток газовых турбин 3D-печать, что ускоряет производство на 90%.

Проблемой еще более широкого применения аддитивных технологий являются недостатки современных конструкторских и программных решений, связанные с неточной калибровкой 3D-принтеров или неверной установкой параметров 3D-печати оператором, что приводит к появлению дефектов на изделиях в процессе печати. Наличие дефектов, в свою очередь, приводит к трате времени и дорогостоящего сырья, а также электроэнергии, то есть к экономическим потерям на производстве.

Целью исследования является повышение эффективности процесса контроля качества 3D-печати на основе применения метода интеллектуального анализа видеоданных.

Для повышения эффективности процесса контроля качества 3D-печати предлагается использовать методы интеллектуального анализа видеоданных, направленных на обнаружение поверхностных дефектов такого типа аддитивных технологических процессов, как экструзия материала.

Для построения системы контроля качества трехмерной печати на основе анализа видеоданных необходимо ввести классификацию поверхностных дефектов, которые могут возникнуть на изделиях, изготавливаемых таким типом процесса аддитивного производства, как экструзия материала (см. таблица 2).

#### **Анализ проблемы автоматизации контроля качества 3D-печати на основе обработки видеоданных**

Совместное исследование European Aeronautic Defense and Space Company и EOS Innovation Center показало, что экономия сырья при использовании на производстве аддитивных технологий может достигать 75 % [3]. Но для получения такого результата крайне важно формирование эффективных инструментов контроля качества процесса трехмерной печати.

Поскольку аддитивные технологии охватывают широкий спектр областей, включая авиастроение, космонавтику, судостроение, электронику и микроэлектронику, то наличие дефектов на изделии должно быть сведено к минимуму. Потому очень важно заниматься разработкой решения проблемы по контролю качества 3D-печати.

На сегодняшний день не существует полноценных отечественных автоматизированных решений по контролю качества трехмерной печати. А зарубежные разработки подобных систем имеют ряд недостатков: трудность применения, полное отсутствие локализации, низкая стабильность и безопасность соединения.

Наиболее часто используемые методы неразрушающего контроля качества представлены в таблице 1.

Таблица 1

Методы неразрушающего контроля

Метод Неразрушающего Контроля Качества	Ограничения
Визуальный и измерительный контроль	– Применение возможно только для контроля качества готовых изделий
3D-сканирование	– Дорогое узкоспециализированное оборудование (3D-сканирование, КТ)
Промышленная компьютерная томография	– Практически невозможна автоматизация контроля процесса 3D-печати

Перечисленные методы контроля качества применяются для оценки уже завершенных деталей. Для методов 3D-сканирования и промышленной компьютерной томографии требуется узкоспециализированное оборудование, что делает данные решения дорогостоящими.

Для повышения эффективности процесса контроля качества 3D-печати предлагается использовать методы интеллектуального анализа видеоданных, направленных на обнаружение поверхностных дефектов такого типа аддитивных технологических процессов, как экструзия материала.

Для построения системы контроля качества трехмерной печати на основе анализа видеоданных необходимо ввести классификацию поверхностных де-

фектов, которые могут возникнуть на изделиях, изготавливаемых таким типом процесса аддитивного производства, как экструзия материала (см. таблица 2).

Таблица 2

Классификация дефектов трехмерной печати

Вид Поверхностного Дефекта	Краткое Описание
Натек (Pimple)	Дефект проявляется в виде натеков или капель из-за чрезмерного выдавливания пластика, что заметно на поверхности изделия.
Расслоение (Bundle)	Дефект характеризуется тем, что на изделии присутствуют трещины, которые не предусматривались изначально. То есть изделие слоится на куски.
Пропуск слоя (Skipping a layer)	Дефект проявляется в том, что на изделии образуются щели из-за полного или частичного пропуска слоя.
Воблинг (Wobbling)	Дефект проявляется на изделии в виде волн, идущих по вертикали.
Рябь (Ripples)	Дефект проявляется в виде волн, идущих по горизонтали.
Загибающийся угол (Bending corner)	Дефект проявляется тем, что несколько слоев модели приклеились к подложке должным образом, а позже модель местами начинает отлипать, скручиваться и загибаться.
Переэкструзия (Re – extrusion)	Переэкструзия проявляется тем, что на поверхности модели возникает лишнее количество материала.
Смещение слоев (Shifting layers)	Дефект проявляется тем, что слои смещаются друг относительно друга во время печати.
«Волоски» («Hairs»)	Дефект «волоски» проявляется тем, что на изделии наблюдается определенное количество материала, которое тянется от печатающего сопла.
Недоэкструзия (Underextrusion)	Недоэкструзия возникает, когда во время печати экструдировается слишком мало нити. Это может привести к появлению зазоров, маленьких точек или отверстий.
Экструзия в воздух (Extrusion into air)	Дефект характеризуется выдавливанием определенного количества пластика в пустое пространство в связи с критической ошибкой 3D-принтера или непредсказуемыми свойствами материала.
Углубление (Recess)	Дефект проявляется в виде выемок и углублений на поверхности изделия.

В классификацию входят наиболее часто встречающиеся дефекты 3D-печати, на основе которых будет разработан собственный набор данных (см. таблица 1).

Методы контроля качества с применением интеллектуального анализа видеоданных представлены в таблице 3.

## Методы контроля с применением интеллектуального анализа

Метод Контроля Качества	Ограничения
Разработка У. Делли и Ш. Чанга	– Отсутствие локализации программного обеспечения
Работа Д. Штрауба	– Ограничение на виды дефектов
Сервис The Spaghetti Detective	– Закрытые проекты

Группа методов, представленная в таблице 3, представляет собой проекты на стадии разработки. Их применение позволяет осуществлять автоматизированный контроль, но накладывает некоторые ограничения: отсутствует локализация программного обеспечения, виды дефектов ограничены, проекты являются закрытыми.

Таким образом, обзор показал, что на сегодняшний день не существует полноценных отечественных автоматизированных решений по контролю качества 3D-печати, а внедрение зарубежных разработок подобных систем ограничено.

***Разработка системы контроля качества 3D-печати на основе технологий интеллектуального анализа данных видеонаблюдения***

Структурная схема системы контроля качества трехмерной печати включает:

блок захвата видео, блок предобработки кадров, блок кодирования первичных признаков, блок накопления данных, блок обнаружения и сегментации дефектов (см. рисунок 1).

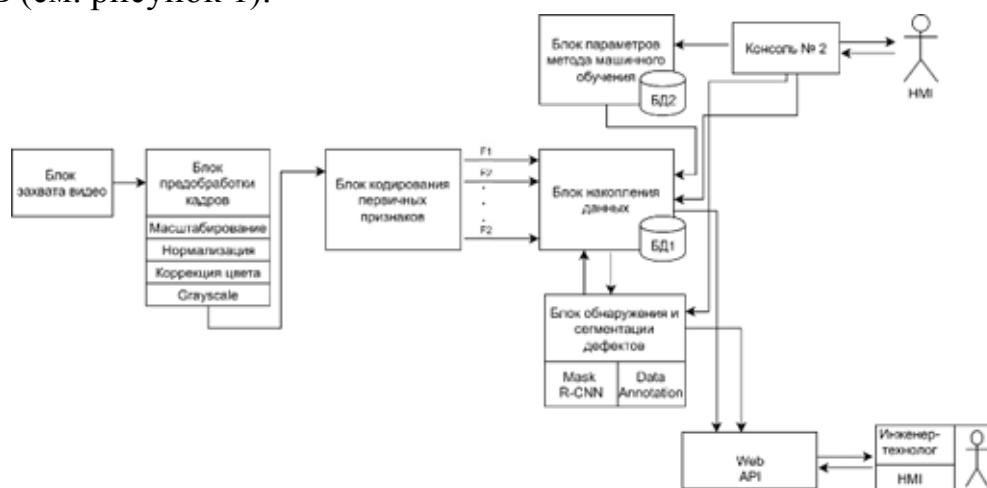


Рис. 1. Структурная схема системы контроля качества 3D-печати

Блок захвата видео, необходимый для последующей передачи последовательности кадров на блок предобработки. Блок предобработки кадров необходим для масштабирования, нормализации кадров и их приведение к оттенкам серого. В блоке кодирования первичных признаков происходит поиск и работа с важными признаками кадров. Блок накопления данных служит для сбора информации, необходимой для работы модели нейронной сети Mask R-CNN. С помощью человеко-машинного интерфейса осуществляется подбор параметров для работы модели Mask R-CNN. В блоке обнаружения и сегментации дефектов происходит работа обученной на размеченном наборе данных модели Mask R-CNN. На выходе изображение с дефектом должно содержать в себе рамку обвода дефекта, маску, наложенную на дефект и тип дефекта (его класс). С помощью человеко-машинного интерфейса оператор получает информацию о дефекте и принимает решение о способах борьбы с ним.

#### ***А. Разработка алгоритма подготовки данных***

Основные шаги алгоритма подготовки и анализа видеоданных представлены в виде блок-схемы (см. рисунок 2). Входной файл для обучения модели системы контроля качества 3D-печати содержит в себе метки, ассоциированные с видеоданными (атрибуты области, которыми выступают координаты размечающего полигона  $x, y$ ).

Процесс предварительной обработки включает в себя масштабирование, в результате которого происходит уменьшение размера данных. Размер изображения контролируется настройками параметров модели НС и составит "512×256". Далее происходит перевод изображения из цветовой модели RGB в цветовой режим Grayscale, который отображается в оттенках серого цвета. Данная операция нужна для уменьшения количества зашумленных пикселей, а также для повышения точности результатов. Затем необходимо определить области интереса (ROI), где могут быть расположены объекты. Перед этим следует задать параметры масштаба и соотношение сторон скользящего окна поиска.

Результатом этого этапа является получение ограничивающих прямоугольников вероятных позиций объектов. Следующий шаг - обучение модели нейронной сети для последующего анализа видеоданных. В случае, если анализ показывает низкую точность обучения и неправильное определение дефектов, следует отредактировать весовые коэффициенты и проверить иные настраиваемые параметры, а затем заново запустить процесс обучения модели.



Рис. 2. Блок-схема алгоритма работы с данными видеонаблюдения

### ***В. Разработка нейросетевой модели***

Нейросетевая модель классификации дефектов трехмерной печати предназначена для выделения дефектов на изображении и определения соответствующего класса выделенного дефекта с помощью подхода, известного как сегментация экземпляров. Сегментация экземпляров объединяет задачу обнаружения класса объекта с прогнозированием ограничивающей рамки и задачей семантической сегментации, которая классифицирует каждый пиксель по заранее определенным категориям [4] с помощью сверточной нейронной сети (НС) Mask R-CNN. Структура модели НС Mask R-CNN представлена на рисунке 3.

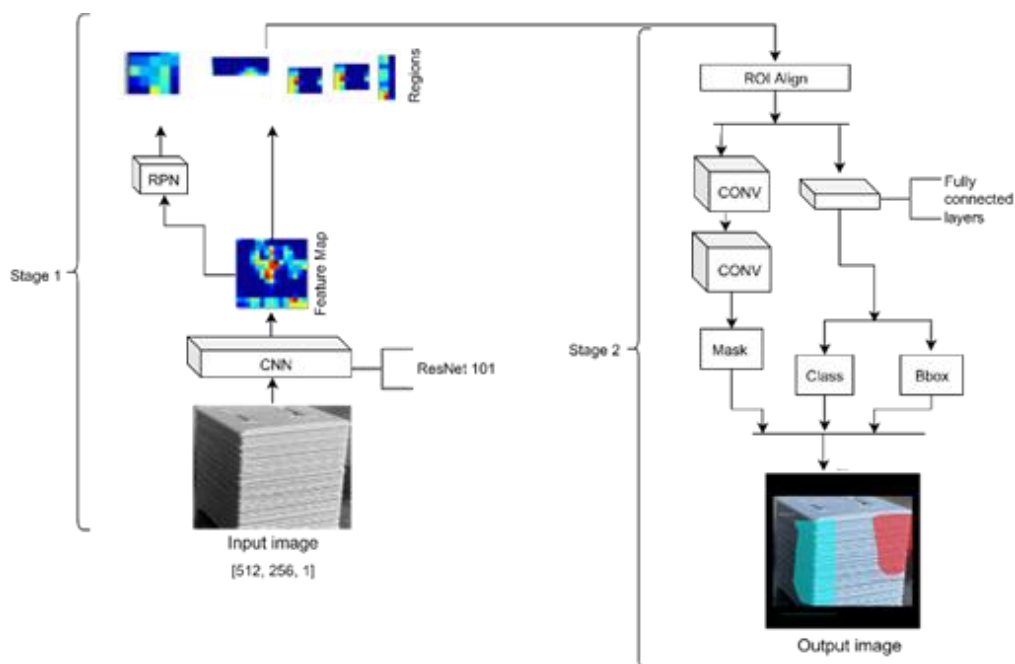


Рис. 3. Структура Mask R-CNN

На первом этапе модель Mask R-CNN создает предположения об областях изображения, где может быть интересующий объект. Изначально масштабированное изображение поступает на вход базовой сверточной НС. В качестве backbone используется СНС Resnet101. Далее необходимо сгенерировать гипотезы на основе полученной карты признаков, то есть определить приблизительные координаты и наличие объекта класса. Для генерации гипотез используется отдельная НС – Region Proposal Network (RPN). Вход RPN - карта признаков, полученная после backbone, а выход – предложения об областях с интересующим объектом (regions).

Второй этап начинается с Region of Interest (ROI) Align слоя. Основная задача слоя ROI Align - сопоставление координат областей предположений с соответствующими координатами карты признаков. Поскольку каждая предполагаемая область может иметь разный размер, а для последующей подачи на вход полносвязанного слоя требуется вектор фиксированного размера, то на данном шаге выполняется преобразование вектора признаков области интереса произвольного размера из исходного изображения в вектор признаков фиксированной размерности.

Далее выходные данные слоя ROI Align передаются в отдельную ветвь для генерации маски, которая состоит из 2-х слоев свертки. Генерируется по-



пиксельная маска для каждой области интереса. Также параллельно с маской с помощью двух полносвязных слоев формируются метки классов и местоположения ограничивающей рамки для каждого предположения.

Маска представляет собой прямоугольную бинарную матрицу, в которой 1 на некоторой позиции означает принадлежность соответствующего пикселя к объекту заданного класса, 0 – что пиксель объекту не принадлежит [5].

### *Экспериментальные исследования*

#### *А. Создание набора данных для обучения и тестирования модели*

Входной набор данных и НС модель Mask R-CNN разрабатываются поэтапно (рисунок 4).



Рис. 4. Блок-схема процесса разработки обучающей выборки

Первый этап – сбор, поиск и анализ кадров, полученных в процессе видеофиксации дефектов печати 3D-принтера. Таким образом было собрано 834 изображения. На втором этапе происходило распределение изображений на 12 классов дефектов и 1 класс эталонной печати: натеки, расслоение, пропуск слоя, воблинг, рябь, загибающиеся углы, переэкструзия, недоэкструзия, «волоски», недоэкструзия, экструзия в воздух, смещение слоев, эталон.

Третий этап – первичная обработка изображений: удаление лишней информации, изображенной на фоне (механизмы 3D-принтера, руки оператора, отблески и так далее); сжатие изображений; приведение данных к одному графическому формату.

На четвертом этапе осуществлялась ручная разметка (аннотирование) набора данных, в процессе которой к исходному изображению прикрепляются метаданные – определенные теги, которые несут в себе информацию о конкретных свойствах того или иного объекта [6]. Такими метками являются: имя файла, размер файла, координаты размеченной области и название выделенного класса. Некоторые из дефектов, изображенные на снимках, имеют нестандартные формы и для разметки таких дефектов нужна многоугольная аннотация (см. рисунок 5). Для разметки изображений с дефектами и без них использовался программный продукт VGG Image Annotator (VIA).

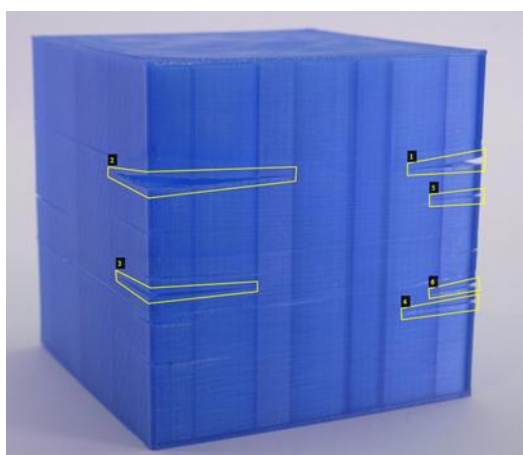


Рис. 5. Разметка изображения полигонами

Пятым этап - процесс обучения модели на созданном входном наборе данных. В случае получения неудовлетворительных результатов необходимо

вернуться на предыдущие этапы и проверить качество обработки и разметки изображений.

Для оценки качества классификации дефектов будут использоваться следующие метрики [7]: доля правильных ответов (accuracy), матрица ошибок, точность (precision), полнота (recall), F-мера (таблица 4).

Таблица 4

Метрики для оценки качества

Метрика	Формула	Результат
Accuracy	$\text{accuracy}(a, X) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [a(x_i) = y_i]$	49%
Precision	$\text{precision}(a, X) = \frac{TP}{TP+FP}$	48%
Recall	$\text{recall}(a, X) = \frac{TP}{TP+FN}$	93%
F-мера	$F = \frac{2 * \text{precision} * \text{recall}}{\text{precision} + \text{recall}}$	0,63

В матрице ошибок строки соответствуют фактическому классу, столбцы – прогнозируемому классу. Матрица ошибок хорошо визуализируется с помощью таблицы (см. таблица 5).

Таблица 5

Матрица ошибок

Экспертная оценка			
Оценка системы		Класс распознан	Класс не распознан
	Класс распознан	336	439
	Класс не распознан	0	0

Из матрицы ошибок, показанной в таблице 5 видно, что построенная нейросетевая модель правильно определяет 336 участков, но не классифицирует 439 участков дефектной или эталонной печати.

Обучение нейросетевой модели происходило за 64 итерации. С каждой итерацией значение ошибки при обучении модели снижалось, но при проверке модели на валидационном наборе данных значение ошибки принимало скачкообразный характер (см. рисунок 6).

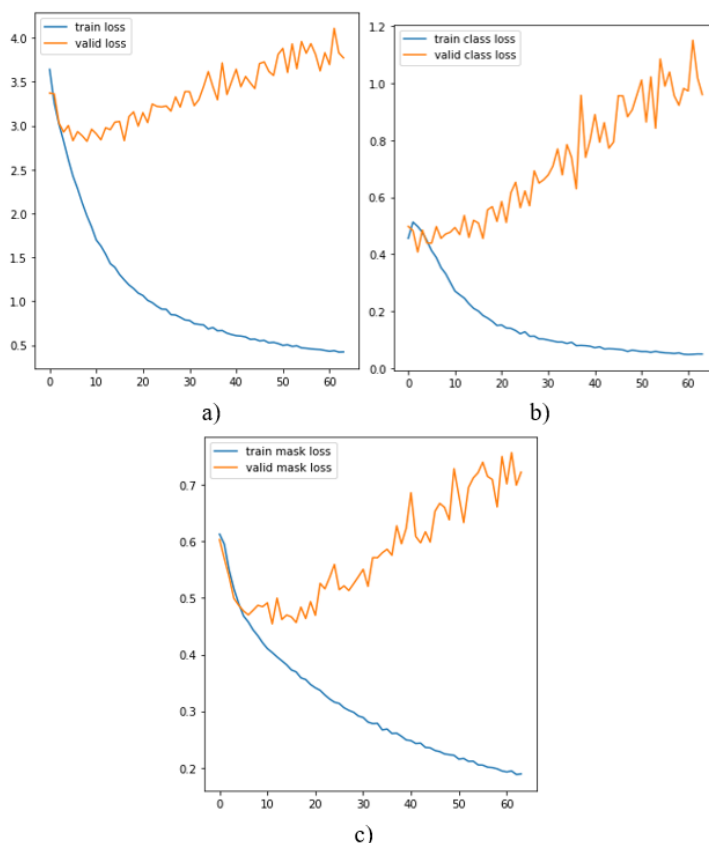


Рис. 6. Значение ошибки обучения и проверки модели при:  
*a* – выделении области интереса ограничивающей рамкой; *b* – определении класса, к которому относится тот или иной дефект; *c* – наложении маски на выделенную область интереса

Из графиков, показанных на рисунках 6, видно, что наблюдается переобучение. Для того чтобы избежать этого надо корректировать темпы добавления параметров обучения, иначе их количество окажется слишком велико.

Для визуальной оценки качества работы модели предлагается ознакомиться с полученными результатами классификации и сегментации дефектов с помощью примеров изображений (рисунки 7-9).

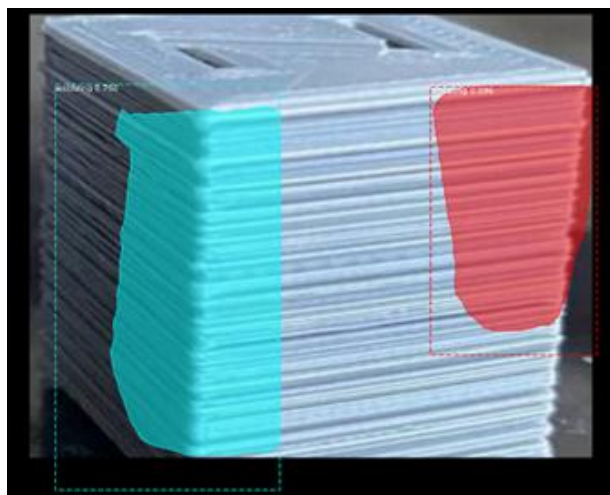


Рис. 7. Обнаружение и выделение воблинга на изделии

Рисунок 7 показывает, что область воблинга хорошо визуализируется с помощью наложенных масок. Модель поняла, что данный дефект проявляется в виде полос, идущих по вертикали.

На рисунке 8 отчетливо заметна рябь в виде полос, идущих по горизонтали.

И модель НС выделила именно проблемный участок. Конечно, некоторые места с рябью остались невыделенными, но их не так много.

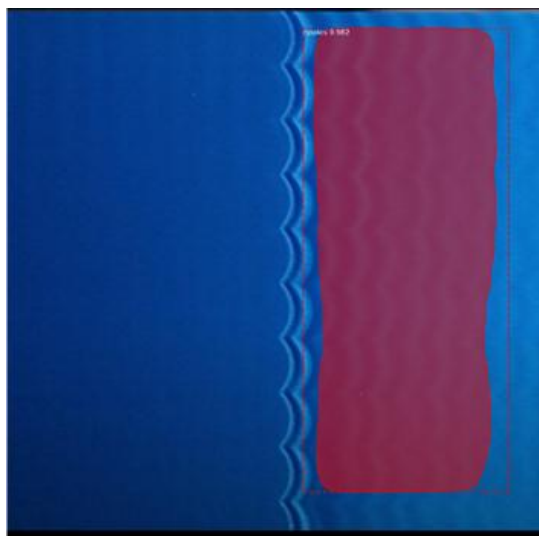


Рис. 8. Обнаружение и выделение ряби на изделии

Рисунок 9 показывает участок эталонной печати, характеризующийся ровной укладкой слоев материала.



Рис. 9. Выделение эталонного участка на детали

Приведенные выше изображения с результатами работы показывают, что модель определяет вид (класс) дефекта с довольно высокой точностью, маска накладывается на участки, отражающие явные признаки проблемы, но неточности все же присутствуют. Эти неточности говорят о том, что нужно тщательнее размечать обучающую выборку на этапе подготовки данных. Также нужно более точно классифицировать дефекты, так как 3D-изделия на фотографии могут располагаться под разными углами.

### *Заключение*

В работе проведен анализ проблемы автоматизации контроля качества 3D-печати на основе обработки видеоданных. Анализ показал практически полное отсутствие отечественных автоматизированных программных решений по контролю качества трехмерной печати.

Введена классификация дефектов процесса аддитивного производства «экструзия материала», необходимая для построения системы контроля.

В процессе разработки структурной модели системы выделены основные задачи системы контроля качества, а процесс контроля разделен на отдельные шаги.

Выполнены основные шаги по созданию входного набора данных, осуществлена программная реализация системы контроля качества 3D-печати.

Проведены экспериментальные исследования. Итоговая оценка точности обнаружения дефектов составила 49%, а оценка F1-меры составляет 0,63, что позволит обнаруживать дефекты печати на ранних стадиях технологического процесса.

Предложенное решение направлено на:

- облегчение процесса контроля трехмерной печати оператором, поскольку он сможет опираться на выводы разрабатываемой системы;
- снижение временных затрат; экономию денежных средств;
- уменьшение материальных затрат;
- снижение износа элементов 3D-принтеров.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. E. Clarke, *Circuit Analysis of AC Power Systems*, vol. I. New York: Wiley, 1950, p. 81.
2. G. O. Young, "Synthetic structure of industrial plastics," in *Plastics*, 2nd ed., vol. 3, J. Peters, Ed. New York: McGraw-Hill, 1964, pp. 15-64.
3. J. Jones. (1991, May 10). *Networks*. (2nd ed.) [Online]. Available: <http://www.atm.com>
4. E. E. Reber, R. L. Mitchell, and C. J. Carter, "Oxygen absorption in the Earth's atmosphere," Aerospace Corp., Los Angeles, CA, Tech. Rep. TR-0200 (4230-46)-3, Nov. 1968.
5. S. L. Talleen. (1996, Apr.). *The Intranet Architecture: Managing information in the new paradigm*. Amdahl Corp., Sunnyvale, CA. [Online]. Available: <http://www.amdahl.com/doc/products/bsg/intra/infra/html>
6. D. Ebehard and E. Voges, "Digital single sideband detection for interferometric sensors," presented at the 2nd Int. Conf. Optical Fiber Sensors, Stuttgart, Germany, 1984.
7. Process Corp., Framingham, MA. *Intranets: Internet technologies deployed behind the firewall for corporate productivity*. Presented at INET96 Annual Meeting. [Online]. Available: <http://home.process.com/Intranets/wp2.htm>
8. S. Hwang, "Frequency domain system identification of helicopter rotor dynamics incorporating models with time periodic coefficients," Ph.D. dissertation, Dept. Aersp. Eng., Univ. Maryland, College Park, 1997.
9. G. Brandli and M. Dick, "Alternating current fed power supply," U.S. Patent 4 084 217, Nov. 4, 1978.

УДК 004.89

Е. А. КОРОВИН, С. А. ЧИГЛИНЦЕВА

*arkvinst@gmail.com, s\_chiglintseva@inbox.ru*

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. Е. Ю. САЗОНОВА

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **АНАЛИЗ БИЗНЕС-ПРОЦЕССА ГЕНЕРАЦИИ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ЛЕЧЕНИЮ ПАЦИЕНТОВ**

**Аннотация.** В статье рассматривается задача исследования рекомендательных систем в здравоохранении. Рассмотрен бизнес-процесса генерации рекомендаций по лечению пациентов, определены требования и функциональные возможности информационной системы. Представлено описание информационного, технического, математического, программного, организационного и правового обеспечения.

**Ключевые слова:** рекомендательные системы; машинное обучение; медицина; здравоохранение; информационные системы.

### ***Введение***

В настоящее время для решения узкоспециализированных задач используются рекомендательные системы, при этом их важной особенностью является учет человеческого фактора и личных особенностей. К перспективной области развития таких систем относится здравоохранение. Так как за последний век был накоплен большой объем медицинских данных о болезнях и выздоровлении людей, базах смертности и протоколах с диагнозами, такие системы могут быть разработаны и апробированы. Рекомендательные системы способны выявлять факторы, которые являются ключевыми для выздоровления, исключать неправильное лечение. Такие системы могут также применяться на этапе планирования закупок лекарств и оборудования, формирования кадрового состава специалистов для более полного удовлетворения нужд конкретного лечебного учреждения.

### ***Постановка задачи и подход к решению задачи***

Требуется разработать прототип информационной системы, которая предназначена для сотрудников медицинского учреждения при работе с пациентами, утверждению диагностики и выработке программ лечения. Первона-



чальным шагом в автоматизирование любого процесса является бизнес-моделирование. Авторами рассмотрен бизнес-процесс генерации рекомендаций по лечению пациентов с помощью технологии Data Mining и бизнес-правил (BRMS). Предполагается, что система позволит специалистам вносить данные, проводить консультации и обследования, давать назначения.

Рассмотрим подробнее процесс, представленный на рисунке 1.

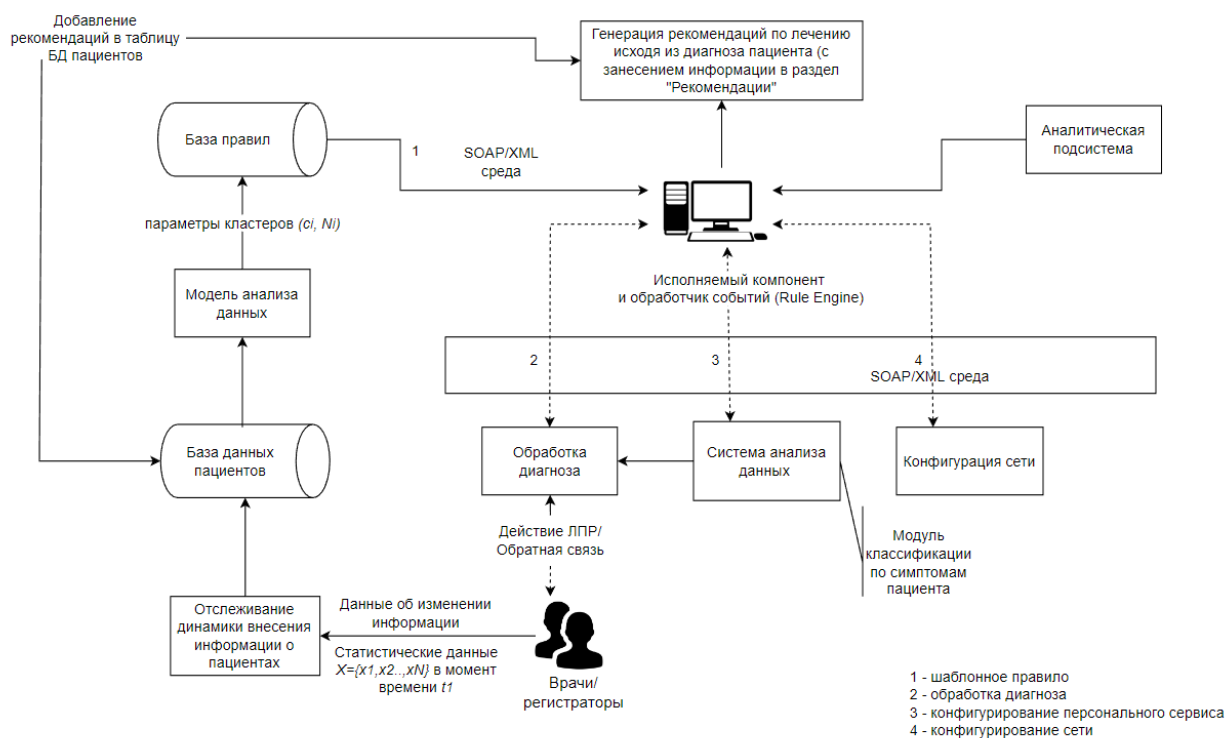


Рис. 1. Бизнес-процесс генерации рекомендаций по лечению пациентов с помощью технологии Data Mining и бизнес-правил (BRMS)

В базе данных будут храниться сведения о пациентах медицинского учреждения и тестовые данные. Информационная система постоянно требует обновления баз данных. Для обновления информации может быть рассмотрен вариант машинного обучения, это и является особенностью системы, поскольку информация о заболеваниях, диагностике и лечении постоянно пополняется новыми сведениями, полученными в ходе различных научных и практических исследований. Для последующей интеграции бизнес-правил с базой данных и экспериментальной проверки разработанной модели необходимо разработать

структуру базы данных и наполнить ее тестовыми данными для поддержки принятия решений врачей.

Аналитическая подсистема – это инструмент, обрабатывающий и анализирующий объем данных статистическом внесении информации о пациентах, диагнозах и рекомендациях. В случае получения адекватных моделей данная интеллектуальная подсистема дает возможность использовать полученные зависимости в информационной системе. Данная подсистема включает базу формализованных правил диагностики и лечения, и построена на основе национальных и международных клинических рекомендаций, медицинских стандартов лечения.

К сферам применения такой системы относятся медицинские учреждения, форумы и ассоциации врачей, а также региональные и федеральные органы управления здравоохранением.

Еще одним важным этапом в подготовке к этапу разработки информационной системы является определение функциональных, обеспечивающих и организационных систем. В статье будут описаны информационное, техническое, математическое, программное, организационное и правовое обеспечения. Под «техническим обеспечением» понимается комплекс технических средств, предназначенных для работы информационной системы, а также соответствующая документация на эти средства и технологические процессы. К комплексу технических средств выдвигаются следующие требования: минимизация затрат на приобретение и эксплуатацию, надежность, защита от несанкционированного доступа, рациональное распределение по уровням обработки. В качестве средства сбора и регистрации информации будут задействованы сканеры для автоматического считывания данных с документов и их преобразования в графическое, цифровое и текстовое представление для семантического анализа текста, и дальнейшего формирования базы знаний, а также подсистемы выработки рекомендаций, персональные компьютеры для ввода-вывода информации документов, предобработки и обработки данных, записи полученных результатов на

различные носители в случае необходимости. Передача информации может быть осуществлена, как через локальные, так и глобальные компьютерные сети.

К информационному обеспечению относится совокупность единой системы классификации и кодирования информации, унифицированных систем документации, схем информационных потоков, циркулирующих в организации, а также методология построения баз данных. В информационной системе здравоохранения будут использоваться классификатор клинических рекомендаций по МКБ-10 по болезням органов дыхания J00-J99, термины и условные обозначения в сфере медицины, алгоритмы действий врача при бронхо-легочных заболеваниях. Данные рекомендации обеспечивают информационную поддержку принятия решений для медицинских работников. Автоматизация системы рекомендаций будет способствовать повышению качества предоставления врачебной помощи пациенту, при этом учитывая новых клинические данные и принципы доказательной медицины. Также информационный ресурс будет включать в себя базу данных и базу знаний диагнозах и рекомендациях, связь между которыми задается определенными правилами.

Математическое и программное обеспечения являются наиболее важными составляющими при реализации информационной системы. Под математическим и программным обеспечением понимается совокупность математических методов, моделей, алгоритмов, вспомогательных программ для реализации целей и задач информационной системы, а также нормального функционирования комплекса технических средств.

Для системы рекомендаций предлагается реализовать методы преобработки текстовой информации, и в дальнейшем для составления непосредственно рекомендаций выбирать наилучший метод интеллектуального анализа текстовых данных. В качестве методов обработки текстовой информации могут быть использованы: байесовский классификатор, векторные модели, нейронная сеть Кохонена-Гроссберга, глубокое обучение, деревья решений, эволюционный анализ и генетическое программирование, латентно-семантический анализ,

латентное размещение Дирихле, при этом необходимо разработать систему критериев для оценки указанных методов. В качестве инструмента разработки предлагается использовать язык программирования Python версии 3.8, поскольку он является достаточно простым, имеет большое количество открытых библиотек, необходимых для анализа данных. В качестве источников входных данных для информационной системы предлагается применить MS SQL Server, так как данная программа позволяет экспортировать и импортировать большинство распространенных форматов данных, также имеет поддержку с другими решениями Microsoft.

Организационное обеспечение представляет совокупность методов и средств, регламентирующих взаимодействие работников с техническими средствами и между собой в процессе разработки и эксплуатации информационной системы. При планировании организационного обеспечения нужно определить персоналии для разработки и работы программного решения. Так для описываемой информационной системы можно выделить следующие персоналии: программисты-разработчики, администраторы информационной системы, сотрудники медицинских учреждений. Также нельзя забывать, что для эффективного функционирования системы и избавления от базовых ошибок должны быть созданы инструктивно-методические материалы.

Правовое обеспечение должно быть обязательно учтено при планировании и разработки информационной системы. Так при планировании должны быть учтены правовые нормы, определяющие создание, юридический статус и функционирование информационной системы, регламентирующие порядок получения, преобразования и использования информации. На данном этапе должны быть изучены законы РФ, нормативные документы министерства здравоохранения нормативные акты, связанные с договорными отношениями разработчика и заказчика и правовым регулированием отклонений от договора. Также необходимо рассмотреть и учесть ряд указов, постановлений и законов, ка-

сающихся защиты информации, авторского права, правовой охраны программ для ЭВМ и баз данных, правовой охраны технологий интегральных схем.

Необходимо отметить, что представление о различных аспектах разработки информационной системы, которое может быть выражено через описание различных видов обеспечений, является важным первоначальным этапом, который позволяет сузить и конкретизировать задачи, стоящие перед исследователями и разработчиками информационной системы.

### ***Заключение***

Авторами рассмотрен бизнес-процесс генерации рекомендаций по лечению пациентов, а также в первом приближении описаны информационное, техническое, математическое, программное, организационное и правовое обеспечения. Рекомендательная система направлена на облегчение, подсказки и предупреждения в ежедневной работе ошибок, связанных с человеческими ресурсами. Предполагается, что такая система окажет помощь врачу при диагностике, выборе рекомендаций к лечению, что в свою очередь приведет к повышению эффективности работы специалистов в области здравоохранения.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Зарипова Г.Р., Богданова Ю.А., Галимов О.В., Катаев В.А., Биккинина Г.М. Современные модели систем поддержки принятия врачебных решений в хирургической практике. Состояние проблемы // Медицинский вестник Башкортостана. 2016. №6 (66). С. 96-101.
2. Коданева С. И. Цифровые технологии в здравоохранении: зарубежный опыт // Россия: тенденции и перспективы развития. 2020. №15-1. С. 617-620.
3. Корелина, Т. В. Введение в базы данных: учеб. пособие // Воронежский ГАСУ. 2012. С. 9-12.
4. Кричевская В.М., Курбесов А.В. Исследование, внедрение и сопровождение медицинской информационной системы в медицинских организациях поликлинического и стационарного типа // SAEC. 2019. №3. С. 206-215.
5. Литвин А.А., Литвин В.А. Системы поддержки принятия решений в хирургии // Новости хирургии, 2014. №1. С.96-100.
6. Новицкий В.О., Галчёнков А.С., Малкоч А.В., Чемерис А.Н. Интеллектуальная информационно-аналитическая система Maximus для медицины и здравоохранения // Врач и информационные технологии. 2019. №1. С. 17-24.
7. Павлов Д. А., Герасимова А. А. Современные тенденции развития медицинских информационных систем // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2019. № 2. С. 760-762.
8. Фролов С.В., Куликов А.Ю., Остапенко О.А., Стрыгина Е.В. Системы поддержки врачебных решений в медицине // Научный журнал. 2018. №9 (32). С. 9-16.
9. Шабанов Р. М., Микушин Н.А. Интеллектуальная информационная система поддержки принятия решений // Молодой исследователь Дона, 2019. №4 (19) С. 91-97.
10. Вейнберг Р. Р. Интеллектуальный анализ данных и систем управления бизнес-правилами в телекоммуникациях//Монография. 2016. – 173 с.

Р. Д. МАЙНОВА, О. А. ГАВРИЛОВА  
rgntrd@gmail.com, oks9036@yandex.ru

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## ПОДХОДЫ К РЕШЕНИЮ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ МЕТОДАМИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

**Аннотация.** Сегодня большое значение приобретают новые подходы к моделированию и оптимизации производственных процессов, в основе которых лежит применение новых методов интеллектуализации технических решений. Моделирование производственных или технологических процессов часто является базой для решения сложных наукоемких задач, которые требуют аналитических вычислений, нестандартных подходов, а также экспертных знаний и высокой квалификации специалистов. Разработка инновационных проектов в машиностроительной отрасли сопряжена с решением задач оптимизации технологий, а также с прогнозированием тех или иных параметров технологического процесса, которые необходимо учитывать при обработке различных типов деталей. Одним из ключевых инструментов, которые можно применять для поиска и прогнозирования наиболее рациональных (оптимальных) решений и параметров технологического процесса на сегодняшний день являются методы машинного обучения, например, нейросетевые алгоритмы. В условиях применения автоматизированных систем технологической подготовки производства, внедрения цифровых технологий в производственный процесс, нейросетевые алгоритмы являются наиболее универсальными методами математического моделирования для решения производственных задач, а потому данный подход является актуальным. В данной публикации рассмотрен вариант создания нейронной сети для прогнозирования значения шероховатости при различных режимах обработки на примере гидродробеструйного упрочнения поверхности детали из материала ВВ751П.

**Ключевые слова:** прогнозирование, машинное обучение, нейронная сеть, обработка деталей, технологический процесс.

### ***Введение***

Для обеспечения конкурентоспособности предприятий машиностроительного комплекса при выпуске новых изделий на всех стадиях жизненного цикла необходимо рассматривать, в первую очередь, себестоимость, повышение качества изделия и его эксплуатационных характеристик [1]. Автоматизация технологических процессов, а также процессов принятия сложных технических решений в данном случае имеет первостепенное значение, в следствие чего растет потребность в создании автоматизированных инструментов, построении компьютерных моделей технологических процессов и в анализе полученных результатов. Трансформация индустриальных моделей в направле-

нии внедрения цифровых технологий обеспечивает получение более «быстрых» решений, которые снижают производственные потери, обусловленные различными факторами, и обеспечивают гибкость в обрабатывающей промышленности.

Известно, что сегодня более 80% деталей (изделий) получают путем механической обработки [2]. Процесс формирования поверхностей деталей проходит на различных типах технологического оборудования. При таком подходе к обработке деталей, необходимо обеспечить требуемое качество поверхностного слоя детали, заданную шероховатость, применяя при этом обрабатывающий инструмент относительно простой конфигурации с заданными характеристиками долговечности, надежности и взаимозаменяемости [2].

Более того, эксплуатационные свойства деталей машиностроения, такие как, например, износостойкость, прочность, и другие характеристики, в значительной степени определяющие долговечность и надежность работы различных механизмов и узлов, зависят как от исходного состояния материала, из которого изготавливается деталь, так и от параметров качества поверхностного слоя деталей, которые получают в процессе обработки (твердости, шероховатости, остаточных напряжений и т.д.) [2,3].

При конструкторско-технологическом обеспечении производства параметры качества поверхности детали, которые определяют срок ее службы, прогнозируются в основном эмпирическим путем с применением различных методик обработки экспериментальных данных [3]. В данной публикации авторами предлагается применить современный подход к прогнозированию качества обрабатываемой поверхности детали, основанный на применении методов машинного обучения, а именно нейросетевых алгоритмов, что позволяет решать задачу выбора рациональных технологических режимов обработки и параметров обрабатывающего инструмента для достижения заданных показателей качества изготавливаемых деталей.

Кроме того, применение нейронных сетей для решения названной задачи позволяет не только ускорить процесс принятий решений при проектировании технологических процессов, но и повысить в перспективе производительность механической обработки, например, за счет использования баз данных параметров обработки, которые определяет нейросеть; а также обеспечить внедрение на производстве инновационных технологий, направленных на повышение эффективности процесса обработки деталей из различных материалов.

Обобщая сказанное, можно утверждать, что одной из важных задач машиностроительной отрасли сегодня – является производство высококачественной наукоемкой продукции, которое обеспечивает заданные параметры качества изделий и их высокие эксплуатационные свойства[3], а потому поставленная в публикации задача является актуальной.

#### ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЗНАЧЕНИЯ ШЕРОХОВАТОСТИ МЕТОДАМИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Одним из путей решения технических и технологических задач, которые требуют анализа большого количества данных, формализации требований и построения моделей для их дальнейшей оптимизации и прогнозирования требуемых параметров, являются методы машинного обучения, в частности нейронные сети.

Нейросеть, обучаясь на примерах, способна обрабатывать информацию для дальнейшего решения схожих задач, а потому может стать альтернативой эмпирическим моделям и применяться для поиска оптимальных технологических решений. «Умение» нейронной сети решать конкретные технологические задачи, безусловно, ограничено выборкой данных, на которой она обучалась, а потому значительную долю работ, связанную с решением таких задач занимает подготовка такой обучающей выборки.

В данной статье рассматривается вариант решения задачи прогнозирования значения шероховатости поверхностного слоя детали при различных режимах обработки при выполнении операции гидродробеструйного упрочнения на материале ВВ751П с помощью нейросетевого алгоритма. Моделирование и



создание нейронной сети был использован математический пакет *Neural network toolbox* в среде *Matlab*.

Для решения задачи была применена простая нейросетевая модель – сеть с прямой связью (*Two layer feed forward neural network*) — это двухслойная нейронная сеть, в которой связи между нейронами не образуют циклов, поэтому информация, которая требуется для работы сети, перемещается только в одном направлении от входных нейронов (через скрытые) к выходным. Такая структура позволяет аппроксимировать любую функцию с требуемой точностью. Модель нейронной сети, построенная в системе *Matlab*, представлена на рисунке 1.

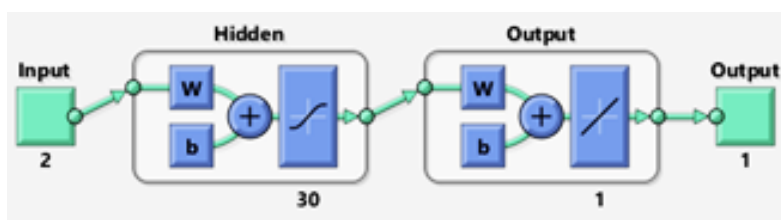


Рис. 1. Модель двухслойной нейронной сети с прямой связью

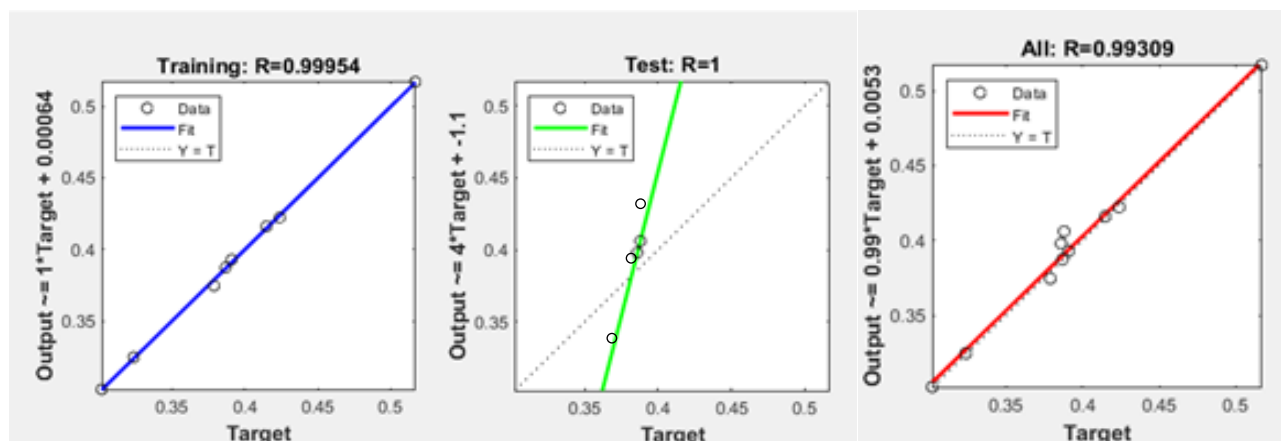
В таблице 1 приведен фрагмент обучающей выборки, данные из которой использовались для анализа работы нейросетевой модели.

Таблица 1

Фрагмент обучающей выборки для решения задачи прогнозирования значения шероховатости с помощью нейронной сети

№ образца	Давление, атм	Ra, мкм (до упрочнения)	Ra, мкм (после упрочнения)
1	0,7	0,287	0,324
2	1	0,353	0,386
3	1,3	0,436	0,517
4	0,7	0,351	0,388
5	1	0,350	0,391
6	1,3	0,350	0,379
7	1,5	0,364	0,387
8	1,2	0,293	0,302
...	...	...	...
N	2	0,311	0,424

Результаты работы нейронной сети – прогноз значений шероховатости в зависимости от режимов обработки представлен на рисунке 2.



*а* *б* *в*  
Рис. 2. Результат прогнозирования с помощью нейронной сети:  
*а* – обучающая выборка, *б* – тестовая, *в* – результат прогнозирования

По результатам машинного эксперимента получен прогноз по значениям шероховатости при выполнении операции гидродробеструйного упрочнения на материале ВВ751П (при различных режимах обработки) с точность не менее 90%. Стоит также отметить, что эффективность прогнозирования параметров шероховатости в большей степени определяется полнотой производственных данных.

### ***Заключение***

В данной работе выполнено прогнозирование шероховатости поверхности детали, на основании которого можно делать выводы о выборе оптимальных режимов обработки при разработке специализированных технологических процессов. В качестве модели для прогнозирования в данном случае целесообразно применять искусственные нейронные сети, которые способны реализовать значительный спектр функций без априорных допущений о законах их распределения и эмпирических зависимостей между параметрами режима обработки [4]. Применение нейросетей в данном случае объясняется простотой и эффективностью, так как основе их обучения может быть обеспечено более

точное и оперативное получение искомым параметров в производственных условиях [5].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гаврилова О.А., Селиванов С.Г. «Вероятностно-рекуррентный метод оптимизации технологических процессов в авиадвигателестроении с использованием методов «мягких» вычислений» // Вестник УГАТУ. 2014. Т. 18, № 1(62) С.53– 59.
2. Хавина И.П., Лимаренко В.В. «Оптимизация технологических процессов механообработки с применением нейронных сетей» // Системы обработки информации, 2015. – № 10(135). – С. 258–260.
3. Коршунов В.Я. Обеспечение качества поверхностного слоя деталей на основе прогнозирования рациональных структурно-энергетических параметров материала и технологических условий механической обработки: диссертация на соискание степени доктора технических наук : 05.02.08, 05.03.01.- зерноград, 2006.- 325 с.: ил. РГБ ОД, 71 07-5/84.
4. Кузнецова Т.И., Ганина Г.Э., Клементьева С.В. «Приоритеты российского машиностроения в свете новой индустриальной революции»// Гуманитарный вестник, 2017, вып. 1. DOI: 10.18698/2306-8477-2017-01-408.
5. Вороненко В. П., Рязанов Д. Ю., Горский С. С. «Повышение эффективности изготовления деталей типа тел вращения при нейросетевом управлении» // Технология Машиностроения №3 2010 г. с.49-52.

*Уфимский государственный авиационный технический университет,*

## **АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕКУРРЕНТНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ИНДЕКСОВ МАГНИТНОГО ПОЛЯ В ПОЛЯРНОЙ ШАПКЕ**

*Аннотация.* Темп событий в современном мире не перестает набирать обороты. Тот, кто может предсказать завтрашний день, неделю или даже месяц, обретает неоспоримое преимущество перед конкурентами или обстоятельствами. В статье проводится анализ эффективности прогнозирования временных рядов с использованием рекуррентных нейронных сетей на примере геомагнитных данных. Были рассмотрены различные типы нейросетей и их классификация.

*Ключевые слова:* прогнозирование, прогнозирование временных рядов, временные ряды, нейронные сети, геоинформационные системы, ГИС, РНС.

### ***Введение***

Прогнозирование – это разработка прогноза. Прогноз в свою очередь это научно обоснованное суждение о будущем состоянии какого-либо объекта или процесса.

Нейронная сеть – это компьютерная программа, которая работает по принципу человеческого мозга: она пропускает входные данные через систему «нейронов» — более простых программ, взаимодействующих между собой, после чего выдает некий результат вычислений на основе этого взаимодействия, учитывая опыт и ошибки прошлых запусков программы.

Временной ряд – собранный в разные моменты времени статистический материал о значении каких-либо параметров исследуемого процесса. В данном случае в роле временного ряда будет выступать набор геоданных представленный таблицей Excel.

### ***Типы нейросетей и их классификация***

На сегодняшний день имеется большое разнообразие нейросетей. С целью систематизации уже имеющихся и будущих нейросетей, делаются попытки их классификации, представленные далее.

Классификация по типу входных данных:

- аналоговые (на входе действительные числа);
- двоичные (на входе двоичные числа);
- образные (на входе знаки, иероглифы, символы) нейронные сети.

Классификация по характеру обучения:

- обучение с учителем (выходное пространство решений нейронной сети известно);
- обучение без учителя (выходное пространство решений формируется только на основе входных воздействий; такие сети называют самоорганизующимися);
- обучение с подкреплением (используется система назначения штрафов и поощрений, получаемых в результате взаимодействия ИНС со средой).

Классификация по характеру настройки синапсов:

- сети с фиксированными связями (весовые коэффициенты нейронной сети выбираются сразу, исходя из условий задачи);
- сети с динамическими связями (у этих сетей в процессе обучения происходит настройка синаптических связей).

Классификация по характеру связей: сети прямого распространения (все связи направлены строго от входных нейронов к выходным);

- рекуррентные сети (сигнал с выходных нейронов или нейронов скрытого слоя частично передается обратно на входы нейронов входного слоя);
- рекуррентная сеть Хопфилда (фильтрует входные данные, возвращаясь к устойчивому состоянию и, таким образом, позволяет решать задачи сжатия данных и построения ассоциативной памяти);
- двунаправленные сети (между слоями существуют связи как в направлении от входного слоя к выходному, так и в обратном).

### ***Прогнозирование геомагнитных данных***

В качестве исходных данных будет выступать временной ряд представляющий ежеминутно зафиксированные значения индексов магнитного поля в полярной шапке. Для повышения точности прогноза значения были усреднены до 30 минут.

Для прогнозирования будет использоваться разработанная программа на языке программирования Python. Программа состоит из 3 модулей: модуль обработки данных, модуль прогнозирования и модуль визуализации прогноза.

Модуль обработки данных предназначен для преобразования данных из формата таблицы (.xlsx) в трехмерный массив данных (куб) который будет использоваться в модуле прогнозирования нейронной сети.

Модуль прогнозирования содержит в себе рекуррентную нейросеть. В нашем случае нейросеть состоит из пяти слоев: входного, трех скрытых и выходного. Три скрытых слоя являются рекуррентными, входной и выходной слои – полносвязными. Методом обучения был выбран метод обучения с учителем. На основе исходных данных был создан ряд моделей, из которых был отобрана модель с самой высокой точностью прогноза, точность оценивалась по формуле среднеквадратической ошибки. Результат прогноза выбранной модели представлен на рисунке 1.



Рис. 1. Результат прогноза

По графику видно, что модель прогнозирует значения с низкой точностью. Значения индексов магнитного поля в полярной шапке изменяются слишком резко, а также имеют большой разброс, поэтому, несмотря на низкую ошибку на обучающем и тестовом наборах, нейросеть с поставленной задачей справляется неэффективно.

### ***Заключение***

В ходе данного исследования была разработана рекуррентная нейронная сеть, были созданы несколько моделей прогнозирования и выбрана наиболее точная. На основе собранной информации и проведенных исследований можно сказать, что для прогноза значений индексов магнитного поля в полярной шапке рекуррентная нейронная сеть является не самым эффективным решением. Модель прогнозирует значения с низкой точностью.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Воробьев А.В., Пилипенко В.А. Подход к восстановлению геомагнитных данных на базе концепции цифровых двойников // Солнечно-земная физика. 2021. № 2. С. 53-62. DOI: <https://doi.org/10.12737/szf-72202105>.
2. Воробьев А.В., Пилипенко В.А., Еникеев Т.А., Воробьева Г.Р. Геоинформационная система для анализа динамики экстремальных геомагнитных возмущений по данным наблюдений наземных станций // Компьютерная оптика. 2020. Т. 44. № 5. С. 782-790. DOI: <https://doi.org/10.18287/2412-6179-CO-707>.
3. Тарик Рашид. Создаем нейронную сеть. 2017. С 274.
4. А.Мюллер, С.Гвидо. Введение в машинное обучение с помощью Python. 2017. С 393.

А. И. РАХИМОВА

*rakhimitegez148@outlook.com*

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. В. Е. КЛАДОВ

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **ПРОБЛЕМА ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ**

**Аннотация.** В статье рассматривается понятие интернета вещей и области его применение. Какие существуют угрозы и уязвимости безопасности технологии. И способы их уменьшения для обычного пользователя и на стадии разработки.

**Ключевые слова:** интернет вещей, умные устройства, датчики, смарт.

На сегодняшний день Интернет есть почти в любом уголке земного шара, что сильно изменило жизнь человечества. Но развитие технологий только начинает набирать обороты. Например, интернет вещей (сокращенно IoT), на развитие которого возлагают большие надежды. Данная технология дает возможность создания глобальной сети объектов, подключенных к Интернету, взаимодействующих и обменивающиеся данными без помощи человека. Идея «умных» устройств пришлась по душе многим пользователям, но можно ли полностью довериться им и забыть о безопасности данных?

### ***Область применения***

Список областей применения Интернета вещей растет по мере развития технологий. В ближайшем будущем интернет вещей, вероятно, будет использоваться с искусственным интеллектом (ИИ) для предоставления интеллектуальных решений для любой технической проблемы человека. Области применения Интернета вещей разнообразны: умный город (Smart city), умный дом (Smart Home), умный самоуправляемый автомобиль (Smart Self-Driving Cars), интернет вещей в сельском хозяйстве (IoT in Farming), фитнес-трекеры, фабрики, подключенные к Интернету вещей (промышленный Интернет вещей), интернет вещей в сфере туризма, розничный IoT, интеллектуальная сеть (умная сеть), приложения Интернета вещей для мониторинга состояния здоровья и т.д.



### ***Перспективы дальнейшего развития***

Учитывая быстрый темп развития, IoT скоро будет доминировать в мире. В 2020 году насчитывалось более 26,47 млрд устройств интернета вещей по всему миру. Frost & Sullivan предсказывают, что к 2026 году их число увеличится до 65,96 млрд устройств. Все, что можно подключить, будет подключено, тем самым сформировав глобальную цифровую систему, в которой все устройства общаются с людьми и друг с другом.

Вот несколько важных факторов, стимулирующих быстрое распространение IoT:

- Падение расходов на датчики
- Снижение затрат на сбор и хранение данных за счет облачных решений
- Расширение области подключения к Интернету
- Увеличение вычислительной мощности
- Рост распространения смартфонов и планшетов

### ***Безопасность интернета вещей***

По правде говоря, устройства интернета вещей практически не имеют встроенной защиты, что делает их идеальной мишенью для хакеров. Большинство устройств интернета вещей взаимосвязаны, что ставит под угрозу безопасность нескольких устройств, если одно устройство будет взломано. Понимание уязвимостей и угроз безопасности имеет решающее значение для адекватной защиты своей сети.

### ***Угрозы безопасности интернета вещей***

Слабая защита паролем. ИТ-системы и устройства IoT состоят из жестко запрограммированных и встроенных учетных данных, что является неожиданным преимуществом для хакеров, желающих напрямую атаковать устройство. Взять под контроль IoT-устройство через его интерфейс или веб-портал очень просто, если использовать слабый пароль.

Отсутствие регулярных исправлений и слабый механизм обновления. Продукты интернета вещей разработаны с учетом удобства использования и возможности подключения. Первоначально они могут быть безопасными, но в итоге становятся уязвимыми, когда хакеры обнаруживают новые проблемы или ошибки. Устройства интернета вещей со временем становятся незащищенными, если их не исправлять регулярными обновлениями.

Небезопасные интерфейсы. Данные обрабатываются и передаются всеми устройствами Интернета вещей. Приложения, службы и протоколы необходимы для связи, и многие риски Интернета Вещей связаны с небезопасными интерфейсами. Они связаны с веб-интерфейсом, API приложений, облачными и мобильными интерфейсами и могут поставить под угрозу устройство и его данные. Распространенные проблемы включают отсутствие/или недостаточную аутентификацию и разрешение устройства, а также слабое шифрование или его отсутствие.

Недостаточная защита данных . Небезопасная связь и хранение данных являются одними из наиболее частых проблем в области безопасности данных. Основная проблема конфиденциальности и безопасности Интернета вещей заключается в том, что скомпрометированные устройства могут использоваться для доступа к конфиденциальным данным.

Плохое управление устройствами интернета вещей. Большинство подключенных устройств IoT и IoMT (Internet of Medical Things) неуправляемы в здравоохранении, розничной торговле, производстве и естественных науках. Это приводит к быстрому увеличению числа уязвимостей и рисков в разнообразном наборе подключенных объектов.

Недостаток навыков в области интернета вещей. Согласно отчету, компании сталкиваются с критическим недостатком навыков в области Интернета вещей, который не позволяет им в полной мере использовать новые возможности.

По данным уязвимостям видно, что многие угрозы безопасности сети пользователь может предотвратить самостоятельно и требует не большого труда. Но снизить уровень уязвимости можно еще на этапе разработки устройств интернета вещей.

### ***Методы обеспечения безопасности IoT***

Сотрудничество с экспертами. Одним из ключевых принципов является обеспечение безопасности в самом начале процесса проектирования. Экспертные знания должны быть мобилизованы как можно раньше на этапе разработки продукта.

Обеспечение безопасности интернета вещей с нуля. Первым этапом обеспечения безопасности компаний является оценка рисков в устройствах и сетях. Благодаря практике DevSecOps безопасность интегрируется на каждом этапе процесса разработки программного обеспечения/продукта, и каждый член каждой команды несет ответственность за меры безопасности, и, таким образом, безопасность является неотъемлемой частью всего продукта.

PKI и цифровые сертификаты. PKI означает инфраструктуру открытых ключей. Это метод шифрования, который использует асимметричный способ шифрования и дешифрования (через пару открытого и закрытого ключей) и цифровые сертификаты для подтверждения личности людей, устройств или приложений, которые владеют закрытыми ключами и соответствующими открытыми ключами. Благодаря этому атака «человек посередине» избегается.

Сетевая безопасность. Злоумышленники всегда могут контролировать устройства IoT сторонних поставщиков. Таким образом, для обеспечения безопасности IoT организациям следует обеспечить безопасность портов, отключить переадресацию портов и не оставлять порты открытыми без необходимости.

Безопасность интерфейса прикладного программирования (API). Хакеры всегда могут скомпрометировать каналы API и получить доступ к устройствам

IoT. Крайне необходимо защитить целостность данных, отправляемых с устройств IoT на серверные системы, и предоставить доступ только авторизованным устройствам и разработчикам по каналам API с помощью надежных мер безопасности API.

### *Заключение*

В настоящее время интернет вещей находится в начальной стадии своего формирования. Основные проблемы безопасности, без сомнения, связаны с контролем доступа и открытыми услугами. Кроме того, устройства IoT должны внедрять передовые меры безопасности, такие как шифрование. Поставщики могут обеспечить безопасное использование своих продуктов, предоставляя документацию и взаимодействуя с пользователями и специалистами по безопасности. Чтобы затруднить работу злоумышленников, устройства должны быть физически защищены. Наконец, если устройство скомпрометировано, оно должно отклонить программы, предоставленные злоумышленником, и уведомить своего пользователя о том, что что-то не так. Сосредоточение внимания на этих проблемах, безусловно, может улучшить состояние безопасности устройств IoT.

Предстоит большой путь для полного развития технологии интернета вещей, ведь эти устройства, безусловно, повлияют на человеческую жизнь немислимым образом в ближайшие десятилетия.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. «Интернет вещей» (IoT) в России. Технология будущего, доступная уже сейчас. Исследование PwC // Сайт «PwC». - Режим доступа: <http://www.pwc.ru/IoT>.
2. «Стратегия развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы» / утв. указом Президента Российской Федерации от 09.05.2017 № 203
3. Программа «Цифровая экономика Российской Федерации» / утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 г. № 1632-р.
4. IoT trend watch 2020, IHS Markit Technology. - [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://ihsmarkit.com/Info/0118/iot-trend-watch-2018.html>

УДК 004

А. А. САЛИМОВ, Д. М. ГАВРИЛОВ  
*salimov.ar5@mail.ru, racerkaras@gmail.com*

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. Л. А. КРОМИНА

*Уфимский государственный авиационный технический университет»  
в г. Кумертау*

## РЕАЛИЗАЦИЯ РАЗРАБОТКИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ НА ЯЗЫКЕ PYTHON

*Аннотация.* В статье рассмотрен вопрос реализации разработки интеллектуальной системы на языке программирования «Python».

*Ключевые слова:* интеллектуальная система; машинное обучение; python.

Что такое интеллектуальная система и почему осуществляется переход на ИС? Машина «Bombe», разработанная британским математиком Аланом Тьюрингом, имела огромное значение в ходе Второй Мировой войны. Изобретение Тьюринга помогло взломать закодированные легендарной машиной Enigma немецкие сообщения. Таким образом, математик Алан Тьюринг во второй раз изменил историю простым вопросом: «Могут ли машины думать?»

Статья Тьюринга 1950 года «Вычислительная техника и интеллект» и ее последующий тест Тьюринга определили фундаментальную цель и видение ИС.

По своей сути ИС — это отрасль компьютерных наук, целью которой является утвердительный ответ на вопрос Тьюринга. Это попытка воспроизвести или имитировать человеческий интеллект в машинах. Обширная цель ИС породила много вопросов и дебатов. Настолько, что ни одно отдельное определение этой области не является общепринятым.

Основное ограничение в определении ИС как простого “создания интеллектуальных машин” заключается в том, что оно фактически не объясняет, что такое ИС и что делает машину интеллектуальной. Интеллектуальная система — это междисциплинарная наука с множеством подходов, но достижения в обла-

сти машинного обучения и глубокого обучения создают смену парадигмы практически во всех секторах технологической индустрии.

ИС имеет множество применений – от ускорения разработки вакцин до автоматизации выявления потенциального мошенничества.

По данным компании бизнес-аналитики CB Insights, в 2021 году активность частного рынка ИС достигла рекордного уровня: глобальное финансирование выросло на 108 процентов по сравнению с 2020 годом. Благодаря быстрому внедрению ИС набирает обороты в самых разных отраслях.

В отчете Business Insider Intelligence за 2022 год об ИС в банковской сфере было обнаружено, что более половины компаний, предоставляющих финансовые услуги, уже используют ИС-решения для управления рисками и получения доходов. Применение ИС в банковской сфере может привести к экономии свыше 400 миллиардов долларов.

Что касается медицины, в отчете Всемирной организации здравоохранения за 2021 год отмечается, что, хотя интеграция ИС в сферу здравоохранения сопряжена с трудностями, технология «имеет большие перспективы», поскольку она может привести к таким преимуществам, как более обоснованная политика в области здравоохранения и повышение точности диагностики пациентов.

Python и интеллектуальная система (ИС) – как они связаны? Python - один из самых популярных языков программирования, используемых разработчиками сегодня. Гвидо Ван Россум создал Python в 1991 году, и с момента его создания он является одним из наиболее широко используемых языков наряду с C++, Java и др.

В чем состоят особенности и преимущества Python? Python – это интерпретируемый язык, который, с точки зрения непрофессионала, означает, что его не нужно компилировать в инструкции машинного языка перед выполнением и может использоваться разработчиком непосредственно для запуска программы. Это делает его достаточно всеобъемлющим, чтобы язык мог интерпретироваться эмулятором или виртуальной машиной поверх родного машинного языка,

который понимает аппаратное обеспечение. Это язык программирования высокого уровня, который может использоваться для сложных сценариев. Языки высокого уровня имеют дело с переменными, массивами, объектами, сложными арифметическими или логическими выражениями и другими абстрактными концепциями информатики, чтобы сделать его более всеобъемлющим, тем самым экспоненциально повышая его удобство использования.

Очевидный вопрос, с которым нам нужно столкнуться на этом этапе, заключается в том, почему мы должны выбрать Python для ИС над другими. Python предлагает наименьшее количество кода среди других и фактически составляет 1/5 по сравнению с другими языками ООП. Неудивительно, что сегодня он является одним из самых популярных на рынке.

Разработчики Python по всему миру предоставляют всестороннюю поддержку и помощь через форумы и учебные пособия, что упрощает работу программиста по сравнению с любыми другими популярными языками. Python не зависит от платформы и, следовательно, является одним из самых гибких и популярных вариантов для использования на разных платформах и технологиях с наименьшими изменениями в базовом кодировании.

Python вместе с такими пакетами, как NumPy, scikit-learn, IPython Notebook и matplotlib, формирует основу для запуска вашего проекта ИС.

NumPy используется в качестве контейнера для общих данных, состоящих из объекта N-мерного массива, инструментов для интеграции кода C / C++, преобразования Фурье, возможностей случайных чисел и других функций.

Еще одна полезная библиотека - pandas, библиотека с открытым исходным кодом, которая предоставляет пользователям простые в использовании структуры данных и аналитические инструменты для Python.

Matplotlib – это еще один сервис, представляющий собой библиотеку 2D-графиков, создающую показатели качества публикации. Вы можете использовать matplotlib до 6 наборов инструментов графического пользовательского интерфейса, серверов веб-приложений и скриптов Python.

Следующим вашим шагом будет изучение кластеризации k-средних, а также сбор знаний о деревьях решений, непрерывном числовом прогнозировании, логистической регрессии и т. Д.

Некоторые из наиболее часто используемых библиотек ИС Python - AIMA, pyDatalog, SimpleAI, EasyAi и др. Существуют также библиотеки Python для машинного обучения, такие как PyBrain, MDP, scikit, PyML.

Давайте рассмотрим, почему Python используется для машинного обучения, и различные библиотеки, которые он предлагает для этой цели.

PyBrain – гибкий, простой, но эффективный алгоритм для задач ML. Это также модульная библиотека машинного обучения для Python, предоставляющая множество predefined сред для тестирования и сравнения алгоритмов.

PyML – двусторонний фреймворк, написанный на Python, который фокусируется на SVM и других методах ядра. Поддерживается в Linux и Mac OS.

Scikit-learn — это эффективный инструмент для анализа данных при использовании Python. Это самая популярная библиотека машинного обучения общего назначения с открытым исходным кодом.

Как работает интеллектуальная система? Сигналы со входов (1) суммируются (2), причем каждый вход имеет свой «коэффициент передачи» —  $w$ . Затем к получившемуся результату применяется «функция активации» (3).

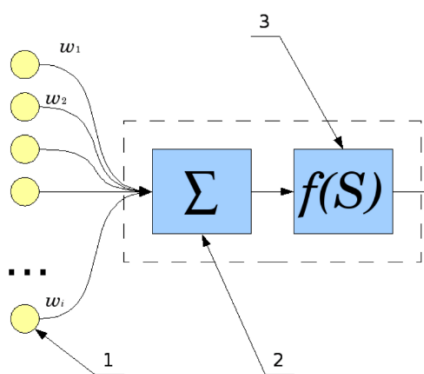


Рис. 1. Визуализация искусственных нейронов

Типы этой функции различны, она может быть: прямоугольной (на выходе 0 или 1); линейной; в виде сигмоиды.



Рассмотрим практическую задачу для интеллектуальных систем — распознавание цифр. С распознаванием цифр есть одна тонкость. Выход ИС может лежать в диапазоне от 0 до 1, а наша задача состоит в том, что нужно распознавать цифры от 0 до 9. Чтобы распознавать цифры, мы создадим сеть с десятью выходами, и единица будет на выходе, соответствующем нужной цифре. В процессе написания интеллектуальной системы будут использоваться такие библиотеки, как NumPy и pandas.

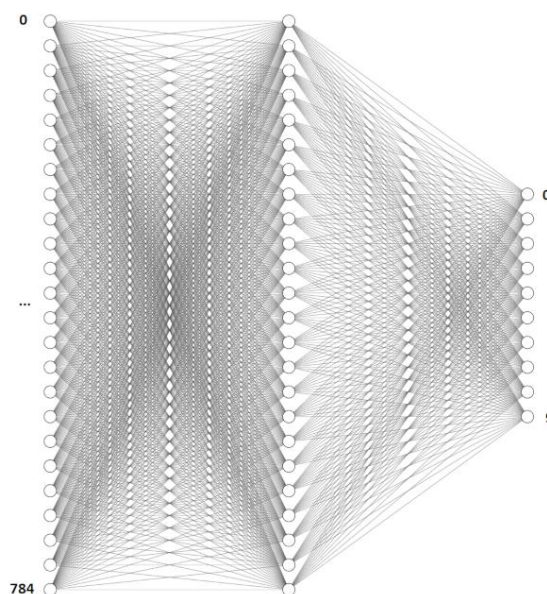


Рис. 2. Структура отдельного нейрона

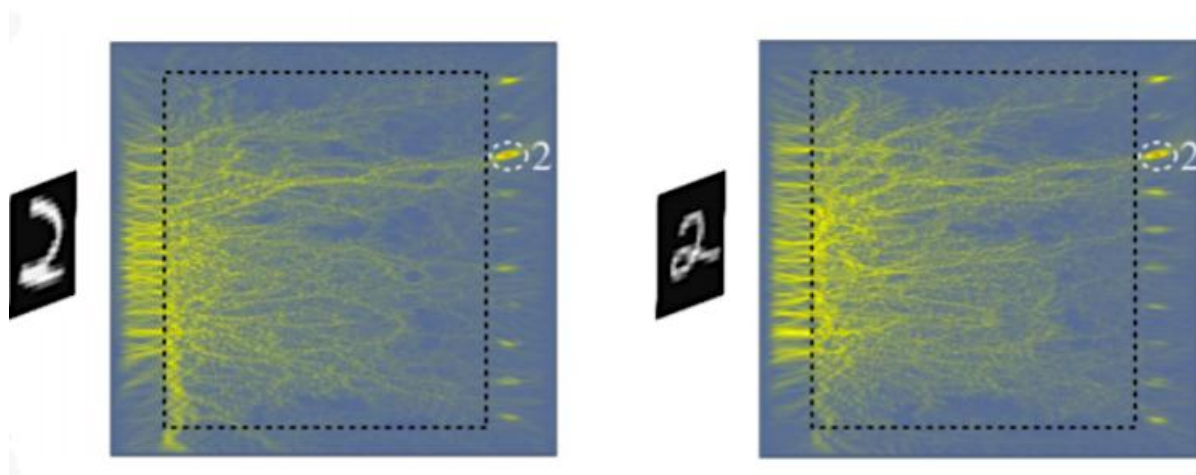


Рис. 3. Аналогичная ИС без потребления энергии на базе «умного стекла»

Когда интеллектуальная система создана, ее нужно обучить. Для начала необходимо загрузить датасет и преобразовать данные в нужный формат.

Код состоит из двух блоков данных: train и test – один служит для обучения ИС, второй для конечных результатов.

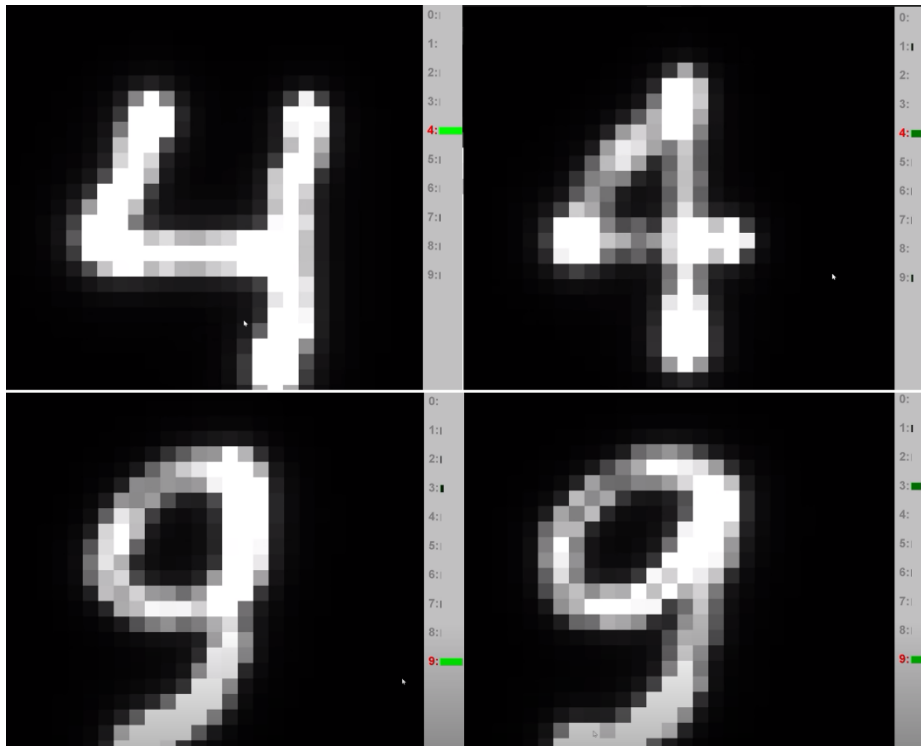


Рис. 4. Результат распознавания цифр ИС

Можно сделать вывод, что интеллектуальная система, разработанная нами – взаимозависимая комплексность средств и методов, применяемых с целью сохранения, обработки и выдачи данных во заинтересованностях свершения установленной миссии; умеющая распознавать цифры.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Плас Дж. Вандер. Python для сложных задач: наука о данных и машинное обучение. — СПб.: Питер, 2018. С. 58-68.
2. Дэви Силен, Арно Мейсман, Мохамед Али. Основы Data Science и Big Data. Python и наука о данных. — СПб.: Питер, 2017. С. 81-112.
3. Лутц М. Изучаем Python, 4-е издание. – Пер. с англ. – СПб.: Символ-Плюс, 2011. – 1280 с.

УДК 004

Д. Н. САФИНА

*dilyara.safina.20@mail.ru*

Науч. руковод. – зав. каф. АСОИУ М. П. ШЛЕЙМОВИЧ

***Казанский национальный исследовательский технический университет  
им. А. Н. Туполева***

## **ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ПРОЦЕНТНОГО СООТНОШЕНИЯ ЦВЕТОВ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ДОРОЖНЫХ ЗНАКОВ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ**

**Аннотация.** В данной статье описан один из способов создания информационной системы для распознавания дорожных знаков на изображениях с применением метода процентного соотношения цветов. Программная реализация алгоритма решения разработана на языке C# в среде программирования Microsoft Visual Studio 2019 с использованием библиотеки компьютерного зрения OpenCV для исполнения на персональном компьютере под управлением операционной среды системы Microsoft Windows 10.

**Ключевые слова:** информационная система, Microsoft Visual Studio, OpenCV, бинаризация.

В настоящее время все больше и больше компаний внедряют технологию компьютерного зрения.

В системах на их основе необходимо обеспечить решение следующих задач:

1. Ввод изображений;
2. Первичная обработка изображений;
3. Извлечение признаков из изображений;
4. Анализ признаков изображений.

Часто окончательное принятие решений остается за человеком (лицом, принимающим решение). При этом в системах на основе компьютерного зрения ему бывает необходимо предоставить не только результаты анализа изображений, но и сами изображения. Очевидно, что решение будет тем более эффективным, чем быстрее изображения будут доходить до адресата.

Чтобы научить компьютер «видеть», используются технологии машинного обучения. Собирается множество данных, которые позволяют выделить признаки и комбинации признаков для дальнейшей идентификации похожих объектов.

Программа распознавания дорожных знаков также использует данную технологию. Она направлена на обеспечение безопасности на дорогах, а автоматизация данного процесса позволяет водителям комфортно водить автомобиль.

На данный момент не существует единого решения, которое бы абсолютно точно учитывало изменение погодных условий, освещения, появление бликов или теней. Но в то же время существует большое количество методов и алгоритмов решения данной проблемы.

Цель данной работы разработать систему распознавания знаков дорожного движения с помощью метода процентного соотношения цветов. Результатом работы будет соотнесение исходного изображения с созданными заранее классами знаков. В качестве изучаемых знаков были выбраны часто встречающиеся на территории Российской Федерации в условиях городского движения дорожные знаки: пешеходный переход, лежащий полицейский, предупреждающий лежащий полицейский, знак сорок, знак двадцать, остановка запрещена.

Для выявления данных характеристик объектов необходимо поработать с исходным изображением, а именно избавиться от шумов, найти контуры исследуемых знаков и т.д.

Первым этапом распознавания дорожных знаков будет перевод исходного изображения из формата RGB в формат HSV.

Цветные изображения обычно представлены в формате RGB (красный, зеленый, синий). Это означает, что каждая точка изображения задается комбинацией трех чисел: красный — (0..255), зеленый — (0..255) и голубой — (0..255).

Как правило, эффективная обработка изображения в цветовом пространстве выполняется в пространстве HSV, а затем для соответствующего компонента HSV в основном цвете должен быть установлен строгий диапазон.

Оттенок H: измеренный по углу, диапазон значений составляет  $0^\circ \sim 360^\circ$ , и он рассчитывается против часовой стрелки от красного, красный -  $0^\circ$ , зеленый

- 120°, синий - 240°. Их дополнительные цвета: 60° для желтого, 180° для голубого и 300° для пурпурного;

Насыщенность  $S$ : диапазон значений составляет  $0,0 \pm 1,0$ ;

Яркость  $V$ : значение варьируется от 0,0 (черный) до 1,0 (белый).

Второй этап будет включать в себя предварительное сглаживание изображения с целью исключения шумов. Первым делом с помощью функции *Erode* удаляются мелкие шумы. Данная функция выполняет бинарную эрозию матрицы  $M$ . Он вычисляет локальный минимум по площади данного ядра.

Но функция *Erode* также сжимает объекты на изображении, поэтому необходимо применить функцию *Dilate*, которая расширит объекты. Операция *Dilate* состоит в бинарном растяжении матрицы  $M$  изображения  $A$  с некоторым ядром ( $B$ ), так как от шумов уже избавились, они больше не вернутся, но площадь объекта изображения увеличится.

Ядро  $B$  имеет определенную точку привязки, обычно являющуюся центром матрицы.

Когда ядро  $B$  пробегается по изображению, мы вычисляем максимальное значение пикселя, перекрываемое ядром  $B$ , и заменяем размер одного пикселя на пиксель размером  $3 \times 3$ .

Данная операция увеличивает белую область на изображении или увеличивает размер объекта переднего плана.

Третий этап – бинаризация. Бинаризация или бинарное квантование применяется для выделения области объекта интереса, присутствующего на изображении [2].

Главной целью бинаризации является радикальное уменьшение количества информации, с которой приходится работать. Удачная бинаризация сильно упрощает последующую работу с изображением. Существуют различные методы бинаризации, которые можно условно разделить на две группы:

- глобальные (пороговые);
- локальные (адаптивные).

В глобальных методах бинаризации происходит работа со всем изображением сразу. В ходе работы находится порог бинаризации  $t$ , с помощью которого происходит деление на черное и белое, причем величина порога  $t$  остается неизменной в течение всего процесса бинаризации.

Для того, чтобы оценить результаты работы системы, было проведено тестирование на дорожных знаках. Система тестировалась на изображения в светлое время суток. Были подсчитаны следующие данные: количество найденных знаков, то есть верно локализованных, количество ненайденных знаков, количество ложных срабатываний на объекты, не являющиеся дорожными знаками и количество неверно классифицированных. Всего было исследовано 46 дорожных знака. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результат тестирования

Найдено(точность)	Не найдено	Ложно распознано	Верно классифицировано (точность)	Неверно классифицировано
23 (50%)	23	3	19 (82%)	4

При тестировании системы получены следующие показатели: точность распознавания 50% и точность классификации 82%. Невысокая точность распознавания объясняется расположением дорожных, прослеживается, что данная программа не могла определить дорожные знаки, если они были очень далеко на изображении, следовательно, качество таких знаков снижалось, а также знак не получалось распознать, если они были прикрыты другими объектами. При этом возможность распознать знаки не зависела от угла поворота знака.

Точность классификации знаков считалось путем деления верно классифицированных знаков на количество распознанных знаков, что показало эффективную работу метода распознавания дорожных знаков по процентному соотношению цветов.

Итоговая программная система способна распознавать основные из наиболее часто встречающихся видов дорожных знаков индивидуального проектирования.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Wen-Chang Cheng. Image Processing in OpenCV-Emgu (2). CYUT-CSIE, 2019. -47p.
2. В.Т. Фисенко, Т.Ю. Фисенко, Компьютерная обработка и распознавание изображений: учеб. пособие. - СПб: СПбГУ ИТМО, 2008. – 192 с.
3. Исрафилов Х.С., Исследование методов бинаризации изображений// Вестник науки и образования. -2017. -№6. –С.43-50.
4. Бинаризация с нижним порогом. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://studopedia.ru/21\\_4018\\_binarizatsiya-s-nizhnim-porogom.html](https://studopedia.ru/21_4018_binarizatsiya-s-nizhnim-porogom.html)
5. Прохоров И.С. Анализ проблем адаптации алгоритмов упрощения ломаных на мобильных устройствах (на территории г. Петрозаводска). Магистерская диссертация: 01.04.02. – Петрозаводск, 2020. -64 с.
6. OpenCV шаг за шагом. Нахождение контуров и операции с ними. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://robocraft.ru/blog/computervision/640.html>

Е. И. ТАЙЧИНОВ

*helloevgeny@gmail.com*

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. Е. Ю. САЗОНОВА

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **ВЫБОР НАИЛУЧШЕЙ МОДЕЛИ ОБНАРУЖЕНИЯ ДЛЯ ДЕПЕРСОНАЛИЗАЦИИ ОБЪЕКТОВ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ**

**Аннотация.** В статье показаны результаты, полученные в ходе соревнования по искусственному интеллекту Цифровой прорыв 2022. Министерством цифрового развития государственного управления, информационных технологий и связи Республики Татарстан была представлена задача по деперсонализации людей и автомобилей. В статье показана постановка задачи, приведен аналитический обзор современных моделей компьютерного зрения для решения задачи деперсонализации объектов на изображениях, показаны результаты обучения выбранных моделей для поставленной задачи. Наилучшей моделью можно считать YOLOv7 с результатом mAP@.5 на тестовой выборке 0.72.

**Ключевые слова:** компьютерное зрение; нейронные сети; детекция объектов; YOLO; Faster R-CNN.

### ***Введение***

В данной статье представлено предложенное решение в соревновании по искусственному интеллекту Цифрового Прорыва 2022. Министерством цифрового развития государственного управления, информационных технологий и связи Республики Татарстан была представлена задача по детекции людей и автомобилей. Рассмотрим описание предложенной задачи.

Утечка персональных данных является неизбежным явлением в современном цифровом мире. В России более 13 млн камер по всей стране ежедневно обрабатывают персональные данные миллионов граждан (в частности, изображения лиц и государственные регистрационные номера транспортных средств). Все вышесказанное свидетельствует об актуальности постоянного хранения данных в деперсонализированном виде. Под «деперсонализацией» понимается процесс удаления связи между субъектом данных и совокупностью идентифицирующих его данных. Участникам чемпионата необходимо было разработать модель обнаружения изображений лиц и силуэтов людей, а также номеров автомобилей. Предполагается, что решение задачи позволит обезли-



чить персональные данные граждан и не допустить их использование злоумышленниками.

Таким образом, необходимо обучить модель детектировать на изображениях следующие объекты: головы, людей, автомобили, лица, автомобильные номерные знаки.

### ***Подход к решению задачи деперсонализации объектов на изображениях***

Данные представлены в виде двух выборок, при этом обучающая содержит 2002 изображения, тестовая – 855. В наборе данных встречаются изображения с неполной разметкой. На рисунке 1 представлен пример изображения, где размечено только 8 автомобилей.



Рис. 1. Пример изображения

Для решения задачи деперсонализации объектов на изображениях были опробованы три различные модели: YOLOv5, Faster R-CNN, YOLOv7. Для оценки построенных моделей была выбрана метрика mean Average Precision, которая рассчитывается согласно формуле (1). Другими словами, под данной мерой понимается усредненная по всем категориям величина средней точности (Average precision, AP).

$$mAP = \frac{1}{classes} \sum_c \frac{|TP_c|}{|FP_c| + |TP_c|} \quad (1),$$

*classes* – количество классов; *c* – номер класса, при этом  $c \in classes$ ; *TP* – True positive (количество верно классифицированных положительных примеров); *FP* – False positive (количество неверно классифицированных положительных примеров).

Рассмотрим подробнее выбранные модели. YOLOv5 основан на архитектуре обнаружения YOLO, модель YOLO (You Only Look Once) представляет собой одноступенчатый детектор объектов. Первой частью модели YOLO является базовая сеть - сверточная нейронная сеть (СНС) классической архитектуры (рис.2), применяемая для решения задачи классификации изображениях [1-7]. Базовой сетью (backbone - позвоночник) выступает СНС Darknet (рис. 3) [2,3] для классификации входных изображений. После базовой сети идут 2 полносвязных слоя (neck – шея, head – голова), которые отвечают за формирование предсказаний ограничивающих рамок, потенциально содержащих объекты, а также определяют вероятности принадлежности этих объектов к заданным классам.

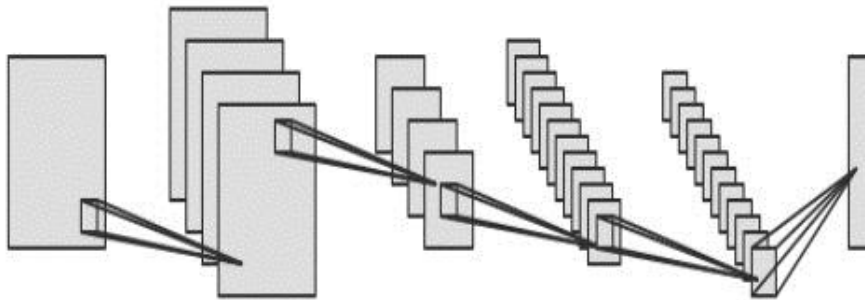


Рис. 2. Структура СНС

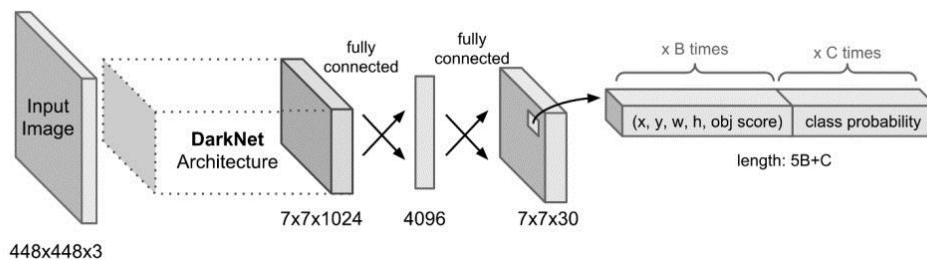


Рис. 3. Архитектура YOLO

YOLOv5 использует превосходную стратегию оптимизации алгоритмов в области сверточных нейронных сетей последних лет, такую как привязки ограничивающих рамок с автоматическим обучением, мозаичное увеличение данных, перекрестная частичная сеть и др. Они отвечают за разные функции в разных локациях архитектуры YOLOv5.

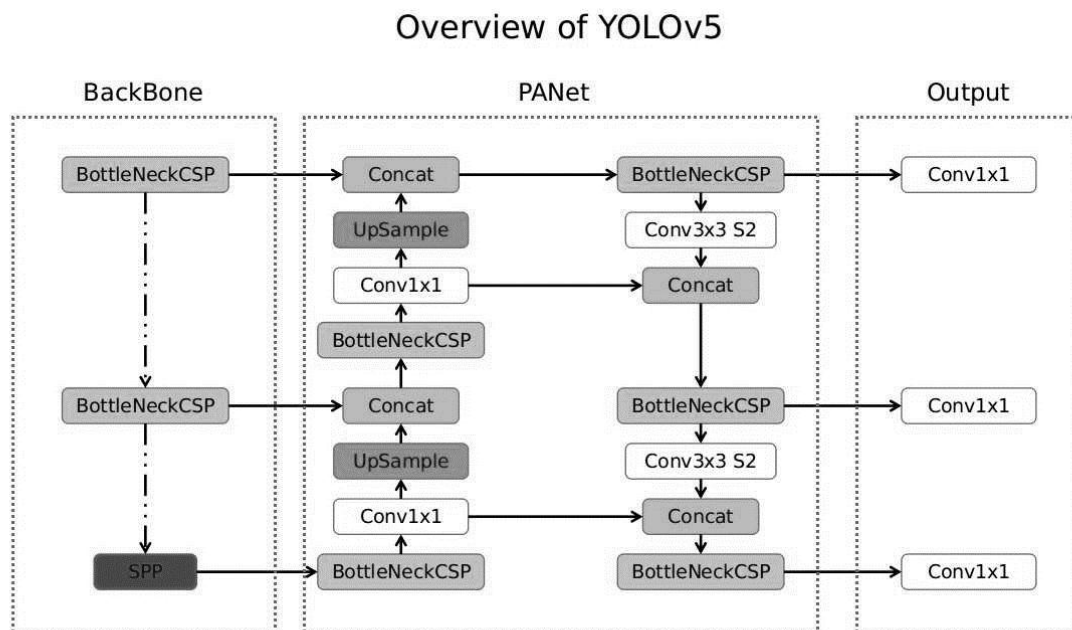


Рис. 4. Архитектура YOLOv5

На рисунке 4 изображена обзорная архитектура модели. BottleneckCSP используется для уменьшения объема вычислений и увеличения скорости вывода, в то время как структура SPP реализует извлечение объектов из разных масштабов для одной и той же карты объектов и может генерировать карты объектов в трех масштабах, что помогает повысить точность обнаружения. В шее сети используются характерные пирамидальные структуры FPN и PAN. Структура FPN передает сильные семантические особенности из верхних карт объектов в нижние карты объектов. В то же время структура PAN передает сильные локальные признаки из более низких карт объектов в более высокие карты объектов. Данные структуры совместно усиливают функцию, извлечен-

ную из разных сетевых уровней при объединении позвоночника, что еще больше улучшает возможности обнаружения.

YOLOv7 [5-7] - это новый ультрасовременный детектор объектов в семействе YOLO, появившийся в июле 2022 г. В настоящее время считается самым быстрым и точным детектором объектов в реальном времени. Данная модель содержит в себе все самые современные техники обучения глубоких нейронных сетей. Следующие отличительные аспекты данной модели необходимо озвучить: расширенная эффективная агрегация слоев, планирование повторной параметризации, вспомогательная голова для многоступенчатой обработки. Рассмотрим каждый из аспектов подробнее:

– Расширенная эффективная агрегация слоев. Авторы YOLOv7 опираются на исследования, проведенные по этой теме, принимая во внимание объем памяти, необходимый для хранения слоев, а также расстояние, необходимое градиенту для обратного распространения по слоям - чем короче градиент, тем быстрее их сеть сможет учиться. Конечным уровнем агрегации, который они выбирают, является E-ELAN, расширенная версия вычислительного блока ELAN.

– Планирование повторной параметризации. Методы репараметризации включают усреднение набора весовых коэффициентов модели для создания модели, более устойчивой к общим шаблонам, которые она пытается смоделировать. В исследованиях в последнее время особое внимание уделяется повторной параметризации на уровне модулей, где части сети имеют свои собственные стратегии повторной параметризации.

– Вспомогательная голова для многоступенчатой обработки. Голова сети YOLO делает окончательные прогнозы для сети, но поскольку она находится так далеко в сети, то иногда является выгодным добавить в сеть вспомогательную голову, которая находится где-то посередине. Пока модель обучается, обучается также контроль этой головы обнаружения, а также головы, которая на самом деле будет делать прогнозы.

Архитектура Faster R-CNN [8] состоит из 2 модулей:

- RPN – для формирования предложений по регионам (feature maps).
- Fast R-CNN – для обнаружения объектов в предложенных регионах.

На рисунке 5 показана архитектура сети. После извлечения сверток, feature map объекта попадает в RPN, который выдает предложения объектов, которые затем, сливаясь с изначальной feature map, полученной из сверток поступает в уже известную модель детекции – Fast R-CNN.

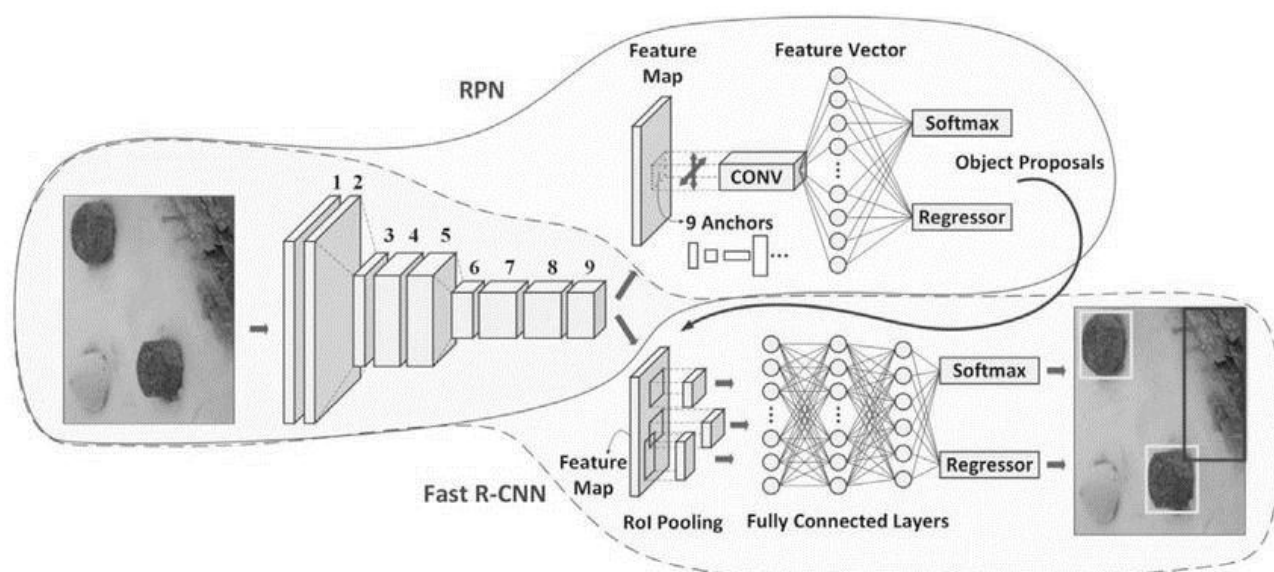


Рис. 5. Архитектура Faster R-CNN

RPN – это небольшая нейронная сеть, скользящая по последней карте объектов слоев свертки и предсказывающая, есть ли объект или нет, а также предсказывающая ограничивающую рамку этих объектов.

Модуль RPN отвечает за генерацию предложений по регионам, то есть применяет концепцию внимания в нейронных сетях и направляет модуль быстрого обнаружения R-CNN в область, где необходимо искать объекты на изображении.

Faster R-CNN работает следующим образом. RPN генерирует региональные предложения. Для всех предложений регионов на изображении вектор объектов фиксированной длины извлекается из каждого региона с помощью слоя объединения ROI. Извлеченные векторы признаков затем классифицируются с

помощью быстрого R-CNN. Также возвращаются оценки классов обнаруженных объектов в дополнение к их ограничивающим рамкам.

### ***Применение выбранных моделей для задачи деперсонализации объектов на изображениях***

Выбранные модели были обучены на предложенном наборе данных. Для решения задачи обнаружения объектов по фотографии был использован комбинированный подход. На первом шаге производилась подготовка данных под формат одной из самых современных моделей обнаружения. На втором шаге подгружалась предобученная модель и запускалось дообучение модели на имеющихся данных. На основании модели принималось решение о наличии на фотографии необходимых объектов (машина, государственный номер, человек, голова, лицо). Для реализации использовался следующий стек технологий: Python, PyTorch, YOLOv7, Transfer Learning, Tensorboard, Google Colab.

Фрагмент результатов обучения модели приведен в таблице 1. Для сравнения моделей использовалась мера - mean Average Precision.

Таблица 1

Фрагмент сравнения обучения моделей

Название модели	Обучающая оценка	Тестовая оценка
Yolov5s	0.48	0.41
Yolov5m	0.49	0.44
Faster R-CNN	0.53	0.46
Yolov7x	0.65	0.52
Yolov7x (с подобранными гиперпараметрами)	-	0.72

Выбранное семейство моделей является общеиспользуемым, однако в большинстве задач все еще используются более ранние, проверенные временем, модели (YOLOv4, YOLOv5), в предлагаемом решении была выбрана последняя версия алгоритма YOLO - YOLOv7, которая показывает наилучшие результаты. Таким образом, применение данной модели позволит оставить данные защищенными.

## *Заключение*

В статье приведены результаты решения, которые были получены в рамках соревнования по искусственному интеллекту Цифрового Прорыва 2022. Перед участниками стояла задача разработки модели обнаружения для деперсонализации объектов на изображениях. Предлагаемое решение получило бронзовый кубок [9].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Франсуа Шолле. Глубокое обучение на Python. Изд-во: Питер, 2019. - 400с.
2. J. Redmon. Darknet: Open source neural networks in C – URL: <http://pjreddie.com/darknet/>, 2013–2016. (дата обращения 12.09.2022).
3. Anna Scius-Bertrand, Michael Jungo, Beat Wolf, Andreas Fischer, Marc Bui. Transcription Alignment of Historical Vietnamese Manuscripts without Human-Annotated Learning Samples in Appl. Sci. 2021, 11, 4894. DOI: <https://doi.org/10.3390/app11114894>
4. Jonathan Hui. YOLOv4. URL: <https://jonathan-hui.medium.com/yolov4-c9901eaa8e61> (дата обращения 12.09.2022).
5. Kukil, Sovit Rath. YOLOv7 Object Detection Paper Explanation and Inference. URL: <https://learnopencv.com/yolov7-object-detection-paper-explanation-and-inference/> (дата обращения 12.09.2022).
6. Chien-Yao Wang, Alexey Bochkovskiy, a Hong-Yuan Mark Liao. YOLOv7: Trainable bag-of-freebies sets new state-of-the-art for real-time object detectors. – URL: <https://arxiv.org/pdf/2207.02696.pdf> (дата обращения 12.09.2022).
7. Jacob Solawetz. YOLOv7 Breakdown. URL: <https://blog.roboflow.com/yolov7-breakdown/> (дата обращения 12.09.2022).
8. Shaoqing Ren, Kaiming He, Ross Girshick, and Jian Sun. Faster R-CNN: Towards Real-Time Object Detection with Region Proposal Networks URL: <https://arxiv.org/pdf/1506.01497.pdf> (дата обращения 12.09.2022).
9. Соревнование Цифровой Прорыв 2022. URL: <https://hacks-ai.ru/championships/758258> (дата обращения 12.09.2022).

УДК 616.006

А. И. ХАЕРТДИНОВ

*nyarlat7@gmail.com*

Науч. руковод. – д-р техн. наук, проф. Г. Р. ШАХМАМЕТОВА

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ КЛАССИФИКАЦИИ ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫХ УЗЛОВЫХ ОБРАЗОВАНИЙ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ**

*Аннотация.* В статье рассматривается проблемы классификации злокачественных узловых образований щитовидной железы, приводится анализ современного состояния исследований в этой области, а также вопросы применения методов машинного обучения для решения задач классификации злокачественных узловых образований щитовидной железы.

*Ключевые слова:* классификация; нейронные сети; машинное обучение; глубокое обучение; медицина; узловое образование.

### ***Введение***

Щитовидная железа имеет решающее значение в организме человека для контроля частоты сердечных сокращений, артериального давления и температуры тела.

Статистические данные показывают, что заболевания щитовидной железы затрагивают около 200 миллионов человек во всем мире. По оценкам, в 2013 году 40% населения мира — около 2,8 миллиардов человек — были подвержены риску дефицита йода, питательного вещества, необходимого для производства гормонов щитовидной железы [1].

Раннее обнаружение и диагностика аномальных узлов щитовидной железы может предотвратить рак, что приведет к снижению заболеваемости и смертности.

Стандартная процедура обнаружения узлов щитовидной железы требует медицинской визуализации, такой как компьютерная томография (КТ), магнитно-резонансная томография (МРТ), сцинтиграфия с радиоактивным йодом, позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ), а также ультразвуковые изображе-



ния, которые являются широко распространенными инструментами для помощи диагностика заболеваний щитовидной железы.

Современные информационные технологии сегодня широко используются для распознавания изображений функциональной диагностики с помощью методов машинного обучения и медицинской визуализации – одно из активно развивающихся направлений.

В статье приводится анализ современного состояния исследований применения методов машинного обучения для классификации узлов щитовидной железы.

### ***Современное состояние проблемы***

Авторы [2] разработали различные алгоритмы машинного обучения для использования в дифференциальной диагностике подозрительных узлов щитовидной железы. Результаты показали, что алгоритмы машинного обучения, использующие данные опытного рентгенолога, работали лучше, чем у неопытного рентгенолога. Кроме того, сравнительное исследование различных моделей показало, что RBF-NN превосходит другие алгоритмы машинного обучения.

Исследование [3] достигло своей цели по созданию модели CAD, которая могла бы классифицировать узлы щитовидной железы как доброкачественные или злокачественные, и цели оценки ее производительности, продемонстрировав, что модель SVM имеет более высокую производительность по сравнению с моделью ANN. Эта работа демонстрирует важность использования традиционных подходов ML с минимальной оптимизацией, стабильностью и успешными CAD-системами.

В исследовании [4] модифицированная сеть TI-RADS улучшил работу как рентгенологов, так и сети при классификации генетического риска узлов щитовидной железы для дальнейшего лечения, особенно при рассмотрении подмножества узлов, которые были неопределенными (Bethesda III/IV) по цитопатоло-

гии. Программа машинного обучения (Google AutoML) использовалась как для автоматической идентификации узлов, так и для стратификации риска.

Сквозная система автоматического распознавания и классификации узлов щитовидной железы разработана на основе CNN. Разработка авторов [5] усовершенствованная сеть сегментации Eff-Unet используется для сегментации узлов щитовидной железы. Алгоритм обработки изображений оптимизирует область интереса и разбивает узлы. Сеть классификации слияния признаков низкого и высокого уровня CNN-F предлагается для классификации доброкачественных и злокачественных узлов.

Авторы [6] обнаружили, что по сравнению с опубликованными результатами ACR TIRADS и системы классификации ATA, AIBx, модель сходства изображений имела сравнимую отрицательную прогностическую ценность с лучшей специфичностью чувствительности и положительной прогностической ценностью. Используя модель искусственного интеллекта сходства изображений, авторы смогли создать объяснимую модель искусственного интеллекта, которая повышает уверенность врача в прогнозах модели.

В работе [7] исследована эффективность сверточной нейронной сети, алгоритм глубокого обучения, для классификации узлов щитовидной железы с использованием ультразвуковых изображений. Глубокая сверточная нейронная сеть, называемая остаточной сетью (ResNet), использовалась в качестве современной модели классификации изображений. Использование ResNet повысило производительность нейронной сети. Результаты эксперимента показали, что точность использования модели ResNet составила 83%.

Предлагаемый авторами [8] алгоритм классификации изображений щитовидной железы путем точной настройки глубокой сверточной нейронной сети GoogLeNet продемонстрировал, что два метода могут эффективно улучшить производительность точной настройки существующей DCNN: предварительная обработка образцов изображения для нормализации масштабов текстур и удаления артефактов и дополнение образцов изображений путем включения как

текстур узлов, так и окружающие текстуры. Исследовательская работа показала, что глубокое обучение, особенно тонкая настройка существующей сети глубокого обучения, может повысить эффективность оценки узлов щитовидной железы как системы компьютерной диагностики.

В данном исследовании [9] в качестве базовой структуры используется нейронная сеть Xception и разрабатывается практическая структура, состоящая из трех адаптируемых многоканальных архитектур, которые были положительно оценены с использованием реальных наборов данных. Предложенные архитектуры превосходят существующие статистические методы и методы машинного обучения и достигают диагностической точности 0,989 для ультразвуковых изображений и 0,975 для компьютерных томографических сканирований благодаря двухканальной архитектуре с одним входом. В этой статье показано, что многоканальная архитектура впервые используется в области обнаружения рака щитовидной железы, и было доказано, что она повышает точность диагностики по сравнению с одноканальными CNN.

Авторы [10] оценили положительные прогностические значения узлов, диагностированных как злокачественные, с помощью процесса ThyNet-assistance, чтобы получить диапазон баллов с положительным прогностическим значением более 95%. Для этих узлов авторы рассмотрели, какое дополнительное медицинское вмешательство может быть выполнено без тонкоигольной аспирации. Для всех других узлов медицинские рекомендации соответствовали рекомендациям ACR TI-RADS.

В данной работе [11] были рассмотрены текущие исследования производительности систем CAD при дифференциации злокачественных и доброкачественных узлов щитовидной железы, и результаты показывают, что системы CAD, как классические системы, основанные на машинном обучении, так и системы, основанные на глубоком обучении, демонстрируют точность диагностики, сравнимую с точностью рентгенологов с опытом от 5 до 20 лет. Было выяв-

лено, что опытные рентгенологи могут сохранить диагностическое преимущество перед системами САД в диагностике в реальном времени.

Исследователи [12] предложили новый метод, который сочетает в себе функции LBP и исходное изображение, что повышает производительность модели в относительно небольшом и сложном наборе данных. Кроме того, метод подтверждает, что традиционная извлеченная функция низкого уровня может использоваться в качестве входных данных ConvNet для дальнейшего извлечения функций высокого уровня, и это также может обобщить предлагаемую сеть на небольшой набор данных для других задач глубокого обучения.

Целью данной работы [13] было разработать автоматизированную систему на основе DCNN для автоматической классификации доброкачественных и злокачественных узлов на основе ультразвуковых изображений щитовидной железы. С ультразвуковыми данными в режиме В этот метод был направлен на объединение преимуществ морфологической информации, предоставляемой ультразвуком, и сверточных нейронных сетей для автоматического выделения признаков и точной классификации. Достоверность этого метода была подтверждена путем сравнения текущих экспериментальных результатов с результатами, полученными опытным рентгенологом на основе системы отчетов и данных Американского колледжа радиологии для визуализации щитовидной железы (ACR TI-RADS).

В работе [14] предложили ансамблевую модель классификации глубокого обучения под названием EDLC-TN для различения доброкачественных и злокачественных узлов щитовидной железы на ультразвуковых изображениях. Кроме того, сеть представляет собой обобщенную платформу, которую потенциально можно применять в различных медицинских центрах для помощи врачам-рентгенологам.

В статье [15] предлагается модель глубокого обучения Fused-4 EfficientNet B3, которая объединяет статистические характеристики для диагностики доброкачественных и злокачественных узлов щитовидной железы.

Используя ACR TI-RADS в качестве эталона, из ультразвуковых изображений узлов щитовидной железы извлекались 33 статистических признака, таких как форма, границы и состав. Затем размеры 33 признаков уменьшались с помощью PCA, и оставались 4 верхних признака. Наконец, эти 4 функции объединялись с картой функций, извлеченной EfficientNet B3. По сравнению с моделями глубокого обучения без слияния признаков его точность повысилась на 0,7–3,6 %, а AUC — на 1,2–6,4 %.

Исследователями [16] для выявления риска малигнизации, связанного с узлами щитовидной железы, представлен подход к экстремальному машинному обучению, основанный на оптимизации колоний муравьев GraphClustering. Используя GCACO, функции разбивались на группы кластеров, и кластеры собирались в виде неориентированного графа с алгоритмом обнаружения множества. После этого ACO использовался для выбора оптимальных признаков из группы кластеров. Выявлено, что GCACO значительно лучше определяет подходящие признаки и функции, чем одномерные алгоритмы, введенные для той же цели. Кроме того, результаты моделирования демонстрируют, что классификатор ELM точно отличает злокачественные узлы от доброкачественных.

По сравнению с другими исследованиями, авторы [17] использовали две разные архитектуры CNN, которые отличались глубиной и сетевой структурой. В результате входное ультразвуковое изображение щитовидной железы было лучше проанализировано по сравнению с одиночной сетью. Объединив результаты классификации двух сетей CNN, авторы повысили общую производительность системы. Кроме того, авторы применили взвешенную бинарную функцию кросс-энтропийных потерь для обучения моделей CNN вместо обычной функции кросс-энтропийных потерь, чтобы уменьшить влияние несбалансированных обучающих выборок в процедуре обучения и, следовательно, уменьшить влияние недостаточной энтропии.

В исследовании [18] авторы предложили метод классификации с использованием схемы каскадного классификатора, основанной на извлеченной ин-

формации как в пространственной, так и в частотной областях ультразвукового изображения щитовидной железы. Предлагаемый ими метод обрабатывает ультразвуковое изображение области щитовидной железы, чтобы различать доброкачественные и злокачественные опухоли в узлах щитовидной железы. Для этой цели авторы сначала применили классификатор для задачи классификации с использованием признаков изображения в частотной области, чего не делалось в предыдущих исследованиях. Во-вторых, неоднозначные образцы с первым классификатором затем дополнительно классифицируются с использованием метода, основанного на глубоком обучении. Предлагаемый метод обеспечивает более высокую точность классификации, чем различные предыдущие исследования с использованием набора данных TDID.

Результаты исследования [19] показывают, что между злокачественными и доброкачественными узлами щитовидной железы существуют значительные различия наиболее отличительными признаками являются экзогенность, кальцификация, края, состав и форма. По сравнению с другими методами предлагаемый метод не только обеспечивает очень многообещающую точность классификации благодаря схеме 10-кратной перекрестной проверки (CV), но также значительно снижает вычислительные затраты по сравнению с другими аналогами.

В статье [20] авторы разработали структуру многозадачной каскадной сверточной нейронной сети (MC-CNN) для использования контекстной информации об узлах щитовидной железы. Можно отметить, что структура основана на большом количестве клинически подтвержденных ультразвуковых изображений щитовидной железы с точными и подробными метками достоверности. Другие ключевые преимущества структуры связаны с многозадачной каскадной архитектурой, двумя этапами тщательно разработанных сетей глубокой свертки для обнаружения и распознавания узлов щитовидной железы в пирамидальной форме, а также захватом различных внутренних особенностей глобальным и локальным способом.

В исследовании [21] авторами предлагается гибридный метод диагностики узловых образований щитовидной железы, который представляет собой слияние двух предварительно обученных сверточных нейронных сетей (CNN) с разными сверточными слоями и полносвязными слоями. Во-первых, две сети, предварительно обученные с помощью базы данных ImageNet, обучались отдельно. Во-вторых, авторы объединили карты признаков, полученные с помощью обученных сверточных фильтров, операций объединения и нормализации двух CNN. Наконец, с объединенными картами признаков классификатор softmax используется для диагностики узлов щитовидной железы.

Авторы [22] предложили гибридный метод классификации узлов щитовидной железы. Однако эти системы были независимо разработаны исследовательской группой без участия клиницистов, что делает их неспособными отражать реальную клиническую ситуацию и неприменимыми для постановки клинических диагнозов. В этом исследовании в соответствии с потребностями реальной клинической практики была создана интеллектуальная система диагностики и проверена практичность платформы CNN.

Исследователи [23] стремились разработать основанную на глубоком обучении систему US CAD (dCAD) для диагностики узлов щитовидной железы и сравнить ее производительность с эффективностью системы US CAD (sCAD) на основе машины опорных векторов (SVM) и радиологов. Анализы подгрупп проводились в соответствии с уровнем опыта и отдельно для небольших узлов щитовидной железы размером 1–2 см. В итоге, dCAD показал в целом сравнимую диагностическую эффективность с радиологами и оценивал узлы щитовидной железы более эффективно, чем sCAD, без потери чувствительности.

В статье [24] авторы предложили использовать сеть глубокого обучения Inception-v3 для облегчения дифференциации РТС в клинике. После обучения на большом наборе данных фреймворк глубокого обучения Inception-v3 смог добиться отличной диагностической эффективности. Продемонстрировали, что узлы щитовидной железы размером 0,5–1,0 см, имеющие микрокальцификацию

и более высокую форму, могут быть более точно диагностированы с помощью Inception-v3.

В исследовании [25] обнаружили, что шесть сонографических признаков, включая форму, края, эхогенность, внутренний состав, наличие кальцификации и периферический ореол, были в значительной степени связаны со злокачественными узлами. Затем мы построили трехслойную модель ANN с прямой связью 6-8-1, включающую эти шесть сонографических признаков в качестве входных нейронов. В группе валидации точность, чувствительность и специфичность составили 83,1%, 83,8% и 81,8% соответственно.

Это исследование [26] продемонстрировало, что диагностическая эффективность и ненужная частота биопсии визуальных подходов с помощью ML превосходят подходы радиомики. Авторы пришли к выводу, что возможная причина этого заключается в том, что визуальная интерпретация характеристик узлов, полученная от опытных рентгенологов, имела наилучшую корреляцию со свойствами узлов по сравнению с выбранными рентгенологическими характеристиками, которые были извлечены с помощью компьютеризированных алгоритмов.

Результаты исследования [27] дополняют растущее количество доказательств, демонстрирующих потенциальные возможности глубокого обучения применительно к УЗИ щитовидной железы. Авторы показали, что система, использующая признаки изображения, извлеченные с помощью глубокой сверточной нейронной сети, может достичь точности более 99 % для бинарной задачи классификации узлов щитовидной железы на УЗ-изображениях по категориям 1 и 2 ACR TI-RADS по сравнению со всеми остальными категориями. Несмотря на то, что производительность кажется выдающейся, это относится к значительно упрощенной задаче прогнозирования меток прокси.

В статье [28] авторы предложили метод диагностики узлов щитовидной железы, основанный на глубоких нейронных сетях и улучшении изображения. Чтобы сохранить целостность данных, авторы не отказались от размытых изоб-



ражений. Следовательно, оказалось, что эффективность классификации модели классификации относительно низка в экспериментальных данных. Также авторы обнаружили, что очень сложно найти оптимальную структуру сети. Определение оптимальной структуры сети связано не только с самой сетью, но и с обрабатываемыми данными.

### ***Заключение***

Классификация злокачественных узловых образований щитовидной железы является одной из главных задач в области эндокринологии на сегодняшний день. Активное применение методов машинного обучения позволяют специалистам сэкономить время диагностики, снизить трудоемкость и уменьшить влияние субъективных факторов на диагностику. Следует также отметить, что большинство исследований в этой области относятся к последним 3-5 годам и проведены в КНР.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. The untapped potential of the thyroid axis // *The Lancet Diabetes and Endocrinology* November 01, 2013 DOI-10.1016/S2213-8587(13)70166-9 URL: [https://www.thelancet.com/journals/landia/article/PIIS2213-8587\(13\)70166-9/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/landia/article/PIIS2213-8587(13)70166-9/fulltext) (дата обращения: 15.09.2022).
2. Hongxun Wu, Zhaohong Deng, Bingjie Zhang, Qianyun Liu and Junyong Chen Classifier Model Based on Machine Learning Algorithms: Application to Differential Diagnosis of Suspicious Thyroid Nodules via Sonography // *American Journal of Roentgenology*. 2016;207: 859-864. 10.2214/AJR.15.15813 URL: <https://www.ajronline.org/doi/full/10.2214/AJR.15.15813> (дата обращения: 13.09.2022).
3. Vijay Vyas Vadhiraaj, Andrew Simpkin, James O'Connell, Naykky Singh Ospina, Spyridoula Maraka, Derek T. O'Keeffe Ultrasound Image Classification of Thyroid Nodules Using Machine Learning Techniques // *Medicina (Kaunas)*. 2021 Jun; 57(6): 527 URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8225215/> (дата обращения: 13.09.2022).
4. Shuo Wang, Jiajun Xu, Aylin Tahmasebi, Kelly Daniels, Ji-Bin Liu, Joseph Curry, Elizabeth Cottrill, Andrej Lyshchik, John R. Eisenbrey Incorporation of a Machine Learning Algorithm With Object Detection Within the Thyroid Imaging Reporting and Data System Improves the Diagnosis of Genetic Risk // *Front. Oncol.*, 12 November 2020 URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fonc.2020.591846/full> (дата обращения: 13.09.2022).
5. Wenjun Li, Siyi Cheng, Kai Qian, Keqiang Yue, Hao Liu Automatic Recognition and Classification System of Thyroid Nodules in CT Images Based on CNN // *Computational Intelligence and Neuroscience* 2021 Research Article Volume 2021 | Article ID 5540186 URL: <https://www.hindawi.com/journals/cin/2021/5540186/> (дата обращения: 13.09.2022).
6. Johnson Thomas, Tracy Haertling AIBx, artificial intelligence model to risk stratify thyroid nodules // *thy*.2019.0752 URL: <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2021.02.13.21251688v1.full> (дата обращения: 13.09.2022).

7. S Pavithra, G Yamuna, R Arunkumar Deep Learning Method for Classifying Thyroid Nodules Using Ultrasound Images // 2022 International Conference on Smart Technologies and Systems for Next Generation Computing (ICSTSN) Villupuram, India URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9761364> (дата обращения: 13.09.2022).
8. Jianning Chi, Ekta Walia, Paul Babyn, Jimmy Wang, Gary Groot, Mark Eramian Thyroid Nodule Classification in Ultrasound Images by Fine-Tuning Deep Convolutional Neural Network // Journal of Digital Imaging volume 30, pages 477–486 (2017) URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10278-017-9997-y> (дата обращения: 13.09.2022).
9. Xinyu Zhang, Vincent C. S. Lee, Jia Rong, Feng Liu, Haoyu Kong Multi-channel convolutional neural network architectures for thyroid cancer detection // PLOS ONE, January 2022 URL: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0262128> (дата обращения: 13.09.2022).
10. Sui Peng, Yihao Liu, Weiming Lv, Longzhong Liu, Qian Zhou, Hong Yang, Jie Ren, Guangjian Liu, Xiaodong Wang, Xuehua Zhang, Qiang Du, Fangxing Nie, Gao Huang, Yuchen Guo, Jie Li, Jinyu Liang, Hangtong Hu, Han Xiao, Zelong Liu, Fenghua Lai, Qiuyi Zheng, Haibo Wang, Yanbing Li, Erik K Alexander, Wei Wang, Haipeng Xiao Deep learning-based artificial intelligence model to assist thyroid nodule diagnosis and management: a multicentre diagnostic study // VOL-UME 3, ISSUE 4, E250-E259, APRIL 01, 2021 URL: [https://www.thelancet.com/journals/landig/article/PIIS2589-7500\(21\)00041-8/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/landig/article/PIIS2589-7500(21)00041-8/fulltext) (дата обращения: 13.09.2022).
11. Authors: Lei Xu, Junling Gao, Quan Wang, Jichao Yin, Pengfei Yu, Bin Bai, Ruixia Pei, Dingzhang Chen, Guochun Yang, Shiqi Wang, and Mingxi Wan Computer-Aided Diagnosis Systems in Diagnosing Malignant Thyroid Nodules on Ultrasonography: A Systematic Review and Meta-Analysis // Article Type: Systematic Review, Page Range: 186–193 URL: <https://etj.bioscientifica.com/view/journals/etj/9/4/ETJ504390.xml> (дата обращения: 13.09.2022).
12. Jiahao Xie, Lehang Guo, Chongke Zhao, Xiaolong Li, Ye Luo, Jianwei Lu A Hybrid Deep Learning and Handcrafted Features based Approach for Thyroid Nodule Classification in Ultrasound Images // Journal of Physics: Conference Series 1693 (2020) 012160 URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1693/1/012160/pdf> (дата обращения: 13.09.2022).
13. Heng Ye, Jing Hang, Xiaowei Chen, Di Xu, Jie Chen, Xinhua Ye, Dong Zhang An intelligent platform for ultrasound diagnosis of thyroid nodules // Scientific Reports | (2020) 10:13223 URL: <https://www.nature.com/articles/s41598-020-70159-y.pdf?origin=ppub> (дата обращения: 13.09.2022).
14. Wei X., Gao M., Yu R., Liu Z., Gu Q., Liu X., Zheng Z., Zheng X., Zhu J., Zhang S. Ensemble Deep Learning Model for Multicenter Classification of Thyroid Nodules on Ultrasound Images // Medical Science Monitor : International Medical Journal of Experimental and Clinical Research, 18 Jun 2020, 26:e926096 URL: <https://europepmc.org/article/pmc/pmc7325553> (дата обращения: 13.09.2022).
15. Hui Yu, Jinqiu Li, Jinglai Sun, Jie Zheng, Shuo Wang, Guangpu Wang, Yongzheng Ding, Jing Zhao, Jie Zhang Intelligent Diagnosis Algorithm for Thyroid Nodules Based on Deep Learning and Statistical Features // BSPC-D-22-00727 URL: [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=4067281](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4067281) (дата обращения: 13.09.2022).
16. Sayyad Rasheeduddin, Kurra Rajasekhar Rao Extreme Learning Machine for Thyroid Nodule Classification with Graph Cluster Ant Colony Optimization Based Feature Selection // International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE) ISSN: 2277-3878, Volume-8 Issue-2, July 2019 URL: <https://www.ijrte.org/wp-content/uploads/papers/v8i2/B2115078219.pdf> (дата обращения: 13.09.2022).
17. Dat Tien Nguyen, Jin Kyu Kang, Tuyen Danh Pham, Ganbayar Batchuluun, Kang Ryoung Park Ultrasound Image-Based Diagnosis of Malignant Thyroid Nodule Using Artificial Intelligence // Division of Electronics and Electrical Engineering, Sensors 2020, 20(7), 1822 URL: <https://www.mdpi.com/1424-8220/20/7/1822> (дата обращения: 13.09.2022).
18. Dat Tien Nguyen, Tuyen Danh Pham, Ganbayar Batchuluun, Hyo Sik Yoon, and Kang Ryoung Park Artificial Intelligence-Based Thyroid Nodule Classification Using Information from Spatial

- and Frequency Domains // *J Clin Med.* 2019 Nov; 8(11): 1976 URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6912332/> (дата обращения: 13.09.2022).
19. Xia Jianfua, Chen Huilingb, Li Qiangb, Zhou Mindac, Chen Liminc, Cai Zhennaob, Fang Yanga, Zhou Honga Ultrasound-based differentiation of malignant and benign thyroid Nodules: An extreme learning machine approach // *Computer Methods and Programs in Biomedicine* Volume 147, August 2017, Pages 37-49 URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169260716310422> (дата обращения: 13.09.2022).
20. Wenfeng Song, Shuai Li, Ji Liu, Hong Qin, Bo Zhang, Shuyang Zhang, Aimin Hao Multitask Cascade Convolution Neural Networks for Automatic Thyroid Nodule Detection and Recognition // *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics* ( Volume: 23, Issue: 3, May 2019) URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8402093/> (дата обращения: 13.09.2022).
21. Jinlian Maa, Fa Wua, Jiang Zhub, Dong Xuc, Dexing Kong A pre-trained convolutional neural network based method for thyroid nodule diagnosis // *Ultrasonics* Volume 73, January 2017, Pages 221-230 URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0041624X16301913> (дата обращения: 13.09.2022).
22. Lei Wang, Shujian Yang, Shan Yang, Cheng Zhao, Guangye Tian, Yuxiu Gao, Yongjian Chen, Yun Lu Automatic thyroid nodule recognition and diagnosis in ultrasound imaging with the YOLOv2 neural network // *World Journal of Surgical Oncology* volume 17, Article number: 12 (2019) URL: <https://wjso.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12957-019-1558-z> (дата обращения: 13.09.2022).
23. Vivian Y. Park, Kyunghwa Han, Yeong Kyeong Seong, Moon Ho Park, Eun-Kyung Kim, Hee Jung Moon, Jung Hyun Yoon, Jin Young Kwak Diagnosis of Thyroid Nodules: Performance of a Deep Learning Convolutional Neural Network Model vs. Radiologists // *Scientific Reports* volume 9, Article number: 17843 (2019) URL: <https://www.nature.com/articles/s41598-019-54434-1> (дата обращения: 13.09.2022).
24. Qing Guan, Yunjun Wang, Jiajun Du, Yu Qin, Hongtao Lu, Jun Xiang, Fen Wang Deep learning based classification of ultrasound images for thyroid nodules: a large scale of pilot study // *Ann Transl Med.* 2019 Apr; 7(7): 137 URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6511554/> (дата обращения: 13.09.2022).
25. Lu-Cheng Zhu , Yun-Liang Ye, Wen-Hua Luo, Meng Su, Hang-Ping Wei, Xue-Bang Zhang, Juan Wei, Chang-Lin Zou A Model to Discriminate Malignant from Benign Thyroid Nodules Using Artificial Neural Network // *PLOS ONE*, December 2013, Pubmed ID 24358156 URL: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0082211> (дата обращения: 13.09.2022).
26. Chong-Ke Zhao, Tian-Tian Ren, Yi-Fei Yin, Hui Shi, Han-Xiang Wang, Bo-Yang Zhou, Xin-Rong Wang, Xin Li, Yi-Feng Zhang, Chang Liu, Hui-Xiong Xu A Comparative Analysis of Two Machine Learning-Based Diagnostic Patterns with Thyroid Imaging Reporting and Data System for Thyroid Nodules: Diagnostic Performance and Unnecessary Biopsy Rate // Volume: 31 Issue 3: March 12, 2021, p470-481 URL: <https://www.liebertpub.com/doi/full/10.1089/thy.2020.0305> (дата обращения: 13.09.2022).
27. Mateusz Buda , Benjamin Wildman-Tobriner, Jenny K. Hoang, David Thayer, Franklin N. Tessler, William D. Middleton, Maciej A. Mazurowski Management of Thyroid Nodules Seen on US Images: Deep Learning May Match Performance of Radiologists // ISSN (print): 0033-8419 | ISSN (online): 1527-1315 *Radiology*, Vol. 292, No. 3 URL: <https://pubs.rsna.org/doi/full/10.1148/radiol.2019181343> (дата обращения: 13.09.2022).
28. Xuesi Ma, Lina Zhang Diagnosis of Thyroid Nodules Based on Image Enhancement and Deep Neural Networks // *Computational Intelligence and Neuroscience*, Volume 2022 | Article ID 5582029 URL: <https://www.hindawi.com/journals/cin/2022/5582029/> (дата обращения: 13.09.2022).

УДК 004.891.3

А. Р. ЯХИН

*ozikmans@mail.ru*

Науч. руковод. – д-р техн. наук, проф. А. В. ВОРОБЬЕВ

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ НОВОГО МЕТОДА ДИАГНОСТИКИ БОЛЕЗНИ ПАРКИНСОНА НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА**

*Аннотация.* В статье рассмотрены методы диагностики болезни Паркинсона и дается оценка эффективности новой модели искусственного интеллекта, которая может обнаруживать болезнь Паркинсона по характеру дыхания.

*Ключевые слова:* болезнь Паркинсона, искусственный интеллект, диагностика.

Болезнь Паркинсона – наиболее частая, после болезни Альцгеймера, форма нейродегенеративных расстройств. По данным исследовательской статьи «Болезнь Паркинсона в России: распространенность и заболеваемость», численность заболевших в России оценивается в 210 тыс. человек и уже сегодня ею болеет каждый десятый человек до 50 лет и каждый двадцатый до 40 лет. Встречаясь повсеместно, болезнь неминуемо инвалидизирует пациентов, значительно снижая качество жизни не только самого больного, но и его близких, повышает экономическую нагрузку в семьях.

Доктор медицинских наук Е.А. Катулина в исследовании «Методы диагностики болезни Паркинсона на ранних стадиях» отмечает, что несмотря на достаточную изученность болезни, его диагностика часто бывает запоздалой, поскольку наиболее ярко она проявляется только через несколько лет после начала заболевания, в двигательных симптомах, таких как тремор, скованность и медлительность. Так, анализ обращаемости пациентов в одном из округов Москвы показал, что большинство больных впервые обратились за медицинской помощью в период, когда имелись уже достаточно выраженные проявления заболевания.

Второй важнейший фактор несвоевременной диагностики — несовершенство диагностических критериев. На сегодняшний день диагноз болезни

Паркинсона основывается исключительно на клинической картине заболевания. Для постановки диагноза болезни используются критерии Общества Болезни Паркинсона Великобритании, однако их использование дает не более 76% правильных диагнозов болезни.

Поэтому встает вопрос о поиске дополнительных общедоступных методов, способных повысить точность диагностики. На протяжении многих лет исследователи изучали потенциал обнаружения болезни Паркинсона с помощью спинномозговой жидкости и нейровизуализации, но такие методы оказались неэффективными, дорогостоящими и требующими доступа в специализированные медицинские центры, что делает их непригодными для частого использования, чтобы обеспечить раннюю диагностику или постоянное отслеживание прогрессирования болезни.

Эту проблему решили ученые Массачусетского технологического института. В исследовании «Обнаружение и оценка болезни Паркинсона с помощью искусственного интеллекта с использованием сигналов ночного дыхания» команда исследователей клиники Массачусетского технологического института разработали модель искусственного интеллекта, которая может обнаруживать болезнь Паркинсона по дыханию человека.

Инструмент представляет собой нейронную сеть, серию взаимосвязанных алгоритмов, имитирующих работу человеческого мозга и способных оценивать, есть ли у кого-то болезнь Паркинсона, по ночному дыханию, т. е. по характеру дыхания, возникающему во время сна. Нейронная сеть, способна также определять тяжесть болезни и отслеживать прогрессирование заболевания с течением времени.

В своем исследовании, ученые продемонстрировали, что диагностику болезни Паркинсона с помощью искусственного интеллекта можно проводить каждую ночь дома, пока человек спит и не прикасается к своему телу. Для этого команда разработала устройство, похожее на домашний WiFi-роутер, но вместо предоставления доступа в Интернет устройство излучает радиосигналы, анализирует их отражение от окружающей среды и определяет модель дыхания

человека. Затем сигнал дыхания передается в нейронную сеть для пассивной оценки болезни Паркинсона.

Модель была протестирована на 7 671 человек, из нескольких больниц. По результатам исследования, точность выявления болезни Паркинсона с использованием устройства на протяжении одной ночи, для пациентов до 5 лет составила – 86,5%, от 5 до 10 лет – 89,4% и более 10 лет – 93,9%. Точность обнаружения увеличивается до 100 % для всех трех групп при использовании устройства на протяжении месяца.

Эти результаты показывают, что новый подход к диагностике болезни при помощи устройства с моделью ИИ может существенно снизить стоимость и продолжительность диагностики болезни Паркинсона и, следовательно, облегчить процедуру профилактики болезни на ранних стадиях, т.к. устройство, внешне напоминающее WiFi-маршрутизатор, использует нейронную сеть, чтобы определить наличие и тяжесть одного из самых быстрорастущих неврологических заболеваний в мире. А благодаря доступности используемых данных и кода, может быть воссоздана медицинскими учреждениями и развернута в домах как пациентов с болезнью Паркинсона, чтобы пассивно отслеживать их состояние, так и лиц с высоким риском развития болезни, например, при наличии генетических мутаций.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А. В. Воробьев, В. А. Пилипенко, Т. А. Еникеев, Г. Р. Воробьева, О.И. Христовуло. Система динамической визуализации геомагнитных возмущений по данным наземных магнитных станций (2021). Научная визуализация 13.1: 162 - 176, DOI: 10.26583/sv.13.1.11
2. А.В. Воробьев, В.А. Пилипенко, А.Г. Решетников, Г.Р. Воробьева, М.Д. Белов. Веб-ориентированная визуализация геофизических параметров в области аврорального овала (2020). Научная визуализация 12.3: 108 - 118, DOI: 10.26583/sv.12.3.10
3. Катунина Е.А., Титова Н.В., Авакян Г.Н. Методы диагностики болезни Паркинсона на ранних стадиях. Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2010;110(12):112- 118.
4. Раздорская В.В., Воскресенская, О.Н. Юдина Г.К. Болезнь Паркинсона в России: распространенность и заболеваемость. – 2016
5. Ян Ю., Юань Ю., Чжан Г. и соавт. Обнаружение и оценка болезни Паркинсона с помощью искусственного интеллекта с использованием сигналов ночного дыхания. Нац Мед (2022). <https://doi.org/10.1038/s41591-022-01932-x>

## СЕКЦИЯ 5.4 ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ

УДК 004.9

В. С. АИТБАЕВ, А. А. МЕЧКАЕВ, В. О. ИВАНКО

*vadimaitbaev@gmail.com*

Науч. руковод. – д-р техн. наук, доц. А. М. ВУЛЬФИН

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

### МЕТОДОЛОГИИ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ

**Аннотация.** В статье представлены результаты исследования в области использования методологий управления проектами в it-компаниях.

**Ключевые слова:** управление проектами, организация рабочих процессов, методологии, информационная система.

В современном цифровом мире управление проектами является одной из важнейших задач при создании новых продуктов. Методологии разработки и инструменты для эффективного их применения являются перспективными решениями для грамотного управления проектами, минимизации затрат и сокращения времени создания готовых проектов.

В статье исследуются и анализируются различные инструменты и методологии, позволяющие эффективно управлять и отслеживать задачи, которые возникают при работе над проектами.

Крупные компании с тысячами сотрудников и маленькие стартап-проекты должны уметь решать большое количество задач и проблем, возникающих во время производства, среди которых:

1) постоянное увеличение эффективности и результативности бизнес-процессов для поддержания способности конкурировать на постоянно растущем рынке;

2) постоянное повышение качества своего продукта и удовлетворение потребителей, а также других сторон, которые могут быть в этом заинтересованы;

3) совершенствование процессов менеджмента, решения и постановки задач;

4) упрощение организационной структуры команд разработки проектов, для более быстрого и эффективного решения задач. Устранение несогласованности действий сотрудниками команд;

Неправильное понимание сотрудниками задач и неэффективное управление ресурсами может привести к тому что снизятся темпы разработки проекта и поставленные задачи будут выполнены не в требуемый срок. Задачи, время на решение которых истекло, могут накапливаться и расти, как снежный ком [1].

В настоящее время существуют различные подходы к управлению проектами, имеющих свои плюсы и минусы. За время существования управления проектами, было создано достаточное количество методик и стандартов, позволяющих эффективно управлять разработкой.

Разработанные подходы имеют различные особенности и отличаются друг от друга, Подходы можно разделить на три категории:

- 1) традиционные;
- 2) бережливые;
- 3) гибкие.

Традиционный подход используется, когда необходимо ограничить проект четкими границами, задачами и целями, а также решить задачи определения содержания проекта, определить последовательности и продолжительности этапов и выполнять контроль производительности. Традиционный подход характеризуется четким выполнением задач по предварительному разработанному плану. В число традиционных подходов входят поточный метод, СРМ, метод критической цели, PRINCE2. Данный метод не использует итеративный подход к проекту, но более четко имеет более детальную и строгую структуру команды проекта.

Бережливый подход к управлению проектами дает возможность обеспечить минимизировать потери, повысить производительность работ, контролировать и предсказывать время выполнения проекта.



Одним из методов бережливого подхода является метод Lean. Эта концепция управления бизнес процессами, которая направлена на постоянное устранение и минимизацию всех видов потерь. Изначально данный метод применялся на автомобильных заводах, но с течением времени был адаптирован под разные виды деятельности. Подход метода Lean заключается в том, что необходимо устранить действия, которые не улучшают и не добавляют проекту ценности на всем его жизненном цикле.

Гибкий подход направлен на эффективную адаптацию к изменениям. Данный подход ориентирован на использование интерактивной разработки и динамическое формирование задач и требований, а также обеспечение их выполнений внутри рабочих групп. Существует несколько методологий гибкой разработки, такие как DSDM, AGILE. Одним из самых популярных и наиболее используемым методом являются и AGILE и его производные.

Agile – это группа различных методик для реализации гибкого процесса управления проектами в командах разработки [3]. При использовании данного метода работа разбивается на короткие временные промежутки, которых называют спринтами или итерациями. Во время каждого забега разные команды создают различные части итогового продукта, такие части можно проанализировать, оценить и протестировать. SCRUM (от англ. Scrum «схватка») – методология управления проектами основанная на Agile, которая чаще всего используется во время разработки программного обеспечения, в основе данной методологии постоянное и поэтапное совершенствование проекта небольшой командой специалистов разных направлений [4].

Kanban (от японск. «kan» -видимый, «ban» - досочка) – это одна из гибких методологий Agile, которая в настоящее время имеет большую популярность и применяется для взаимодействия проектных команд, в большом количестве сфер, начиная от автомобильных заводов, заканчивая разработкой программного обеспечения в IT-компаниях. Канбан – это методология ведения, управления и организации проектов, которая представляет собой набор ин-

струментов и шаблонов взаимодействия. Во время работы по Kanban, процессы разбиваются на различные этапы и на каждом из них определяются ограничения по объему или количеству задач, в зависимости от их типа [5]. Такой подход обеспечивает поточное прохождение процесса, без остановки работы на каких-либо участках проекта, а участники команд имеют возможность наглядно увидеть и понять на каком этапе работы они сейчас находятся.

Проведем сравнение 3 приведенных методологий, результат сравнения представлен в таблице 1.

Таблица 1

Сравнение Kanban, Scrum и PRINCE2

Параметр сравнения	Scrum	Kanban	PRINCE2
Задачи	Создаются заранее	Могут изменяться на любом этапе	Создаются заранее
Команды	Несвязанные элементы проекта	Сплоченные коллективы	Разрозненные элементы
Роли	Обязательны	Можно определить, но не обязательны	Обязательны
Ограничения	Нет ограничений за 1 спринт	Выполнение задач в промежутки времени	Бюджет, риски, выгода, время
Этапы	Есть обязательные и не обязательные	Нет обязательных этапов	7 фиксированных этапов проекта
Внедрение	Сложное	Простое	Сложное

Таким образом, использование Kanban-метода для организации рабочих процессов наиболее эффективно для небольших компаний и it-стартапов, так как его гибкость, удобство и легкость внедрения позволяют использовать метод как в больших компаниях, так и в маленьких командах. Kanban метод легко адаптируется под разные сферы деятельности и позволяет организовывать рабочий процесс без коренных изменений в компании.

Scrum подход является очень гибким и позволяет эффективно разрабатывать новые продукты, в условиях, когда сложно представить конечный результат или рынок часто меняется. Scrum позволяет постепенно выполнять цели и в

течении всего выполнения проекта контролировать результативность проделанной работы.

PRINCE2 метод не использует итеративный подход к проекту, но более имеет более детальную и строгую структуру команды проекта, что быстро адаптируется на различные крупные структуры, такие как государственные компании.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Что такое управление проектами? [Электронный ресурс] // <https://www.atlassian.com> компания Atlassian. – Режим доступа: <https://www.atlassian.com/ru/work-management/project-management/>
2. What is PRINCE2? [Электронный ресурс] // <https://prince2.wiki/> интернет-энциклопедия. – Режим доступа: <https://prince2.wiki/extras/what-is-prince2/>
3. What is Agile? [Электронный ресурс] // <https://www.agilealliance.org/> компания Agilealliance. – Режим доступа: <https://www.agilealliance.org/agile101/>
4. Scrum guide [Электронный ресурс] // <https://www.agile-academy.com/> образовательная платформа. – Режим доступа: <https://www.agile-academy.com/en/foundations/scrum-guide/>
5. Канбан: принципы и преимущества [Электронный ресурс] // <https://sendpulse.com/> платформа для маркетинга и продаж. – Режим доступа: <https://sendpulse.com/ru/support/glossary/kanban>

УДК 004

Д.С. АЛЕКСЕЕВА

*ads.stat@mail.ru*

Науч. руковод. – д-р техн. наук, проф. В. В. АНТОНОВ

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **ОБЗОР ЮРИДИЧЕСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ СРЕДСТВ КРИПТОГРАФИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ**

*Аннотация.* В статье рассматриваются правовые акты, касающиеся средств криптографической защиты. Приведено их краткое описание. Проведен анализ применения актов.

*Ключевые слова:* криптография; СКЗИ; правовые акты.

Термин «криптография» греческого происхождения. В переводе означает тайнопись.

Средства криптографической защиты преобразовывают информацию, представленную в виде открытого набора символов. Сам процесс преобразования называют шифрованием, обратный – дешифрование. Оба действия осуществляются с помощью ключей.

Корни развития криптографии уходят в глубокую древность. Для того чтобы задать исторические рамки развития данного направления защиты информации можно использовать технологические характеристики методов шифрования. Таким образом:

- первый период – замена символов текста другими символами;
- второй период – использование некоторых правил для шифрования символа исходного набора;
- третий период – внедрение в использование правил электромеханических устройств;
- четвертый период – переход к математическому определению информации;
- пятый период (текущий) – криптографические системы с открытым ключом.

Правовое регулирование использования криптографии и создания криптографических средств защиты информации отличается в разных странах.

Информационная правовая система «Кодекс» предоставляет к ознакомлению порядка 725 документов, содержащих в тексте и названии ключевое слово «криптография», среди которых 118 правовых актов. Из них следует выделить:

– Приказ ФСБ РФ от 9 февраля 2005 г. N 66 «Об утверждении Положения о разработке, производстве, реализации и эксплуатации шифровальных (криптографических) средств защиты информации (Положение ПКЗ-2005)»;

– Постановление Правительства Российской Федерации от 16 апреля 2012 г. N 313 г. Москва «Об утверждении Положения о лицензировании деятельности по разработке, производству, распространению шифровальных (криптографических) средств, информационных систем и телекоммуникационных систем, защищенных с использованием шифровальных (криптографических) средств, выполнению работ, оказанию услуг в области шифрования информации, техническому обслуживанию шифровальных (криптографических) средств, информационных систем и телекоммуникационных систем, защищенных с использованием шифровальных (криптографических) средств (за исключением случая, если техническое обслуживание шифровальных (криптографических) средств, информационных систем и телекоммуникационных систем, защищенных с использованием шифровальных (криптографических) средств, осуществляется для обеспечения собственных нужд юридического лица или индивидуального предпринимателя)»;

– Приказ ФАС России от 16.07.2020 N 658/20 «Об обращении со средствами криптографической защиты информации», выпущенный в целях исполнения требований «Инструкции об организации и обеспечении безопасности хранения, обработки и передачи по каналам связи с использованием средств криптографической защиты информации с ограниченным доступом, не содержащей сведений составляющих государственную тайну».

Каждый из вышепредставленных документов в той или иной мере регламентирует работу со средствами криптографической защиты.

Приказ ФСБ РФ от 9 февраля 2005 г. N 66 регулирует отношения, возникающие при разработке, производстве, реализации и эксплуатации криптографических средств защиты информации с ограниченным доступом, не содержащей сведений, составляющих государственную тайну.

В соответствии с данным приказом разработка СКЗИ может осуществляться частным лицом в интересах негосударственного предприятия, а также допускается проведение исследований возможности создания нового образца СКЗИ в рамках составной части научно – исследовательской работы.

Постановление Правительства Российской Федерации от 16 апреля 2012 г. N 313 приводит перечень работ и услуг, составляющих лицензируемую деятельность, в отношении криптографических средств. На основании этого положения иностранные юридические лица не могут выступать лицензиатами СКЗИ. В связке с данным постановлением выступает приказ ФСТЭК России от 17 июля 2017 г. N 133 «Об утверждении Административного регламента Федеральной службы по техническому и экспортному контролю по предоставлению государственной услуги по лицензированию деятельности по разработке и производству средств защиты конфиденциальной информации».

В соответствии с этими правовыми актами создан реестр ФСТЭК лицензий на деятельность по разработке и производству средств защиты конфиденциальной информации. На 13.09.2022 организаций, зарегистрированных на территории города Уфа, в данном реестре порядка 31 (рисунок 1).



Реестр лицензий на деятельность по технической защите конфиденциальной информации

Получение выписки из реестра лицензий через ЕПГУ

Обновлено: 09 сентября 2022 г. 16:15 Просмотры: 567441

Постановление Правительства Российской Федерации от 3 февраля 2012 г. N 79 "О лицензировании деятельности по технической защите конфиденциальной информации"

Приказ ФСТЭК России от 17 июля 2017 г. N 134

"Об утверждении Административного регламента Федеральной службы по техническому и экспортному контролю по предоставлению государственной услуги по лицензированию деятельности по технической защите конфиденциальной информации"

ODS Скачать реестр 349 КБ 4645

CSV Скачать реестр 1 МБ 3031

Искать в реестре:

Отображать Все записей

Регистрационный номер лицензии	Дата предоставления лицензии	Срок действия лицензии	Полное (сокращенное) наименование лицензиата	ОГРН или ОГРИП лицензиата	ИНН лицензиата	Адрес места нахождения или места жительства лицензиата	Адрес(а) мест(а) осуществления лицензируемого вида деятельности	Виды работ, услуг** по лицензируемому виду деятельности	Номер и дата приказа о предоставлении, переоформлении, прекращении лицензии	Статус
1024-00107-00/00258534	30.11.2012	Бессрочно	Общество с ограниченной ответственностью "Баштелеинформ" (ООО "Баштелеинформ")	1020202868410	0276063625	426008, Удмуртская Республика, г. Ижевск, ул. Карла Маркса, д. 219А, оф.210	450096, Уфа, ул. Комсомольская, д.122 Б	а, б, г, д, е	99-п от 11.05.2022	Действующая
1024-00107-00/00395650	11.06.2019	Бессрочно	Общество с ограниченной ответственностью "Научно-технический центр "ЭНЕРГОАВТОМАТИЗАЦИЯ" (ООО "НТЦ "ЭНЕРГОАВТОМАТИЗАЦИЯ")	1167847083590	7801300320	450096, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Шафиева, 44	450005, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Шафиева, д. 44	д1, е6	139-п от 02.06.2022	Действующая
1024-00107-00/00496760	03.08.2009	Бессрочно	Акционерное общество "Газпромбанк" (АО "Банк ГПБ")	1027700167110	7744001497	117420, г. Москва, ул. Наметькина, д. 16, корп. 1	117418, г. Москва, ул. Новочеремушкинская, д. 63 (б, в, д, е); 660041, г. Красноярск, ул. Академика Киренского, д. 87 Б (б, е4, е5, е6); 630001, г. Владивосток, ул. Светланская, д. 109а (б, е4, е5, е6); 630105, г. Новосибирск, ул. Кавалерийская, д. 2 (б, е4, е5, е6); 614007, Пермский край, г. Пермь, Свердловский район, ул. Максима Горького, д. 77а (б, е4, е5, е6); 443010, г. Самара, ул. Льва Толстого, д. 30 (б, е4, е5, е6); 603000, г. Нижний Новгород, ул. Максима Горького, д. 65Б (б, е4, е5, е6); 191124, г. Санкт-Петербург, ул. Лафоновская, д. 3, лит. А (б, е4, е5, е6); 355029, Ставропольский край, г. Ставрополь, ул. Ленина, д. 4296 (б, е4, е5, е6); 300026, Тульская область, г. Тула, проспект Ленина, д. 106 (б, е4, е5, е6); 620075, г. Екатеринбург, ул. Луначарского, д. 134-в, 394018, Воронежская обл., г. Воронеж, ул. Кирова, д. 11 (б, е4, е5, е6); 143421, Московская обл., г. о. Красногорск, территория автодорога "Балтия", 26-й км, д. 5, стр. 5/2 (б, е4, е5, е6); 350033, Краснодарский край, г. Краснодар, ул. Дмитриевская Дамба, д. 11 (б, е4, е5, е6); 420111, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Пушкина, д. 34а, от. 2, пом. № 9; 236039, Калининградская обл., г. Калининград	б, в, д, е	187-п от 11.07.2022	Действующая

Рис. 1.

Приказ ФАС России от 16.07.2020 N 658/20 и приказ ФАС России от 13.06.2001 N 152 регламентируют работу ответственных за средства криптографической защиты информации, работу пользователя с СКЗИ, и утверждают регламент обращения с СКЗИ.

Анализируя нормативно – правовые акты в области криптографической защиты информации следует сказать, что их соблюдение дает возможность разработки таких средств и их применения, как в сфере работы с персональными данными граждан, так и со специализированной информацией.

Все нормативно правовые акты применяются в обеих категориях таких средств. Для обеспечения полной безопасности информации, кроме средств шифрования, к сети электронно – вычислительного оборудования должны быть применены специальные средства защиты.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Салий В.Н. КРИПТОГРАФИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ // Учебное пособие. 2017
2. Введение в криптографию / Под общ. ред. В. В. Яценко.— 4-е изд., доп. М.: МЦНМО, 2012 — 348 с.
3. Информационная правовая система «Кодекс» // URL: <https://docs.cntd.ru/search?q=криптография&tab=0> . Дата обращения: 13.09.2022.
4. Приказ ФСБ РФ от 9 февраля 2005 г. N 66 «Об утверждении Положения о разработке, производстве, реализации и эксплуатации шифровальных (криптографических) средств защиты информации (Положение ПКЗ-2005)».
5. Положение о разработке, производстве, реализации и эксплуатации шифровальных (криптографических) средств защиты информации (Положение ПКЗ-2005).
6. Постановление Правительства Российской Федерации от 16 апреля 2012 г. N 313 г. Москва «Об утверждении Положения о лицензировании деятельности по разработке, производству, распространению шифровальных (криптографических) средств, информационных систем и телекоммуникационных систем, защищенных с использованием шифровальных (криптографических) средств, выполнению работ, оказанию услуг в области шифрования информации, техническому обслуживанию шифровальных (криптографических) средств, информационных систем и телекоммуникационных систем, защищенных с использованием шифровальных (криптографических) средств (за исключением случая, если техническое обслуживание шифровальных (криптографических) средств, информационных систем и телекоммуникационных систем, защищенных с использованием шифровальных (криптографических) средств, осуществляется для обеспечения собственных нужд юридического лица или индивидуального предпринимателя)».
7. Приказ ФАС России от 16.07.2020 N 658/20 «Об обращении со средствами криптографической защиты информации».
8. Реестр лицензий на деятельность по разработке и производству средств защиты конфиденциальной информации // URL: <https://reestr.fstec.ru/reestr-litsenzij-szki> Дата обращения: 13.09.2022



УДК 004

А. Д. АРСЛАНОВА  
*arslanova350@yandex.ru*

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. В. Е. КЛАДОВ

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **БЕЗОПАСНОСТЬ ОБЪЕКТОВ КРИТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ**

*Аннотация.* В данной статье рассмотрены общие проблемы, возникающие при импортозамещении компонентов объектов КИИ, а также решение российских производителей по обеспечению безопасности объектов критической информационной инфраструктуры.

*Ключевые слова:* объекты КИИ, субъекты КИИ, кибератаки на объекты КИИ, нормативно-правовые акты по объектам КИИ, проблемы, возникающие при импортозамещении объектов КИИ, безопасность объектов КИИ.

В связи с тем, что в каждой сфере КИИ задействовано свое ПО, оборудование, компоненты, которые также могут различаться от организации к организации. Поэтому в данной статье будут рассмотрены общие проблемы, с которыми сталкиваются субъекты КИИ при импортозамещении компонентов объектов КИИ, а также будет рассмотрено обеспечение безопасности на объектах КИИ.

### *Актуальность проблемы*

Условием построения эффективной цифровой экономики является обеспечение надежной и безопасной работы промышленных предприятий, организаций, информационно-телекоммуникационных систем.

За последний год существенно возросли кибератаки на объекты КИИ. По данным сайта Positive Technologies кибератаки в I квартале 2022 года увеличились на 14,8% по сравнению с IV кварталом 2021 года, во втором квартале 2022 года количество атак почти не изменилось, и осталось так же на высоком уровне, что показано на рисунке 1.

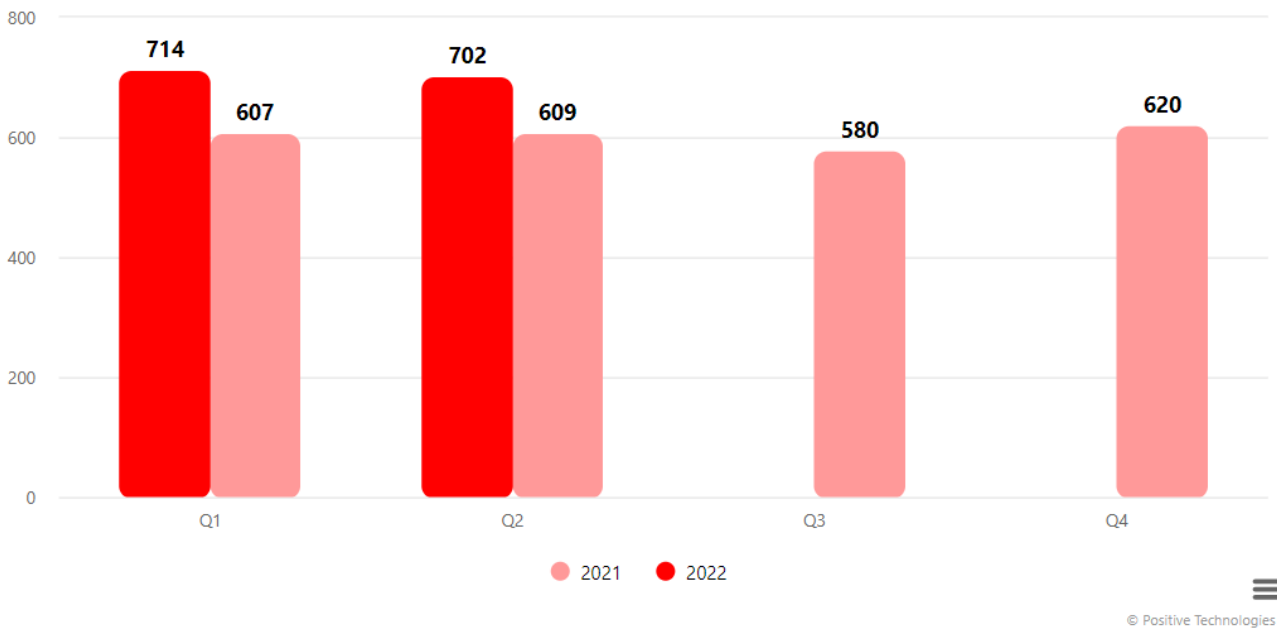


Рис. 1. Количество кибератак за последний год

Где чаще всего атакам подвергались госорганы, здравоохранение, промышленные предприятия. Это показано на рисунке 2.

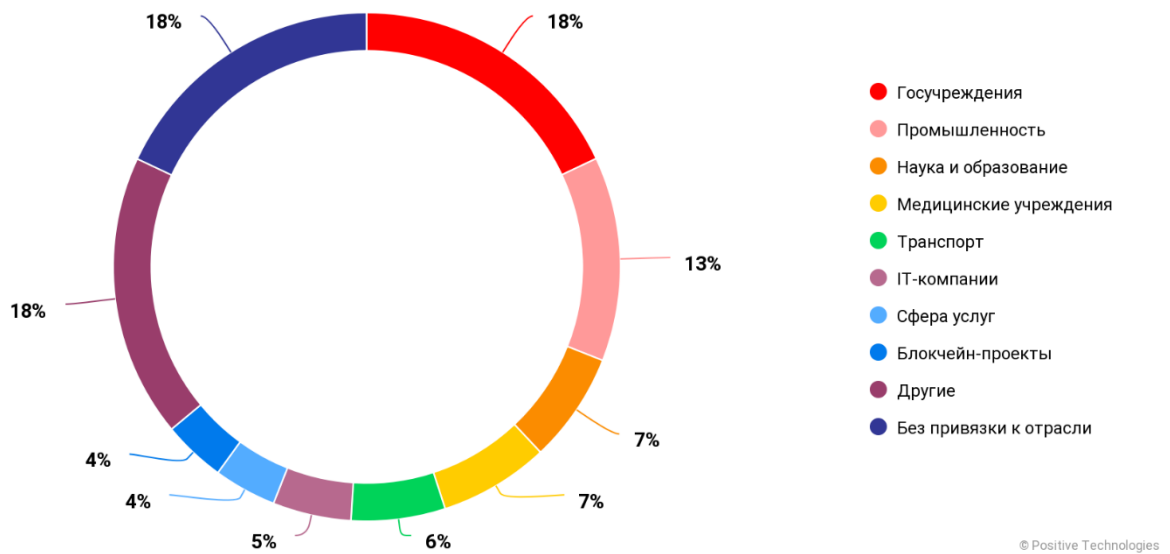


Рис. 2. Категории жертв среди организаций

Последствия таких атак отображены на рисунке 3. Где красным цветом выделены последствия на организации, а розовым – последствия на частные лица.

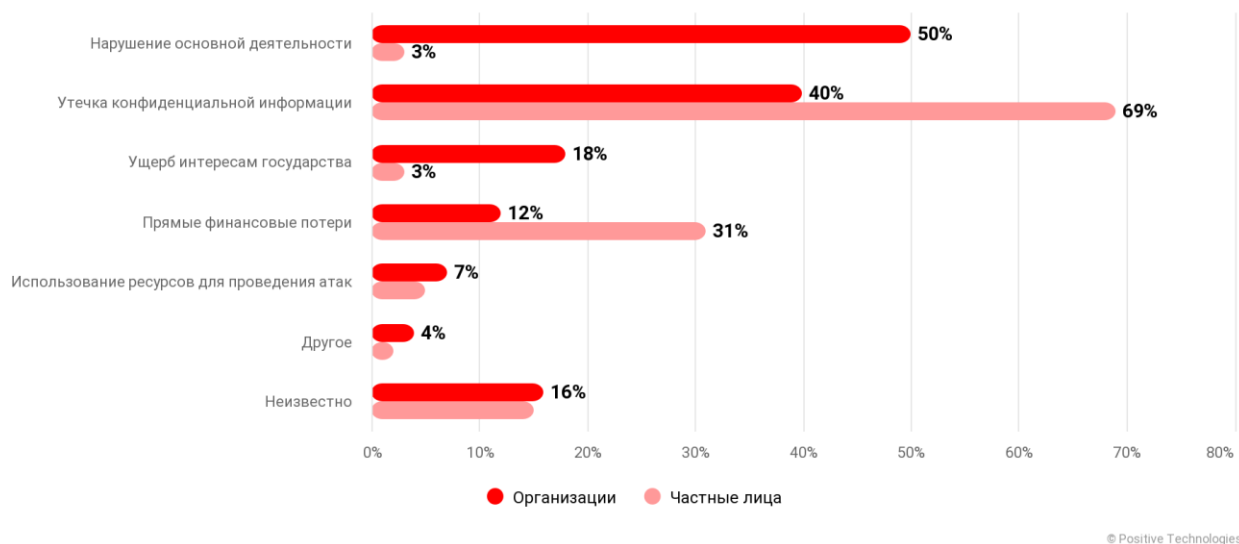


Рис. 3. Последствия атак

Как мы наблюдаем из графиков, атаки наносят целенаправленный характер конкретно на приостановку или нарушение основной деятельности организаций, так же происходит утечка конфиденциальной информации и ущерб интересам государства.

Данные серьезные последствия были вызваны тем, что наблюдались масштабные DDoS-атаки, организации теряли прибыль в простоях, вызванных недоступностью сетевой инфраструктуры, а их клиенты не могли получить доступ к предоставляемым сервисам\*. Это показано на рисунке 4.

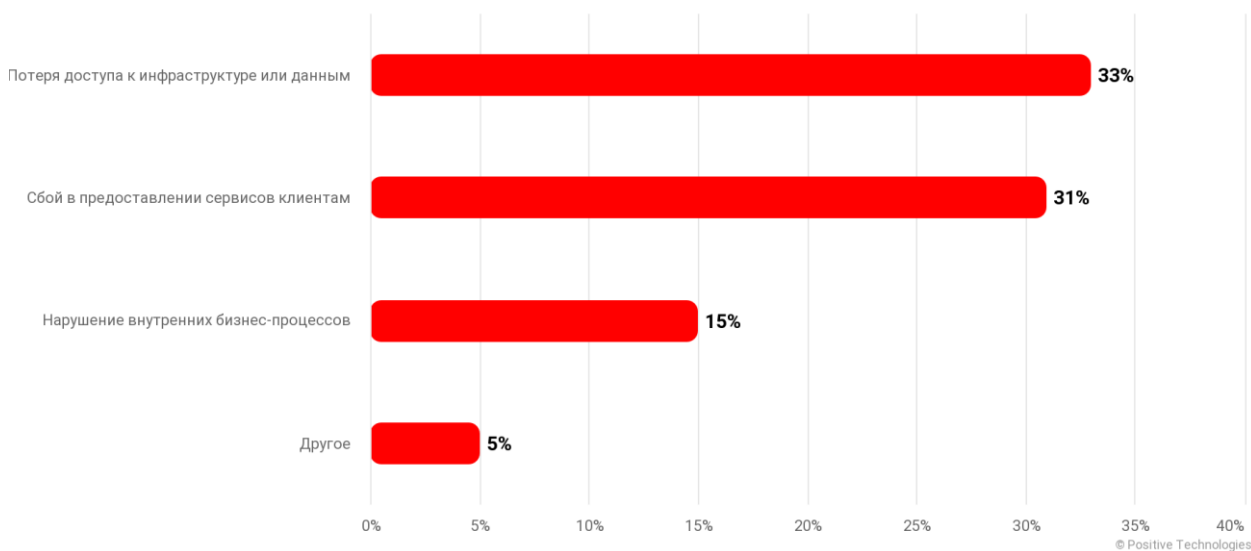


Рис. 4. Последствия атак, приводящие к нарушению основной деятельности организаций (доля от общего числа атак)

\* Исследования // Positive Technologies // URL: <https://www.ptsecurity.com/ru-ru/research/analytics/cybersecurity-threatscape-2022-q2/#id3>

Закон №187 "О безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации" существует четыре года, за этот срок субъекты КИИ должны были создать свою систему безопасности на объектах критической информационной инфраструктуры.

Сразу введем два понятия: субъекты и объекты КИИ. В соответствии с Федеральным законом "О безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации" от 26.07.2017 N 187-ФЗ:

– Объекты критической информационной инфраструктуры - информационные системы, информационно-телекоммуникационные сети, автоматизированные системы управления субъектов критической информационной инфраструктуры.

– Субъекты критической информационной инфраструктуры - государственные органы, государственные учреждения, российские юридические лица и (или) индивидуальные предприниматели, которым на праве собственности, аренды или на ином законном основании принадлежат информационные системы, информационно-телекоммуникационные сети, автоматизированные системы управления\*

Таким образом, субъект КИИ – это организация, в которой существует объект КИИ, а объект КИИ – это та система (информационная система, АСУ), которые могут быть подвержены кибератакам.

Но постоянно появляются новые субъекты и объекты КИИ, вместе с ними возникают новые вопросы о методике построения системы защиты и ее совершенствовании. Также в 2022 году вступил в силу ряд новых НПА, оказывающих влияние на защиту КИИ.

### ***Что относится к объектам КИИ***

Определение понятиям субъекты КИИ и объекты КИИ мы дали. Но что можно считать объектом критической информационной инфраструктуры?

---

\* Из Федерального закона от 26.07.2017 N 187-ФЗ "О безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации"

Ключевым условием отнесения системы к КИИ является ее использование государственным органом или учреждением, либо российской компанией в следующих сферах:\*



Рис. 5. Объекты КИИ



Рис. 6. Общая картина КИИ

### ***Нормативно-правовые акты, касающиеся объектов критической информационной инфраструктуры***

В связи с ускорением процесса импортозамещения весной 2022 год было издано два указа Президента РФ:

\* Статья // rtmtech.ru // URL: <https://rtmtech.ru/articles/kriticheskaya-informatsionnaya-infrastruktura-2019/>

1. Указ Президента РФ № 166 от 30.03.2022 г. "О мерах по обеспечению технологической независимости и безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации".

2. Указ Президента РФ № 250 от 01.05.2022 г. "О дополнительных мерах по обеспечению информационной безопасности Российской Федерации".

Что важного для субъекта КИИ содержат данные указы? В соответствии с ними с 1 января 2025 г.:

1. Органам государственной власти и компаниям с госучастием запрещается использовать иностранное программное обеспечение на принадлежащих им значимых объектах КИИ.

2. Субъектам КИИ запрещается использовать средства защиты информации, странами происхождения которых являются иностранные государства, совершающие недружественные действия в отношении Российской Федерации, российских юридических и физических лиц, либо производителями которых являются организации, подконтрольные таким государствам (аффилированные с ними).

### ***Проблемы, возникающие при импортозамещении.***

Рассмотрим обязанности субъекта КИИ при переходе:

а) необходимо провести полный аудит КИИ и указать его характеристики и показатели;

б) провести анализ наличия аналогов используемого иностранного ПО и/или оборудования, текущих сроков амортизации используемого субъектом КИИ оборудования и срока действия прав на использование ПО в отношении используемого ПО и/или оборудования;

в) направить на согласование перечень используемого и/или планируемого к использованию иностранного ПО и/или оборудования с кратким обоснованием предъявляемых требований в Минцифры России или в Банк России;

г) при наличии (в случае необходимости) согласования Минцифры России, Минпромторга России и/или Банка России определить перечень потенциального российского ПО и оборудования для дальнейшего перехода на его преимущественное использование в своей деятельности;

д) с учетом сроков перехода на преимущественное использование российского ПО и оборудования, установленных проектом Указа, в течение 180 дней с момента принятия проекта акта подготовить и утвердить план перехода на преимущественное использование российского ПО и оборудования;

е) в течение 30 рабочих дней с момента утверждения направить копию такого плана в Минцифры России, Минпромторг России, Банк России при необходимости.

В пункте б) возникает вопрос о том, как определить подходит ли нам российский аналог? Ведь данный вопрос решается тестированием продукта, для чего требуется остановка технологического процесса, либо создание нового объекта и введение его в эксплуатацию, что стоит больших временных потерь.

Так же возникают трудности с тем, что многих российских аналогов в части прикладного ПО АСУ попросту может не существовать.

К проблемам импортозамещения можно отнести также финансовую составляющую данного вопроса, так как на фоне малой конкурентности могут расти цены отечественных аналогов.

Кроме того, возникает проблема комплектующих (Сервера, процессоры, модемы, коммутаторы, маршрутизаторы) для российского производства, которые ввозятся из-за рубежа. А также интеграция между сервисами и технологиями.

### ***Некоторые решения российских производителей по обеспечению безопасности объектов критической информационной инфраструктуры***

Такое решение представляет компания Positive Technologies. Их решения помогают реализовывать меры защиты значимых объектов КИИ, обеспечить

функционирование системы безопасности и взаимодействовать с ГосСОПКА (государственная система обнаружения, предупреждения и ликвидации последствий компьютерных атак, направленных на информационные ресурсы Российской Федерации.).

### ***Выявление атак на ранней стадии и в ретроспективе.***

Решение позволяет выстроить эффективную систему выявления и предотвращения целевых атак за счет оперативного выявления признаков атак как на периметре, так и в инфраструктуре, ретроспективного анализа\* и постоянного расширения знаний о способах детектирования угроз, передаваемых экспертами в продукты.

Конкретное решение помогает создавать иерархическую систему безопасности для централизованного мониторинга и управления ИБ.

В состав решения входят:

1. MaxPatrol 8 система контроля защищенности и соответствия стандартам. Используется для оценки защищенности IT-инфраструктуры, позволяет получить объективную оценку эффективности процессов ИБ, а также обеспечить выполнение требований стандартов;

2. MaxPatrol SIEM – система мониторинга событий информационной безопасности;

3. PT Network Attack Discovery – система глубокого анализа сетевого трафика для выявления и расследования атак. Обнаруживает атаки в реальном времени и в ретроспективе;

4. PT MultiScanner – многопоточная система защиты от вредоносного ПО с «песочницей»;

---

\* Ретроспективный (оценочный) анализ – это анализ данных с учетом изменения во времени, начиная от текущего момента времени к какому-либо прошедшему периоду времени. Ретроспективный анализ отличается от других видов анализа тем, что при его проведении сравниваются плановые результаты с достигнутыми итогами, а также учитывается прошлый опыт, что дает возможность предприятию оптимизировать все процессы и регулировать риски в будущем.



5. PT AF – система защиты, которая обнаруживает и блокирует веб-атаки, включая атаки из списка OWASP Top 10 и классификации WASC, L7 DDoS и атаки нулевого дня;

6. PT ISIM – система непрерывного мониторинга защищенности сети АСУ ТП и обнаружения кибератак на ее компоненты;

7. PT Application Inspector – инструмент для выявления уязвимостей и ошибок в приложениях, поддерживающий процесс безопасной разработки. Необходим, если в компании используется самописное ПО или есть доступ к исходному коду веб-приложений;

8. «ПТ Ведомственный центр» – система управления инцидентами и взаимодействия с НКЦКИ (Национальный координационный центр по компьютерным инцидентам) в двустороннем формате.

На рисунке 7 представлена архитектура решения.

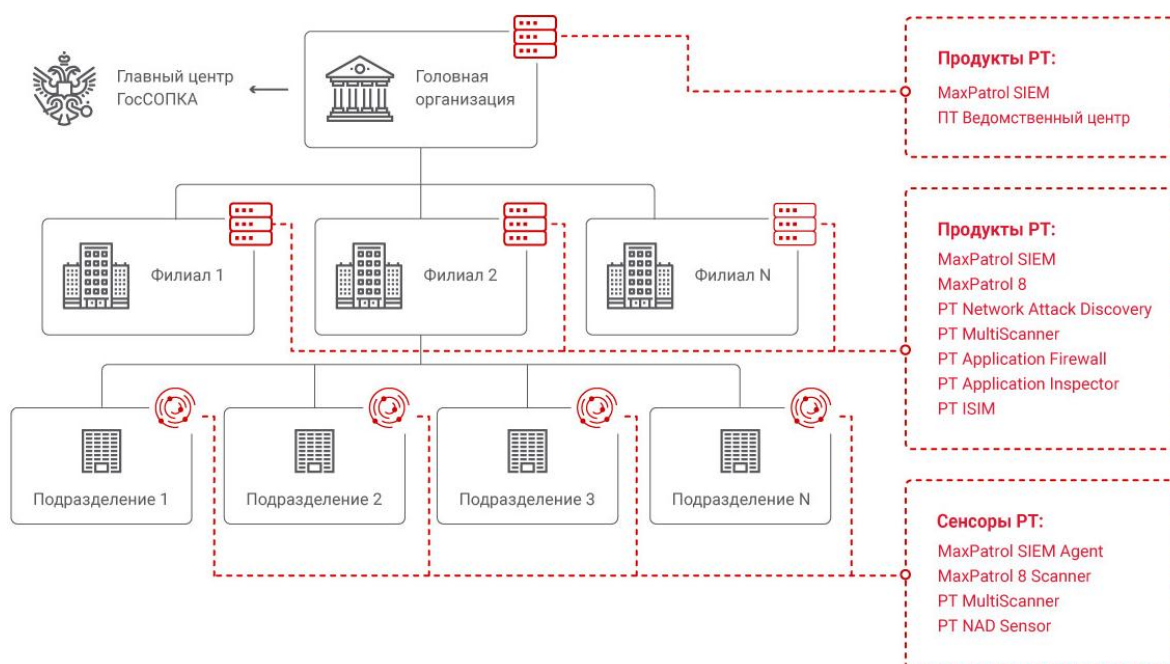


Рис. 7. Архитектура решения безопасности объектов КИИ

При многоуровневой инфраструктуре продукты Positive Technologies выстраиваются в иерархию. На нижних уровнях, где нет компетентных специалистов по ИБ или недостаточен объем бюджета на ИБ, устанавливаются сенсоры для сбора и передачи информации в крупные филиалы. Специалисты по ИБ в

филиалах выявляют и расследуют атаки и отправляют данные об инцидентах в головную организацию, где консолидируется информация об инцидентах во всей компании и осуществляется взаимодействие с главным центром ГосСОП-КА.

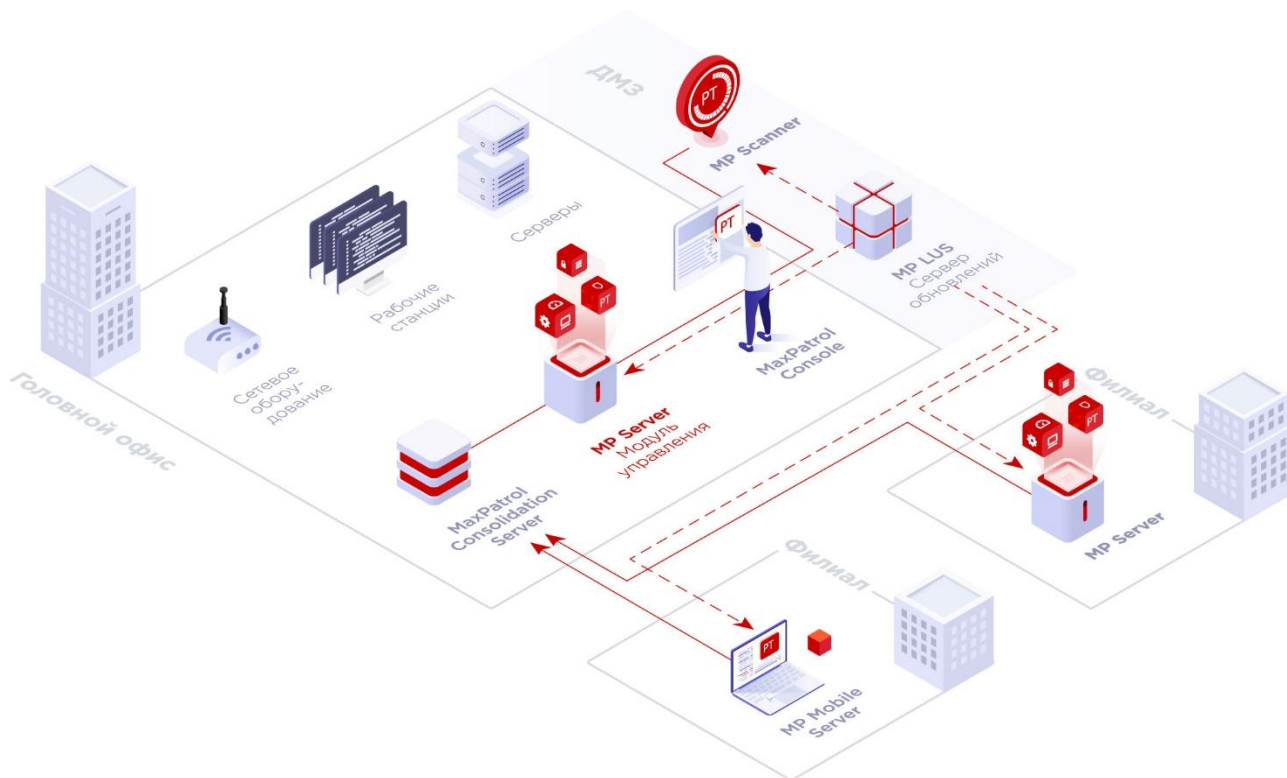


Рис. 8.

Архитектура MaxPatrol 8 обеспечивает гибкое масштабирование и позволяет внедрять систему в компаниях любого размера: можно подобрать MaxPatrol 8 под свою инфраструктуру – выбрать количество серверов, сканеров, режимы сканирования.

Ядро системы – MP Server. Это модуль управления, позволяющий регулировать конфигурацию и настройку системы. В него входит сканер MP Scanner, который сканирует, собирает и обрабатывает данные. При необходимости к MP Server можно подключить дополнительные сканирующие модули. Это позволит увеличить скорость сканирования и учитывать нюансы топологии сети.

В крупных распределенных информационных системах применяется сервер консолидации MaxPatrol Consolidation Server. Он позволяет собрать инфор-

мацию с различных серверов MP Server и получить комплексную оценку защищенности всей IT-инфраструктуры.

Локальный сервер обновлений MaxPatrol Local Update Server (LUS) используется как единая точка поддержки базы знаний, которая содержит информацию о проверках, уязвимостях и стандартах.

Также существует специализированная версия MP Server для работы на мобильных компьютерах – MaxPatrol Mobile Server.

### ***Выводы статьи:***

1. За последний год существенно увеличились целенаправленные атаки на объекты КИИ;
2. Нет методики оценивания информационных рисков на объектах КИИ;
3. Сложности импортозамещения компонентов КИИ:
  - 3.1. Сжатые сроки;
  - 3.2. Отсутствие российских аналогов в некоторых сферах;
  - 3.3. Большие финансовые затраты;
  - 3.4. Проблема комплектующих (Сервера, процессоры, модемы, коммутаторы, маршрутизаторы) для российского производства, которые ввозятся из-за рубежа;
  - 3.5. Интеграция между сервисами и технологиями.
4. Представлены российские решения обеспечения безопасности объектов критической информационной инфраструктуры

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Константин Саматов Актуальные вопросы построения защиты объектов КИИ // ITSec.Ru // URL: <https://vk.com/@itsecru-aktualnye-voprosy-postroeniya-zaschity-obektov-kii>
2. Анна Попова Импортозамещение систем защиты от утечек информации: зачем и как? // ITSec.Ru // URL: <https://vk.com/@itsecru-importozameschenie-sistem-zaschity-ot-utechek-informacii-zac>
3. Федор Музалевский Импортозамещение критических объектов: есть ли шансы? // ITSec.Ru // URL: <https://www.itsec.ru/articles/importozameshchenie-kriticheskikh-obektov-est-li-shansy>
4. Вульфин Алексей Михайлович Модели и методы комплексной оценки рисков безопасности объектов критической информационной инфраструктуры на основе интеллектуального анализа данных к.т.н, доцент ВТиЗИ, 2.3.6. - Методы и системы защиты информации, ин-

- формационная безопасность, 28.03.2022, URL:  
<https://www.ugatu.su/media/uploads/MainSite/Science/dissovet/07/2022/vulfin-am/dissert.pdf>
5. Постановление Правительства Российской Федерации от 08.02.2018 № 127 "Об утверждении Правил категорирования объектов критической информационной инфраструктуры Российской Федерации, а также перечня показателей критериев значимости объектов критической информационной инфраструктуры Российской Федерации и их значений"
  6. Федеральный закон "О безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации" от 26.07.2017 N 187-ФЗ (последняя редакция)
  7. Царев Евгений Олегович Критическая информационная инфраструктура 2022 год // RTM Group // URL: <https://rtmtech.ru/articles/kriticheskaya-informatsionnaya-infrastruktura-2019/>
  8. Константин Соматов Проблемы импортозамещения компонентов объектов КИИ // ITSec.Ru // URL: <https://www.itsec.ru/articles/problemy-importozameshcheniya-komponentov-obektov-kii>
  9. Михаил Грибов Импортозамещение в IT: Цифровая трансформация на российском ПО // RB.RU // URL: <https://rb.ru/opinion/importozameshenie-v-it/>
  10. Актуальные киберугрозы: II квартал 2022 года // Positive Technologies // URL: <https://www.ptsecurity.com/ru-ru/research/analytics/cybersecurity-threatscape-2022-q1/#id2>

УДК 004.056

Е. А. АТАРСКАЯ  
*arskaya25@mail.ru*

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. А. М. ВУЛЬФИН

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **ОБЗОР МЕТОДОВ И ИНСТРУМЕНТОВ ОБНАРУЖЕНИЯ АНОМАЛИЙ СОСТОЯНИЯ КИБЕРФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

**Аннотация.** Целью работы является обзор возможностей инструментов обнаружения аномалий наблюдаемых параметрах киберфизических объектов на основе интеллектуального анализа технологических временных рядов.

**Ключевые слова:** система обнаружения аномалий, киберфизические системы, технологические временные ряды, интеллектуальный анализ данных.

На современном этапе цифрой трансформации индустрии актуальными являются вопросы поддержания работоспособности киберфизических систем (КФС), т.е. обеспечения устойчивости протекающих в них физических процессов и непрерывности управления в условиях возможных внутренних и внешних целенаправленных деструктивных воздействий. Основным направлением развития систем защиты информации для обеспечения киберустойчивости КФС является реализация опережающей стратегии защиты (проактивная защита), основанной на предсказании угрозы (предиктивный анализ) и раннем обнаружении атак с целью адаптации системы к предполагаемому деструктивному воздействию [1].

Цель работы: обзор возможностей инструментов обнаружения аномалий наблюдаемых параметрах киберфизических объектов на основе интеллектуального анализа технологических временных рядов.

Задачи:

– обзор систем мониторинга технологического процесса в задаче обнаружения аномалий в накапливаемых данных о ходе ТП.

Обзор методов обнаружения аномалий параметров состояния КФС

В работе [2] описывается метод на основе рекуррентной нейронной сети (recurrent neural network, RNN) обнаружения аномалий в технологических вре-

менных рядах промышленного объекта. Эксперимент производился на моделируемом процессе Tennessee Eastman. Для проверки подхода была создана модель части реального завода по производству газойля. Подобно процессу Tennessee Eastman, предлагаемый набор данных включает в себя как датчики, так и системы управления, непрерывные и дискретные данные. В наборе данных были размеченными неисправности, которые были вызваны кибер-атаками. Подход на основе RNN с управляемым рекуррентным нейроном (Gated Recurrent Units, GRU) показал лучшие результаты в отличие от RNN с динамическим методом главных компонент (principal component analysis, PCA). При использовании системы обнаружения аномалий в промышленности практичнее иметь одну обученную модель для всех режимов работы объекта, что достижимо с помощью подхода RNN с GRU. Модель с DCPA может быть обучена только для отдельного режима и дает много ложных срабатываний для переходного процесса.

Обнаружение аномалий в многомерных данных временных рядов, собранных с регистратора полетных данных (FDR) самолета или данных эксплуатационного контроля качества (FOQA), является мощным средством для выявления событий, которые снижают запас безопасности. Стандартный для отрасли алгоритм «Обнаружение превышения» использует список заданных параметров и их пороговые значения для выявления известных отклонений. В отличие от этого, алгоритмы машинного обучения выявляют неизвестные необычные закономерности в данных либо с помощью полусамостоятельного, либо несамостоятельного обучения. Предложенный в работе [3] многоядерный алгоритм обнаружения аномалий (MKAD), основанный на One-class SVM, выявил 6 из 11 аномалий в большом наборе данных, но его возможности ограничены необходимостью снижения размерности, слабой чувствительностью к краткосрочным аномалиям и неспособностью обнаружить их в скрытых признаках. В работе описывается применение RNN с архитектурой долгосрочной краткосрочной памяти (Long short-term memory, LSTM) и GRU, которые могут пре-

одолеть описанные выше ограничения. Алгоритмы RNN обнаружили 9 из 11 аномалий в тестовом наборе данных.

Существующие системы мониторинга космических аппаратов нацелены только на подмножество типов аномалий и зачастую требуют дорогостоящих экспертных знаний для разработки и обслуживания из-за проблем, связанных с масштабом системы и сложностью. В работе [4] демонстрируется эффективность сетей LSTM на помеченных экспертами телеметрических данных об аномалиях со спутника Soil Moisture Active Passive (SMAP) и ровера Curiosity Марсианской научной лаборатории (MSL). Также предлагается дополнительный непараметрический неконтролируемый подход к определению пороговых значений аномалий, разработанный в ходе экспериментальной реализации системы обнаружения аномалий для SMAP, и предлагаются стратегии по снижению ложных положительных результатов.

В работе [5] предлагается применение сверточных графовых нейронных сетей для обнаружения аномалий в киберфизических системах. Показана применимость и эффективность предложенной модели для выявления аномалий в киберфизических системах, подтверждена способность модели различать классы атак.

В работе [6] рассматривается Prophet – это компонент прогнозирования данных временных рядов, основанный на аддитивной модели. Facebook Prophet решает задачу прогнозирования нагрузки системы. Этот компонент отлично подходит, поскольку нагрузка в исследовании киберфизической системе сильно зависит от сезонности и имеются данные за несколько сезонов работы системы.

### ***Обзор решений обнаружения аномалий в КФС***

Технология MLAD – Machine Learning for Anomaly Detection позволяет повысить качество обнаружения атак на технологический процесс с помощью машинного обучения. Пилотная версия MLAD интегрирована с решением «Лаборатории Касперского» для безопасности промышленных сетей Kaspersky

Industrial Cyber-Security for Networks. Используя корреляции в сигналах технологического трафика, MLAD позволяет обучить рекуррентную нейронную сеть распознавать поведение сигналов при нормальных условиях работы. В основе алгоритма работы MLAD лежит рекуррентная нейронная сеть LSTM. Данные представляют собой многомерные временные ряды. После обучения MLAD в режиме реального времени предсказывает для всех сигналов значения для некоторого интервала времени в будущем и сравнивает их с наблюдаемыми значениями.

Kaspersky Industrial Cyber-Security for Networks осуществляет детальный анализ промышленных протоколов Deep Packet Inspection (DPI) и передает распознанные значения технологических сигналов MLAD [7].

Сетевой мониторинг и выявления аномальной сетевой активности с помощью решений Flowmon Networks. Модуль Anomaly Detection Security использует безсигнатурные методы обнаружения аномалий в сетевом трафике и вредоносной сетевой активности. Работа с модулем начинается с его «обучения». После этого система переходит в режим обучения, который в среднем длится от 2 недель до 1 месяца. За это время система формирует baseline трафика, характерного непосредственно для нашей сети. Система изучает: какое поведение является характерным для узлов сети; какие объемы данных обычно передаются и являются нормальными для сети; какое время работы является типовым для пользователей; какие приложения работают в сети и др.

Система позволяет обнаружить, к примеру, распространение в сети нового вредоносного ПО, не детектируемого сигнатурами антивирусов; построение DNS, ICMP или других туннелей и передача данных в обход межсетевого экрана; появление в сети нового компьютера, выдающего себя за DHCP и/или DNS сервер [8].

Продукт PT Network Attack Discovery компании Positive Technologies относится к системам анализа трафика (network traffic analysis, NTA). NTA-системы необходимы для построения центров мониторинга SOC и для обнару-



жения сетевых аномалий. Сетевой трафик исследуется с применением машинного обучения, ретроспективного анализа и индикаторов компрометации [9].

Современная защита информационных систем и промышленных систем управления предприятий строится на основе комплексных систем безопасности и защиты периметра, что не гарантирует абсолютную защиту от целевых компьютерных атак и злонамеренных действий персонала. Для выявления инцидентов необходимы методы и инструменты расширенной аналитики данных.

Существующие методы часто используют рекуррентные нейронные сети и LSTM для решения задач поиска аномалий в киберфизических системах.

Следовательно, перспективным направлением является классификация аномалий по причине их возникновения: реальный сбой в технологическом процессе или атака сетевой инфраструктуры КФС.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васильев В.И., Вульфин А.М., Гвоздев В.Е., Картак В.М., Атарская Е.А. Обеспечение информационной безопасности киберфизических объектов на основе прогнозирования и обнаружения аномалий их состояния // Системы управления, связи и безопасности. – 2021. – №6.
2. Filonov P., Lavrentyev A., Vorontsov A. Multivariate Industrial Time Series with Cyber-Attack Simulation: Fault Detection Using an LSTM-based Predictive Data Model / NIPS Time Series Workshop, – 2016.
3. Nanduri A., Sherry L. Anomaly detection in aircraft data using Recurrent Neural Networks (RNN) / Integrated Communications Navigation and Surveillance (ICNS), 2016. – IEEE, 2016. – pp. 5C2-1-5C2-8.
4. K. Hundman, V. Constantinou, Ch. Laporte, I. Colwell, T. Soderstrom Detecting Spacecraft Anomalies Using LSTMs and Nonparametric Dynamic Thresholding / KDD '18: Proceedings of the 24th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery & Data Mining. – 2018. – pp. 387–395.
5. Васильева, К. В. Обнаружение аномалий в киберфизических системах с использованием графовых нейронных сетей / Проблемы информационной безопасности. Компьютерные системы. – 2021. – № 1. – С. 117-130.
6. Плахотников, Д. П. Применение искусственного интеллекта в киберфизических системах / Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям. – 2020. – Т. 1. – С. 285-288.
7. MLAD: обнаружение аномалий методами машинного обучения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ics-cert.kaspersky.ru/publications/reports/2018/01/16/mlad-machine-learning-for-anomaly-detection/>
8. Сетевой мониторинг и выявления аномальной сетевой активности с помощью решений Flowmon Networks [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.securitylab.ru/blog/company/ts-solution/346830.php>
9. Обзор системы глубокого анализа сетевого трафика PT Network Attack Discovery [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.anti-malware.ru/reviews/PT-Network-Attack-Discovery>

УДК 004.4

А. Д. АХМЕТОВА, Д. Д. ГАЛИАХМЕТОВА, Т. А. ШАЙХИНУРОВ  
*Akhmetova.aisylu@mail.ru*

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. А. М. ВУЛЬФИН

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА НА ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ**

*Аннотация.* В статье представлены результаты исследования в области внедрения информационной системы электронного документооборота на производственном предприятии.

*Ключевые слова:* документооборот, входящая, исходящая, внутренняя документация, информационная система, электронный документооборот.

### ***Введение***

Управление предприятием – это информационный процесс, который включает в себя работу с информацией. На всех этапах информационного процесса создаются документы, содержащие в себе различную информацию. Неотъемлемой частью управления предприятием является делопроизводство, обеспечивающее организацию работы с документами, включая их создание, регистрацию, контроль, продвижение, систематизацию и хранение. Составной частью делопроизводства является документооборот [1].

Внедрение электронного документооборота автоматизирует процесс документооборота: помогает избавиться от издержек бумажного делопроизводства, повышает производительность труда, ускоряет бизнес-процессы и структурирует данные.

### ***Анализ предметной области***

Производственные предприятия отличаются большим потоком входящих, исходящих, внутренних документов и документооборот на таких предприятиях является сложным.

Документооборот на предприятиях в основном реализован в смешанном виде, данный вид реализации документооборота подразумевает собой использование традиционного (бумажного) и электронного документооборота.

Система электронного документооборота «1С: Документооборот 8», обычно, внедренная на предприятиях, позволяет сотрудникам канцелярии регистрировать входящую, исходящую и внутреннюю документацию в электронном виде [2].

Бизнес – процессы работы с документами, т.е. согласование, утверждение, рассмотрение и исполнение проходят между сотрудниками объединения нарочно, в бумажном виде. Данные процессы реализованы в системе электронного документооборота и переход на электронный документооборот позволил бы использовать полный функционал системы 1С: Документооборот 8 [3].

Система электронного документооборота должна обеспечивать скорость движения информации, эффективный контроль, учет и доступ к документам, а также большую конфиденциальность, надежный и безопасный процесс обработки, передачи и хранения информации, сокращать время поиска информации для выработки решений, укорачивать функциональные циклы и в итоге оборачиваемость капитала.

Ключевыми показателями эффективности документооборота являются:

сроки регистрации, приема и отправки документации; сроки передачи информации между структурными подразделениями; сроки подготовки документации; этапы и сроки согласования и исполнения документов; сроки поиска нужной информации и документации; сроки выполнения поставленных задач; количество обрабатываемой информации; «прозрачность» документации; эффективность и качество работы; ведение документации не в убыток [4].

Данные показатели могут служить критериями для оценки эффективности внедрения и использования системы электронного документооборота.

В таблице 1 приведены количественные и качественные показатели (условные) результативности оптимизации работы с документами [5].

## Количественные и качественные показатели

Количественные показатели		
Показатель	До	После
	Вероятность наступления риска	
Риск утраты документов	Средняя	Низкая
Риск утечки информации	Средняя	Низкая
Риск потери рабочего времени	Средняя	Низкая
Риск потери юридической силы документа в силу ошибок	Средняя	Низкая
Риск фальсификации документов	Средняя	Низкая
Риск разрыва деловых отношений из-за несвоевременной подготовки документации	Средняя	Низкая
Качественные показатели		
	До	После
Сокращение затрат на расходные материалы	400 000 рублей в год	100 000 рублей в год
Сокращение времени на освоение нового сотрудника	5 рабочих дней	2 рабочих дня
Сокращение сроков согласования, утверждения, регистрации, исполнения, ознакомления документов	10 рабочих дней	4 рабочих дней
Сокращении потока документации, направленных на рассмотрение руководством	70 % документов на рассмотрение руководством	70 % входящих документов сразу на исполнение
	30 % входящих документов на исполнение	30 % документов на рассмотрение руководством
Повышение эффективности работы сотрудников (исполнительской дисциплины)	4 рабочих дня	1 рабочий день
Сокращение скорости передачи информации между структурными подразделениями	1–2 рабочих дня	2–3 минуты
Сокращение сроков подготовки документации для контрагентов	4 рабочих дня	20 минут
Сокращение трудозатрат на обработку документации (средняя стоимость на человека в рублях)	10 000 рублей	4 000 рублей

Для эффективной работы системы электронного документооборота, необходимо обеспечить должный уровень защиты данных.

На каждом этапе обработки и передачи информации существуют различные угрозы хищения коммерческих данных, их модификации и уничтожения. В

целях предотвращения существующих угроз важно грамотно организовать целостность, доступность и конфиденциальность информации. [6].

На основе этих данных можно сформировать перечень основных средств защиты информации и методы обеспечения информационной безопасности систем электронного документооборота.

В соответствии с Федеральным законом Российской Федерации от 27 июля 2006 г. № 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» для защиты информации используются правовые, организационные и технические меры, обеспечивающие:

- защиту информации от несанкционированного доступа, уничтожения, модификации, блокирования, копирования, фальсификации, распространения, а также от других несанкционированных действий в отношении такой информации;
- соблюдение конфиденциальности информации ограниченного доступа;
- реализацию права на доступ к информации.

Существуют основные два вида средств и методов защиты информационных систем: *организационно-правовые* (законодательное регулирование правоотношений в сфере электронного документооборота; организация учета, хранения и эксплуатации ключей шифрования и электронной подписи; разграничения прав доступа в ИС и т.д.), *технические* (аппаратная защита, физическое разграничение сетевого оборудования на разные изолированные сегменты; автоматизированные планы резервного копирования информации на защищенные носители; антивирусное и защитное ПО; идентификации и аутентификации пользователей; криптографические средства защиты и шифрования информации; технологии электронной подписи для обеспечения юридической силы информации).

### *Разработка предложений по совершенствованию процесса*

Анализ текущего бизнес-процесса документооборота предприятия позволил выявить недостатки, которые необходимо автоматизировать путем внедрения информационной системы электронного документооборота.

ИС должна удовлетворять потребностям и требованиям предприятия и усовершенствовать следующие недостатки: возможность оперативного и быстрого обмена информацией в объединении; возможность эффективного использования денежных и трудовых ресурсов объединения; возможность централизованного хранения, поиска и использования документации; возможность оперативного и быстрого согласования и исполнения документов; возможность технологической обработки данных, приема, учета, регистрации; возможность придания электронным документам юридической силы с помощью электронно-цифровой подписи, а также должна соответствовать организационно-правовым и техническим средствам и методам защиты информации [1].

В связи с этим была разработана мнемосхема предлагаемого процесса автоматизации документооборота (рисунок 1).

#### Входящая документация

Вся поступающая в адрес объединения документация отправителем на бумажных носителях принимается и обрабатывается работниками канцелярии и регистрируется в электронных журналах с присвоением порядкового номера. Почтовые письма и бандероли, адресованные в адрес руководства и работников объединения, получают работники канцелярии в почтовом отделении на основании извещения и доверенности [3].

Документы, поступающие в объединение, проходят в канцелярии первичную обработку, регистрацию в электронной базе данных (реестр «входящие документы»), предварительное рассмотрение, передачу руководству на рассмотрение, после чего передаются исполнителям и затем помещаются в дела, формируемые в структурных подразделениях.

Все входящие документы (кроме внутренних), адресованные руководителю объединения, отправляются на рассмотрение руководителю АГД работником канцелярии в электронной базе данных. Руководитель АГД вносит свои предложения - кому из руководителей структурных подразделений необходимо передать документ на ознакомление и/или поручить его исполнение с фиксацией в резолюционном листе и отправляет документы генеральному директору в электронной базе данных.

Генеральный директор рассматривает документы и вносит резолюцию.

Поступившие на ознакомление и/или исполнение документы с резолюцией генерального директора расписываются директорами по направлениям руководителям структурных подразделений либо непосредственным исполнителям в электронной базе данных.

Полученные к исполнению документы рассматриваются руководителем структурного подразделения, который расставляет приоритеты и устанавливает очередность исполнения документов с учетом особенностей поручений и установленных сроков исполнения. Исполнение документа включает в себя сбор и обработку необходимой информации, подготовку проекта ответного документа, его оформление, подписание (визирование, согласование, утверждение), подготовку к отправке адресату.

Копии документа собираются канцелярией и делопроизводителем и помещаются в электронный архив.

Исходящая документация

Отправка исходящих документов осуществляется средствами почтовой, электронной связей, а также курьерской службой и нарочным путем. Исходящая документация и корреспонденция с пометкой «Конфиденциально» и «Для служебного пользования» регистрируется в электронных журналах с присвоением порядкового номера. Документы с пометкой «Кф» и «Дсп» пересылаются сторонним организациям и предприятиям курьерской службой.

Исходящая из объединения почтовая корреспонденция отправляется централизованно канцелярией, регистрируется в электронной базе данных (реестр «Исходящие документы»). Отправка исходящих документов по электронной почте осуществляется работником, ответственным за делопроизводство в структурном подразделении с официальной электронной почты структурного подразделения (присвоенной отделом информационных технологий). Доступ к данной электронной почте может иметь только руководитель подразделения, работник, ответственный за делопроизводство в структурном подразделении, либо лица их замещающие. Срочная отправка исходящих документов осуществляется при помощи курьерской доставки (отделы экспресс — почты) на договорной основе либо нарочно структурными подразделениями самостоятельно.

Копии документа собираются канцелярией и делопроизводителем и помещаются в электронный архив.

#### Внутренняя документация

Проект распорядительной документации подготавливается руководителями структурных подразделений и заместителем генерального директора. Проект распорядительной документации согласуется с аппаратом генерального директора в электронной базе данных и далее идет на утверждение к генеральному директору. Утвержденный проект распорядительной документации проходит регистрацию в электронной базе данных (реестр «Внутренние документы»), отправляется руководителями структурных подразделений и заместителю генерального директора на исполнение в электронной базе данных. Исполнители структурных подразделений исполняют проект распорядительной документации.

Копии документа собираются канцелярией и делопроизводителем и помещаются в электронный архив.



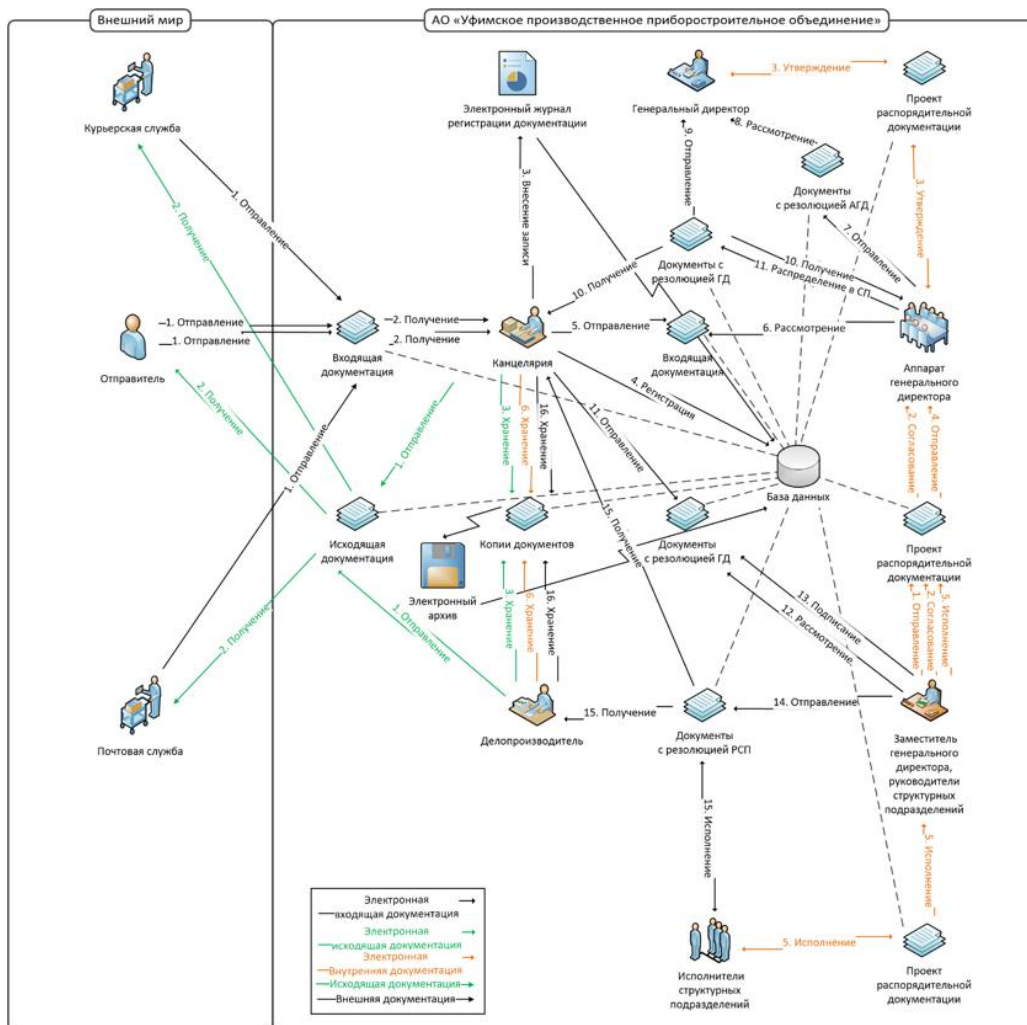


Рис. 1. Мнемосхема предлагаемого процесса

### Результаты реинжиниринга процесса

На основе анализа моделей было проведено имитационное моделирование, в ходе которого была построена сравнительная таблица длительности процессов (таблица 2).

Таблица 2

Сравнительная таблица длительности процессов

	Среднее затраченное время
Существующий процесс	112 ч. 58 мин.
Предлагаемый процесс	63 ч. 17 мин.
Разница	49 ч. 41 мин.
Изменен	43,92%

Таким образом, внедрение информационной системы позволит сократить процесс документооборота на 49 ч. 41 минуту, что составляет 43, 92 процентов от общего числа затраченного времени существующего процесса. Сокращение времени происходит за убыстрения процессов работы с документами, их формирование и движение по предприятию.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Учебно-методическое пособие по дисциплине «Электронный документооборот»/ Исмаилова Нупайсат Пахрудиновна. – Махачкала, 2017 г., 51 с.
2. Уфимское приборостроительное производственное объединение [Электрон, ресурс]. – 2022. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Уфимское\\_приборостроительное\\_производственное\\_объединение](https://ru.wikipedia.org/wiki/Уфимское_приборостроительное_производственное_объединение)
3. Инструкция по порядку делопроизводства 9АО.091.290 ред. 1, 2020 г. / Уфимское приборостроительное производственное объединение.
4. Ульянцева Софья Эдуардовна: «Управление документами: быстро, эффективно, своими силами: на примере «1С: Документооборота 8» информатика / Ульянцева С. Э. – 1С, 2015 г., 148 с.
5. Фирма 1С [Электрон, ресурс]. – 2022. – Режим доступа: <https://1c.ru>
6. Шаньгин, В.Ф. Информационная безопасность и защита информации / В.Ф. Шаньгин. - М.: ДМК, 2014. - 702 с.

УДК 004.056

М. А. БАКУЛИН

*misha.bakulin.2013@mail.ru*

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. А. Ю. СЕНЦОВА

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В КОРПОРАТИВНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СЕТЯХ**

**Аннотация.** Статья посвящена процессу управления рисками нарушения ИБ в информационно-вычислительных сетях. Рассматривается роль и место управления рисками в нынешней деятельности организаций. Приводится и практически реализуется алгоритм управления рисками.

**Ключевые слова:** управление рисками, корпоративная сеть, информационно-вычислительная сеть, риск нарушения ИБ, система защиты информации, нечеткая когнитивная карта.

В зависимости от того, к какой категории деятельность организации или предприятия относится, определяется, требования какой группы стандартов информационной безопасности (ИБ) ей необходимо будет выполнять. Но все эти группы стандартов будь то КИИ, ГИС или АСУ ТП имеет одну общую цель – построение системы защиты информации (СЗИ) требуемого уровня. Каждая СЗИ в свою очередь направлена на поддержание необходимого уровня защищенности или снижение уровня риска нарушения ИБ до допустимого уровня. Зачастую применяется понятийный аппарат, связанный именно с рисками нарушения ИБ. Таким образом, с управлением рисками так или иначе сталкивается каждая организация, которая имеет свою информационно-вычислительную сеть (ИВС).

При построении защиты ИВС необходимо достигнуть баланс в следующих аспектах: безопасность, стоимость, производительность.

При этом такая СЗИ должна удовлетворять требования соответствующих документов в области ИБ (КИИ, ГИС или АСУ ТП). В общем виде процесс управления рисками включает в себя следующие этапы:

- 1) идентификация активов и места их хранения в соответствии с топологией сети и организационной структурой;

2) анализ протекающих бизнес- или производственных процессов в соответствии с топологией сети;

3) анализ имеющейся СЗИ;

4) оценка рисков, которая может быть как качественной, так и количественной;

5) если значение уровня риска больше допустимого, то необходимо провести соответствующие мероприятия, направленные на снижения риска нарушения ИБ в соответствии с соответствующей группой документов в области защиты информации (ЗИ);

б) документирование результатов;

7) мониторинг.

В случае, если остаточный риск нарушения ИБ выше допустимого, то шаги 5 и 6 повторяются до тех пор, пока значение риска не станет ниже или равно допустимому. Допустимость остаточного риска нарушения ИБ определяется непосредственно самой организацией и как правило она должна основываться на следующем правиле – стоимость СЗИ не должна превышать стоимость потенциального ущерба в результате успешно реализованных атак.

В качестве примера рассмотрена сеть одной из стоматологических поликлиник, которая представлена на рисунке 1.

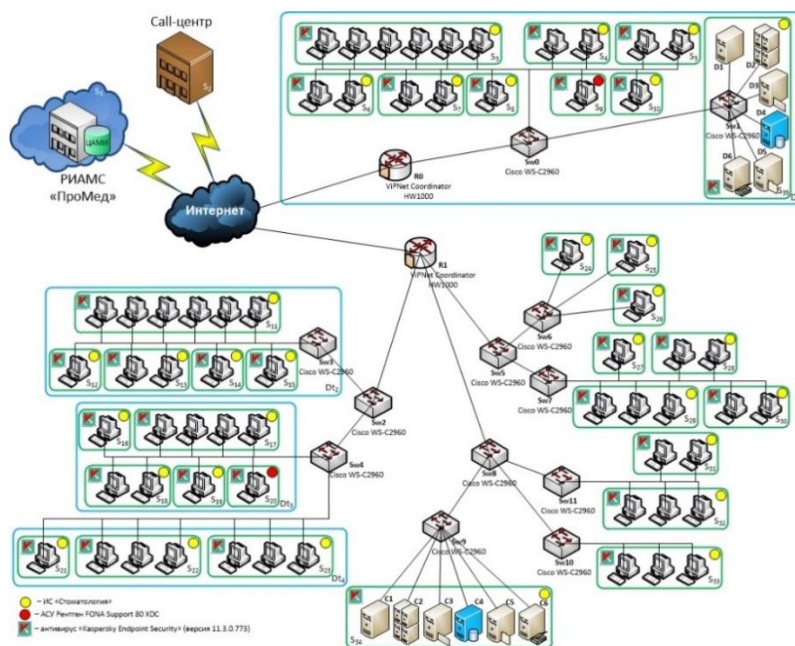


Рис. 1. Топология ЛВС

Шаг 1. Сначала необходимо определить имеющиеся активы и место их хранения в соответствии с топологией сети. Для данного объекта защиты фрагмент перечня активов представлен в таблице 1.

Таблица 1

Фрагмент перечня активов и их расположение

Актив	Место хранения
штатное расписание	D <sub>1</sub> , D <sub>5</sub> , C <sub>1</sub> , C <sub>5</sub>
сведения о сотрудниках	
...	
журнал режима проведения генеральной уборки	
журнал учета материальных средств и стоматологической аппаратуры	
сведения о заработной плате сотрудников	S <sub>27-30</sub>
учет оказанных платных стоматологических услуг	
...	
документы на поставку нового оборудования, медикаментов и предметов мебели	
графическое представление зубной формулы	D <sub>2</sub> , C <sub>2</sub>
...	
учет эстетических конструкций (виниры, композиты и т. п.)	D <sub>3</sub> , C <sub>3</sub>
обращения пациентов	
...	
корпоративные письма	D <sub>4</sub> , C <sub>4</sub>
рентгеновские снимки зубов	
...	
коды обследований рентгенографии	

Шаг 2. Далее необходимо проанализировать протекающие бизнес-процессы. Фрагмент перечня протекающих бизнес-процессов представлен в таблице 2.

Таблица 2

Фрагмент перечня бизнес-процессов

Бизнес-процесс	Обозначение связи
запись на прием в регистратуре (офлайн) и электронная запись (онлайн)	1
уведомление пациентов о записи на прием	2
направление на рентген ротовой полости	3
...	...
руководство над отделениями и контроль выполнения планов	22
обеспечение работы оборудования и вычислительной техники	23
списание стоматологического оборудования, техники и мебели	24

Процесс протекания и функционирования данных бизнес-процессов представлен на рисунке 2.

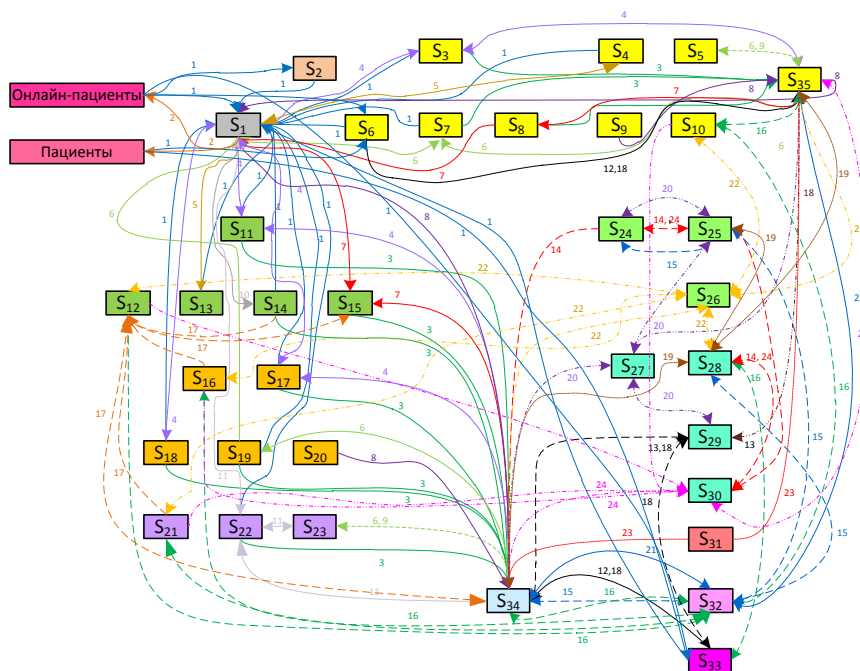


Рис. 2. Модель бизнес-процессов

Так как стоматологическая поликлиника относится к категории КИИ [1], то в соответствии с ПП №127 после определения перечня всех бизнес-процессов необходимо выделить из них критические [0]. Перечень критических процессов представлен в таблице 3.

Таблица 3

Критические бизнес-процессы

№ п/п	Объект КИИ	Тип объекта	Обеспечиваемый критический процесс
1.	Рентген FONA Support 80 XDC	АСУ	3, 8
2.	ИС «Стоматология»	ИС	3, 4, 6, 7, 8, 11, 13, 17, 18, 23
3.	ЛВС организации	ИТС	1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 13, 17, 18, 23

В результате категорирования согласно ПП №127 всем трем объектам КИИ была присвоена 3 категория значимости.

Шаг 3. На данном шаге необходимо проанализировать имеющуюся СЗИ и определить перечень СрЗИ, которые необходимо внедрить, в соответствии с мерами по обеспечению безопасности [0], которые предъявляются к 3 категории значимости.

Необходимые подсистемы защиты

СрЗИ	Причина внедрения/замены	Требования
1	2	3
сканер безопасности сети	внедрение по причине отсутствия	требования доверия не ниже 6
МЭ	замена по причине отсутствия у имеющих МЭ действующих сертификатов;	тип «А» класс МЭ не ниже 6.
СЗИ от НСД	внедрение по причине отсутствия	СВТ не ниже 5 класса
СКЗИ	замена по причине отсутствия у имеющих СКЗИ действующих сертификатов	КСЗ
СДЗ	внедрение по причине отсутствия	уровня платы расширения или базовой системы ввода-вывода

Шаг 4. В данной работе количественная оценка риска нарушения ИБ производится на основе нечетких когнитивных карт (НКК). Построенная НКК до модернизации СЗИ представлена на рисунке 3.

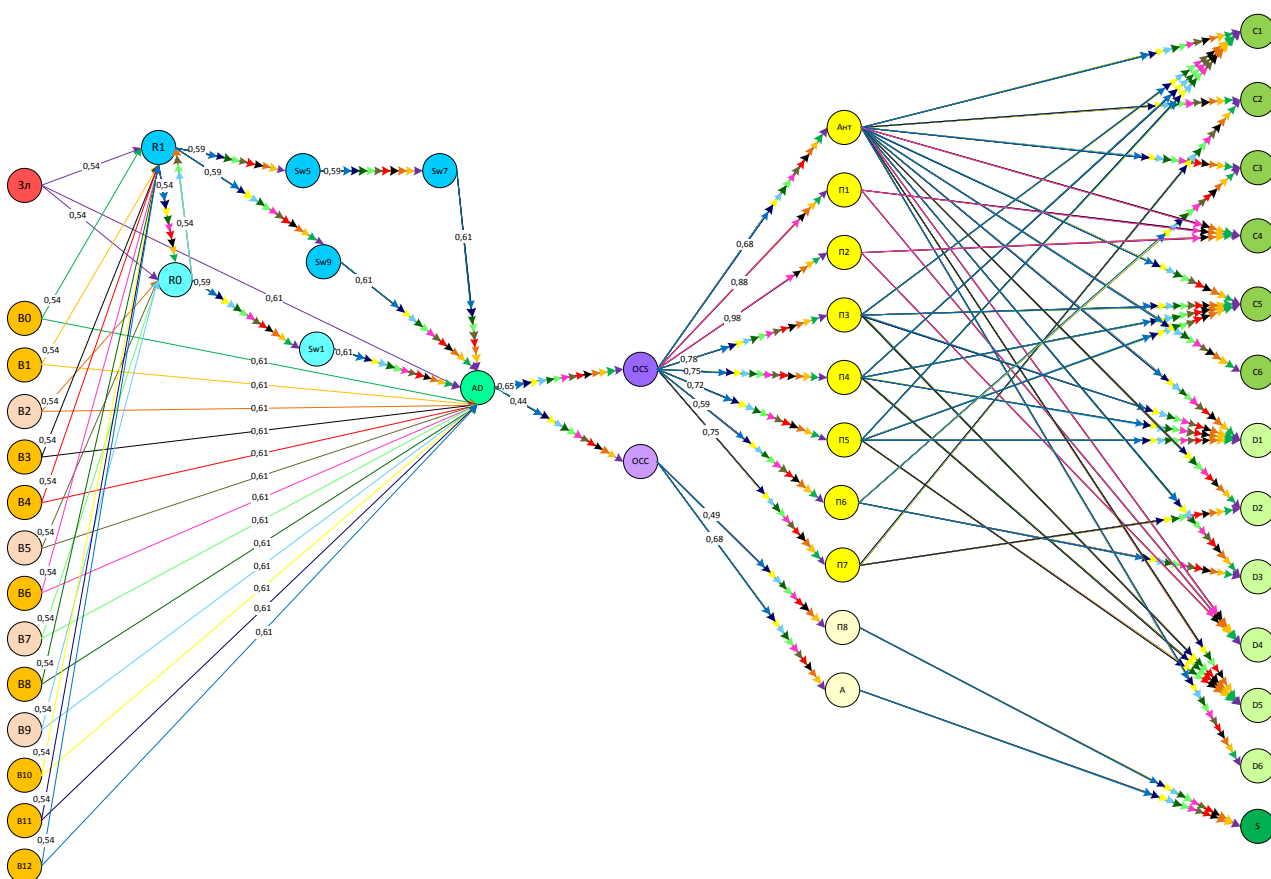


Рис. 3. НКК до модернизации СЗИ

Далее для каждого объекта атаки была определена ценность, рассчитан результирующий уровень угроз и уровень риска для каждого объекта атаки и итоговый уровень риска для все сети. Результаты представлены в таблице 5.

Таблица 5

Результирующие уровни угроз, уровни риска

Объекты атаки		Результирующий уровень угроз	Уровень риска
Сегмент	Ценность		
S <sub>27-30</sub>	0,2	0,128499163	0,0257
D <sub>1</sub>	0,06	0,177827441	0,0107
D <sub>2</sub>	0,05	0,130356485	0,0065
D <sub>3</sub>	0,055	0,539781199	0,0297
D <sub>4</sub>	0,085	0,098760615	0,0084
D <sub>5</sub>	0,055	0,247249999	0,0136
D <sub>6</sub>	0,045	0,160500355	0,0072
C <sub>1</sub>	0,085	0,214809606	0,0183
C <sub>2</sub>	0,056	0,246252081	0,0138
C <sub>3</sub>	0,07	0,539781199	0,0378
C <sub>4</sub>	0,094	0,129612877	0,0122
C <sub>5</sub>	0,085	0,441611512	0,0375
C <sub>6</sub>	0,06	0,189883483	0,0114
Итого			0,2327

Значение риска нарушения ИБ составляет 23,27%, что является недопустимым. Соответственно нужно реализовывать соответствующие мероприятия.

Шаг 5. Топология сети после модернизации СЗИ с учетом реорганизации сети представлена на рисунке 4.



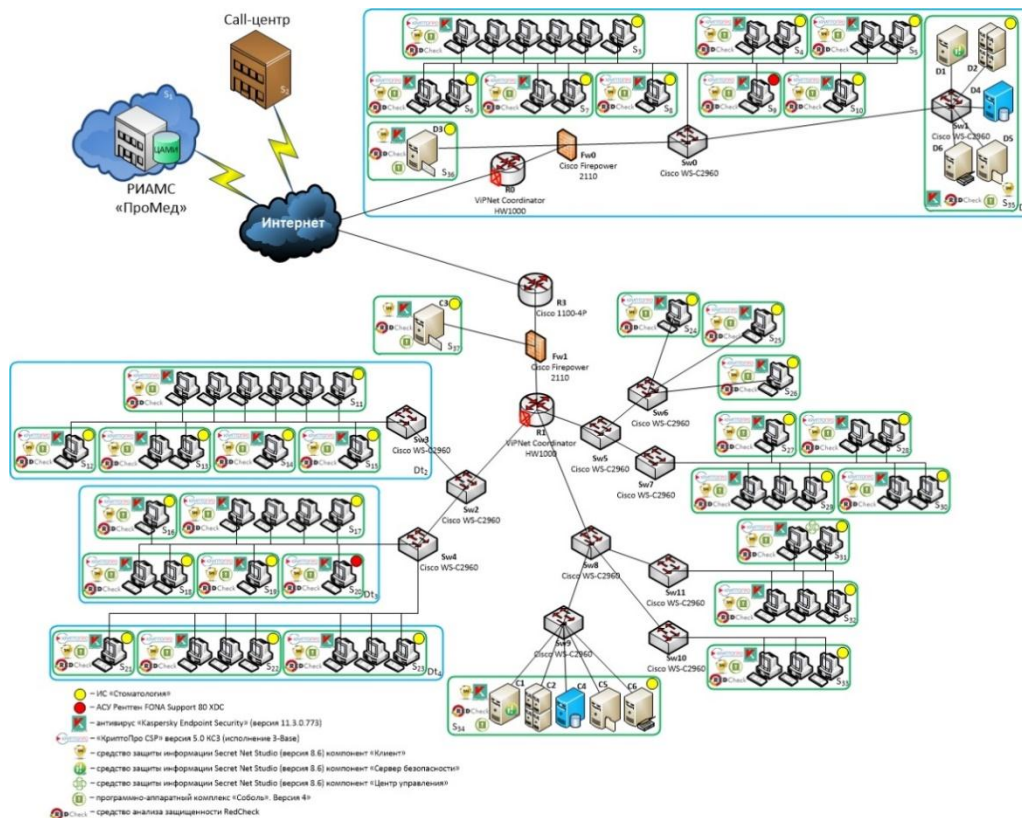


Рис. 4. ЛВС после реорганизации с учетом модернизации СЗИ

Были реализованы следующие мероприятия:

- в сети есть общедоступные серверы, которые не вынесены в демилитаризованную зону (DMZ). Соответственно, необходимо произвести реорганизацию сети;
- необходимо внедрить рациональный набор СрЗИ соответствующего класса.

Далее нужно смоделировать соответствующую НКК, в которой будут учтены как соответствующая реорганизация, так и модернизированная СЗИ. Результат построения такой НКК представлен на рисунке 5.

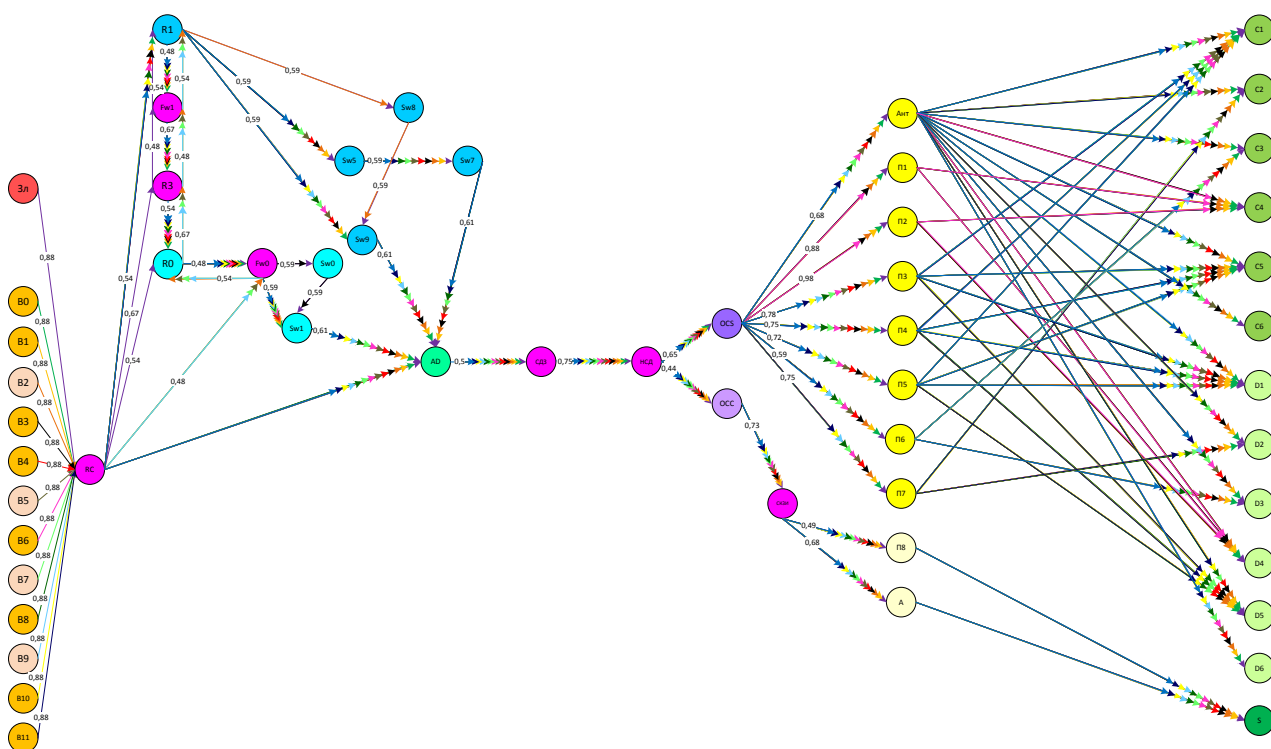


Рис. 5. НКК после реорганизации сети с учетом модернизации СЗИ

После построения НКК с учетом всех проведенных изменений нужно осуществить соответствующие расчеты. Результаты расчетов представлены в таблице 6.

Таблица 6

Результирующие уровни угроз, уровни риска

Объекты атаки		Результирующий уровень угроз	Уровень риска
Сегмент	Ценность		
1	2	3	4
S <sub>27-30</sub>	0,2	0,020357899	0,0041
D <sub>1</sub>	0,06	0,016239231	0,0010
D <sub>2</sub>	0,05	0,010063567	0,0005
D <sub>3</sub>	0,055	0,194503484	0,0107
D <sub>4</sub>	0,085	0,007459359	0,0006
D <sub>5</sub>	0,055	0,057873049	0,0032
D <sub>6</sub>	0,045	0,01428174	0,0006
C <sub>1</sub>	0,085	0,051911416	0,0044
C <sub>2</sub>	0,056	0,061582603	0,0034
C <sub>3</sub>	0,07	0,194503484	0,0136
C <sub>4</sub>	0,094	0,029496123	0,0028
C <sub>5</sub>	0,085	0,139144235	0,0118
C <sub>6</sub>	0,06	0,04539445	0,0027
Итого			0,0595

В результате удалось снизить значение риска до 5,95%, т. е. 3,91 раза, что в данном случае является приемлемым результатом. Дальнейшее снижение риска на данном этапе не является экономически оправданным, но управление рисками на этом не прекращается. Необходимо производить постоянный мониторинг и в случаях, когда необходимо производить перерасчет рисков и принимать соответствующие меры.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 26.07.2017 № 187-ФЗ «О безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации»;
2. Постановление Правительства РФ от 08.02.2018 № 127 «Об утверждении Правил категорирования объектов критической информационной инфраструктуры Российской Федерации, а также перечня показателей критериев значимости объектов критической информационной инфраструктуры Российской Федерации и их значений»;
3. Приказ ФСТЭК от 25.12.2017 № 239 «Об утверждении Требований по обеспечению безопасности значимых объектов критической информационной инфраструктуры Российской Федерации».

Н. М. БАШМАКОВ

*Nail.bashmakov@gmail.com*

Науч. руковод. – канд. физ-мат. наук, проф. В. М. КАРТАК

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА ЛОГОВ**

**Ключевые слова:** анализ логов, машинное обучение, информационная безопасность.

### ***Введение***

Мир переживает фазу цифровизации [1]. Порой это требует построения огромных цифровых инфраструктур, которые могут включать множество информационно-телекоммуникационных сетей, различных систем и подсистем, а кроме того, быть географически распределенными. В таком случае поддержания работоспособности и обеспечения информационной безопасности подобных архитектур становятся отдельными большими задачами, требующими решения. При этом обе эти задачи не могут быть выполнены раз и навсегда – такие большие инфраструктуры подвержены постоянным перестроениям, модернизациям, изменениям, что требует отслеживание состояний самых разных информационных систем, в том числе и подсистемы обеспечения информационной безопасности. Решаются эти задачи во многом схожим образом – организацией мониторинга журналов событий, которые для краткости принято называть логами [2]. При этом нужно подчеркнуть, что логи разных систем зачастую значительно различаются по своим форматам.

### ***Основные этапы анализа логов***

Для обнаружения каких-либо неисправностей в системе могут использоваться специально написанные для этого правила и ручной анализ, что требует специфических знаний о том, какие именно записи в логах соответствуют ненормальному состоянию системы [2]. Такой подход требует значительных затрат, а учитывая, что при большой инфраструктуре, состоящей из множества различных систем, с множеством различных форматов количество логов так же

будет весьма значительным, в каких-то случаях может быть и вовсе не применим. Другой подход, который может использоваться и выглядит перспективным - обнаружения аномалий в логах [2]. Многие исследователи возлагают большие надежды на использование методов машинного обучения для решения этой задачи [3].

Можно выделить 4 основных этапа анализа логов с целью выявления аномалий.

Первый этап – сбор логов. Обычно, программное или программно-аппаратное обеспечение пишет логи в системную консоль или в специальные файлы. Каждая запись представляет собой неструктурированный или частично структурированный текст, который обычно содержит метку времени и сообщение, которые описывает зарегистрированное событие. В масштабных системах подобные события часто собираются. Обилие данных журналов позволяет решать множество задач анализа журналов, таких как обнаружение аномалий и локализация неисправностей, в области обеспечения информационной безопасности – обнаружение возможной нелегитимной активности [3].

```
<166>Jul 11 2022 22:07:31 10.123.123.123 : %ASA-6-106100: access-list  
Named_ACL denied udp named_iface1/10.123.123.126(62559)(LOCAL  
\\PupkinVA, 19:Users_Group) -> named_iface2/10.123.123.30(389) hit-cnt 1 300-  
second interval [0x5cab223e, 0x00000000]
```

```
{  
  "syslog_pri": 166,  
  "timestamp": "Jul 11 2022 22:07:31",  
  "sysloghost": "10.123.123.123",  
  "cisco_tag": "ASA-6-106100",  
  "policy_id": "Named_ACL",  
  "action": "denied",  
  "protocol": "udp",  
  "src_interface": "named_iface1",  
  "src_ip": "10.123.123.126",  
  "src_port": 62559,  
  "src_fwuser": "LOCAL\\\\\\PupkinVA, 19:Users_Group",  
  "dst_interface": "named_iface2",  
  "dst_ip": "10.123.123.30",  
  "dst_port": 389,  
  "hit_count": 1,  
  "interval": "300-second interval",  
  "hashcode1": 1554719294,  
  "hashcode2": 0  
}
```

Рис. 1. Пример парсинга

Следующий этап – парсинг логов (Рис. 1). В исходном виде логи чаще всего представляют собой полу-структурированные записи и требуют разбора в структурированный формат для дальнейшего анализа. За этим процессом закрепились названия парсинга. В частности, в ходе парсинга стараются выделить статичную и динамичную части сообщения. Постоянная часть обычно относится к типу записи, шаблону записи, или ключу записи, в то время как переменная часть содержит различные параметры [3], например IP-адрес, краткую характеристику произошедшего события, имя пользователя.

Третий этап – разбиение логов и извлечение признаков. Поскольку записи в логах представляют собой текстовые сообщения они требуют перевода в числовые признаки, чтобы алгоритмы машинного обучения могли работать с ними. Для этого каждое сообщение представляется шаблоном, выявленным парсером. Затем все записи разбиваются на группы, основываясь на каком-либо признаке. Каждая из таких групп представляет собой последовательность событий. В частности, разбиение на группы, основанное на метках времени, часто основывается на двух подходах – фиксированное разбиение и скользящее разбиение. При фиксированном разбиении из логов формируются группы с определенным размером, который задает временной интервал, который используется для разделения отсортированных по времени записей. В этом случае между группами не бывает пересечений. При использовании скользящего разбиения задаются два параметра – размер группы и шаг. Шаг определяет размер окна при разбиении записей на группы. Обычно шаг меньше размера группы, в результате чего образуются пересечения между группами. Некоторые исследователи так же рассматривают сессионное разбиение, основанное на каком-либо идентификаторе [4].

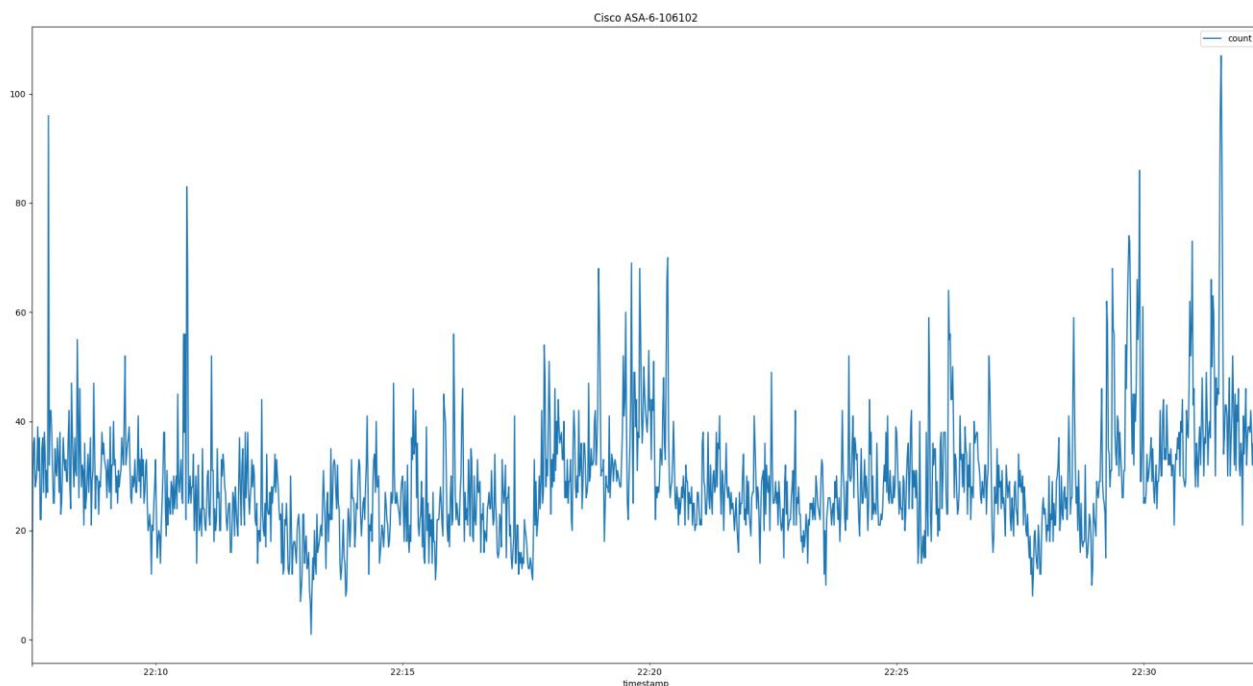


Рис. 2. Сгруппированные события от межсетевого экрана Cisco

После группировки записей при использовании традиционных методов машинного обучения формируют вектора признаков. Выделяют три вида векторов: последовательные, количественные и семантические [4]. При формировании последовательного вектора каждой записи в логе ставится в соответствие индекс, а затем создается последовательный вектор для каждого временного окна. Количественные вектора содержат количество появлений каждого типа событий во временном окне. В отличие от них семантические вектора передают смысл событий из логов [4].

В отличие от этого при использовании методов глубокого обучения часто входным параметром является сама последовательность записей лога. В частности, каждый элемент последовательности может быть просто индексом записи в последовательности или более сложным признаком. Цель состоит в том, чтобы изучить семантику журналов, чтобы принимать более разумные решения [3].

Последний этап – выявление аномалий. Далее может осуществляться поиск аномалий, основанный на признаках, выделенных на предыдущем этапе. Многие традиционные алгоритмы машинного обучения дают предсказания о

наличии или отсутствии аномалии сразу для последовательности записей, основываясь на векторе количества записей. В отличие от этого многие алгоритмы глубокого обучения сначала обучаются нормальному функционированию систем, а затем определяют нормальность для каждого события. Поэтому, считается, что алгоритмы глубокого обучения способны определять конкретные события, выбивающиеся из последовательности записей нормального функционирования [3].

### ***Проблемы при анализе логов с помощью машинного обучения***

Несмотря на то, что методы машинного обучения считаются хорошим инструментом для поиска аномалий в логах [4], можно выделить и некоторые проблемы, с которыми придется столкнуться при их применении с этой целью, особенно в области информационной безопасности.

Первая проблема – выбор промежутка времени, на котором должна обучаться модель. Логично предположить, что оптимальной будет обучающая выборка, собранная за неделю. Однако, в течение года могут быть недели с праздничными днями, что создает сложности для эффективного использования модели, которая обучалась лишь на стандартной рабочей неделе. Так же следует понимать, что как модель, обученная на стандартной неделе, будет плохо работать на неделе с праздниками, так и наоборот, модель, обученная на нетиповой неделе, будет плохо работать на обычной. Дополнительная сложность заключается в том, что праздники распределяются по году неравномерно и могут выпадать даже на разные числа, дни недели, а могут и вовсе переноситься. Обучать модель сразу на срезе данных за целый год тоже представляется непродуктивным – как минимум это займет много времени, а кроме того модель будет слабо соответствовать актуальной инфраструктуре.

Еще одна проблема – изменение инфраструктуры с течением времени. Какие-то сегменты инфраструктуры могут устаревать, видоизменяться, модернизироваться, ликвидироваться или добавляться. Все это требует динамического



изменения самой модели, которое бы отражало изменения анализируемой инфраструктуры.

Множество исследований, проведенных учеными со всего мира, показывают перспективность использования алгоритмов машинного обучения для обнаружения аномалий, в том числе и в области обеспечения информационной безопасности. Однако каждая получившаяся модель может быть применена лишь к той инфраструктуре, для которой она была обучена. При этом эффективность ее применения определяется тем, как были решены вышеназванные проблемы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Давыдова Арина Александровна, Шиплюк Виктория Сергеевна Обзор мировых трендов цифровизации экономики // Научный вестник ЮИМ. 2019. №4.
2. Amir Farzad, T. Aaron Gulliver, Unsupervised log message anomaly detection // ICT Express, Volume 6, Issue 3, 2020, Pages 229-237.
3. Chen, Zhuangbin & Liu, Jinyang & Gu, Wenwei & Su, Yuxin & Lyu, Michael. (2021). Experience Report: Deep Learning-based System Log Analysis for Anomaly Detection.
4. Van-Hoang Le, Hongyu Zhang (2022). Log-based Anomaly Detection with Deep Learning: How Far Are We

УДК 05.04

М. С. БЕРДНИКОВА

*belka-nv86@mail.ru*

Науч. руковод. – канд. юр. наук, доц. Н. Д. АНДРЕЕВ

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ ИНОСТРАННОЙ ОС НА ОТЕЧЕСТВЕННУЮ В ГОСУДАРСТВЕННЫХ ОРГАНАХ**

*Аннотация.* В связи с политической и экономической ситуацией в мире началась масштабная миграция с операционных систем Microsoft на российские продукты в компании началась в 2021 г. Госкорпорация «Росатом» планирует полностью перейти на отечественную операционную систему Astra Linux до конца 2024 г. Импортозамещать в течение 2,5 лет будут до 130 тыс. рабочих мест по всей стране. Пока на российской ОС работают чуть больше 20% специалистов «Росатома».

В соответствие с приказом Министерства связи и массовых коммуникаций Российской Федерации от 20.09.2018 №486 «Об утверждении методических рекомендаций по переходу федеральных органов исполнительной власти и государственных внебюджетных фондов на использование отечественного офисного программного обеспечения, в том числе ранее закупленного офисного программного обеспечения», необходимо перейти федеральным органам исполнительной власти на использование отечественного офисного программного обеспечения.<sup>[\*]</sup>

Операционная система (далее - ОС) на электронно-вычислительной техники (далее-ЭВМ), которая использовалась в гос. органах, была Microsoft Windows 10. В качестве замены внедряется Astra Linux. В основе проекта Astra Linux лежит отлично зарекомендовавший себя дистрибутив Debian GNU/Linux, на базе которого сделаны такие известные системы, как Ubuntu, Linux Mint и, к примеру, мобильный вариант Маето.<sup>[\*]</sup>

Astra Linux- ОС на базе ядра Linux, разработчиком которой является отечественная компания ООО «РусБИТех-Астр». Существует два варианта продукта: Astra Linux Special Edition ОС «Смоленск» (устанавливается в МВД) и

---

\* Приказ Минкомсвязи России №486

\* <https://old.computerra.ru/vision/609608/>

Astra Linux Common Edition «Орел». «Смоленск» единственная в России ОС, которая одновременно сертифицирована в трех системах сертификации средств защиты информации, позволяющая обрабатывать информацию ограниченного доступа, включая сведения, составляющие государственную тайну до степени секретности «совершенно секретно» включительно:

– Федеральная служба по техническому и экспортному контролю (далее-ФСТЭК) России — по 1-му классу защиты по требованиям безопасности информации к ОС общего назначения типа «А» и по первому, максимальному, уровню доверия к средствам технической защиты информации и обеспечения IT-безопасности. Данный сертификат подразумевает соответствие ОС всем предыдущим уровням доверия — с 6-го по 1-ый.

– Федеральная служба безопасности (далее-ФСБ) России — на соответствие требованиям по защите информации в автоматизированных ИС и требованиям к ПО информационных и телекоммуникационных систем специального назначения;

– Министерства обороны России — на соответствие требованиям безопасности.

Astra Linux Special Edition соответствует требованиям законодательства и нормативных документов:

- приказа ФСТЭК России от 21.09.2016 №131;
- федеральных законов №149-ФЗ и №44-ФЗ;
- постановлений Правительства РФ №1236 и №325;
- распоряжений Правительства РФ №1588-р;
- приказа Минпромторга и Минэкономразвития России №1032/397;
- приказа Минцифры России №334.[\*]

В тоже время Windows 10 не имеет сертификацию

Российская ежедневная общественно-политическая газета с усиленным деловым блоком «Коммерсант» ознакомилась с отчетом IBM об основных рис-

---

\* [https://astralinux.axoft.ru/solutions/astra\\_linux\\_special\\_edition\\_os\\_obshchego\\_naznacheniya](https://astralinux.axoft.ru/solutions/astra_linux_special_edition_os_obshchego_naznacheniya)

ках информационной безопасности в 2021 года. В соответствии с ним в этом году вырастет число атак на облачные среды и ОС на базе открытого кода Linux. Так, уже в 2020 году появилось 56 семейств вирусов, атакующих программное обеспечение на базе Linux, что на 40% больше, чем в 2019 году, говорится в исследовании. Пострадать могут и пользователи российских ОС на Linux, пояснил “Коммерсант” ведущий советник по вопросам информационной безопасности IBM в России Олег Бакшинский.

Власти уже признали проблему: для проверки безопасности операционных систем на базе ядра Linux Федеральная служба по техническому и экспортному контролю за 300 млн руб. создаст исследовательский центр. Эксперты по кибербезопасности также подтвердили рост интереса хакеров к системам на Linux. В Check Point (компания, работающая в сфере IT-безопасности.) фиксируют около 20 атак на облачные среды на базе Linux в России, что составляет 3,45% от общего числа таких атак по миру, рассказали в компании.

Для защиты облачных сред применяются профессиональные средства кибербезопасности, и, чтобы добраться до Linux-сервера, злоумышленнику придется вручную преодолеть множество рубежей защиты, заверяет Дмитрий Яшин ActiveCloud — ведущий облачный провайдер в Беларуси и России.

Прежде чем хакерская группировка сможет воспользоваться уязвимостью Linux, ей необходимо будет «пробить» собственный механизм защиты ОС Astra Linux, что, по словам главного научного сотрудника Astra Linux Петра Девянина, «непростая задача». Руководитель отдела разработки программного обеспечения Cross Technologies (системный интегратор ИБ-решений) Александр Тюрников убежден, что атаки на облачные среды «будут не настолько масштабны, чтобы привести к краху государственных и коммерческих систем».[\*]

Перевод операционных систем госорганов потребует настройки корректного взаимодействия обновленных ИТ-систем с теми решениями, что уже есть у заказчиков, и со всеми ресурсами, с которыми работают пользователи. Как

---

\* <https://www.kommersant.ru/doc/4704758>

сообщили CNews представители группы компаний Astra Linux, многие унаследованные программные и аппаратные продукты, как и ряд информационных систем, изначально создавались для применения только в среде ОС Windows. Чтобы обеспечить полноценное функционирование инфраструктур под управлением Astra Linux, предстоит подобрать совместимые отечественные аналоги продуктов и обучить пользователей и администраторов работе с ними.[\*]

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Приказ Министерства связи и массовых коммуникаций Российской Федерации от 20.09.2018 №486 «Об утверждении методических рекомендаций по переходу федеральных органов исполнительной власти и государственных внебюджетных фондов на использование отечественного офисного программного обеспечения, в том числе ранее закупленного офисного программного обеспечения»
2. <https://old.computerra.ru/vision/609608/>
3. [https://astralinux.axoft.ru/solutions/astra\\_linux\\_special\\_edition\\_os\\_obshchego\\_naznacheniya](https://astralinux.axoft.ru/solutions/astra_linux_special_edition_os_obshchego_naznacheniya)
4. <https://www.kommersant.ru/doc/4704758>
5. [https://www.cnews.ru/news/top/2020-11-12\\_gosorgany\\_rossii\\_massovo](https://www.cnews.ru/news/top/2020-11-12_gosorgany_rossii_massovo)

---

\* [https://www.cnews.ru/news/top/2020-11-12\\_gosorgany\\_rossii\\_massovo](https://www.cnews.ru/news/top/2020-11-12_gosorgany_rossii_massovo)

Д. Д. ВАСИМОВ  
oioiqwertoy@list.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. Н. Д. АНДРЕЕВ

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## КАРТА УГРОЗ НА ПУТИ ИНФОРМАЦИИ В ИНТЕРНЕТЕ

**Аннотация.** В статье рассмотрены виды угроз на пути пользователя при передаче трафика в сеть, анализ угроз, обобщенные методы борьбы с ними

**Ключевые слова:** информационная безопасность; передача данных; трафик; Интернет-провайдер; VPN; Сервер; Анализ;

Во время работы в сети Интернет любой пользователь передает данные и информацию в зашифрованных пакетах через Интернет-провайдера на сервер. Однако, несмотря на продвинутую систему шифрования и безопасности передачи на всех пунктах, которые проходит пакет с информацией - его может перехватить и/или изменить сторонний пользователь при несанкционированном доступе к каналу передачи.

На схеме ниже представлена полная карта, по которой проходит информация, прежде чем она попадает на сервер.



Рис. 1.

В течение всего пути, во время попадания на пункты карты и во время передачи между ними информация может быть стерта, украдена или изменена. Рассмотрим, какие виды атак существуют на каждом из этапов этого пути. До отправки через Интернет-провайдера пакеты могут быть изменены или переданы третьему лицу, если компьютер пользователя был ранее заражен вирусом.

Между каждым из пунктов пути в карте передачи пакетов информации от пользователя к компьютеру также может скрываться злоумышленник. Такой вид атаки называется MITM-атака или «человек посередине», когда данные сначала передаются к хакеру, после чего отправляются на следующий пункт.

При передаче информации к Интернет-провайдеру шанс проникновения злоумышленника мал, но существует, примерами атак могут служить фишинговые сервера, подмененные на компьютере и проникновение вредоносного кода на настоящие сервера.

Люди часто пользуются VPN Сервисами, в которых предоставляется услуга изменения IP-адреса пользователя со страны его проживания на любую другую выбранную страну. Большинство компаний, предоставляющих эти услуги не сертифицированы или имеют закрытые сервера, в следствие чего трафик, проходящий через них, может быть перехвачен и передан их владельцам. Помимо этого, существует риск фишинга, при взломе приложения или сайта представителя услуг и подмены серверов владельца на сервера злоумышленника.

Последним пунктом на карте передачи информации является сам сервер. Самой распространенной атакой в этом случае является DDOS-атака, которая перегружает его, однако в таком случае ваши данные не могут быть украдены, а исключительно не будут переданы адресату. Оставшиеся варианты были рассмотрены ранее в статье – это заражение сервера и фишинг, в ходе которого подменяется адрес сервера.

На основе этих данных мы приходим к выводу, что для обеспечения полной безопасности пользователя в сети требуется обезопасить достаточной защитой как каждый пункт, через который проходит информация при передаче ее от пользователя к серверу, так и сами каналы передачи, людей, которые осуществляют контроль трафика в сети. Для решения данных проблем совершенствуются и разрабатываются новые антивирусные ПО, шифровщики и дешиф-

ровщики к ним, а также проводятся курсы по основам информационной безопасности для людей.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Варлатая С. К., Шаханова М. В. Защита информационных процессов в компьютерных сетях. Учебно-методический комплекс. М.: Проспект, 2015. — 216с.
2. Палмер Майкл, Синклер Роберт Брюс. Проектирование и внедрение компьютерных сетей. Учебное пособие 2-издание. СПб.: ВНУ, 2004. — 752с.
3. Касперски К. Фундаментальные основы хакерства. Искусство дизассемблирования. М.: Солон-Р, 2002. — 13-16с.



УДК 004.056

А. Х. ГАЛЛЯМОВ

*alikhlimovich@gmail.com*

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. А. Ю. СЕНЦОВА

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## ВОЗМОЖНЫЕ МЕТОДЫ РЕАЛИЗАЦИЙ IRC СЕТЕЙ

**Аннотация.** В данной работе дается краткое описание IRC (Internet relay chat) протокола и его особенностей. Описываются возможные программные решения для реализации собственного IRC сервера.

**Ключевые слова:** IRC, разработка, архитектура.

*IRC* (англ. *Internet relay chat*) – протокол прикладного уровня, работающий по модели Клиент/Сервер, для обмена в основном текстовыми сообщениями между пользователями (клиентами). Был разработан в 1988 году. В виду простоты технической реализации был очень популярным средством общения в 90-е 00-е годы — более миллиона пользователей по всему миру [6]. В настоящее время популярен в качестве средства отправки/приема сообщения ботами в ботнетах (например, в сети интернет-вещей). Интересно, что международная спецификация протокола появилась не одновременно с первоначальной версией, а лишь в 1993 году (RFC 1459 [1]). В 2000 году она была дополнена RFC 2810, 2811, 2812, 2813 [2–5]. Данные спецификации не определяют строгий стандарт реализации протокола, а дают лишь общее (хоть и подробное) описание структуры и общих принципов работы IRC сети. Архитектура IRC сети.

Структурная схема IRC сети представлена на рисунке

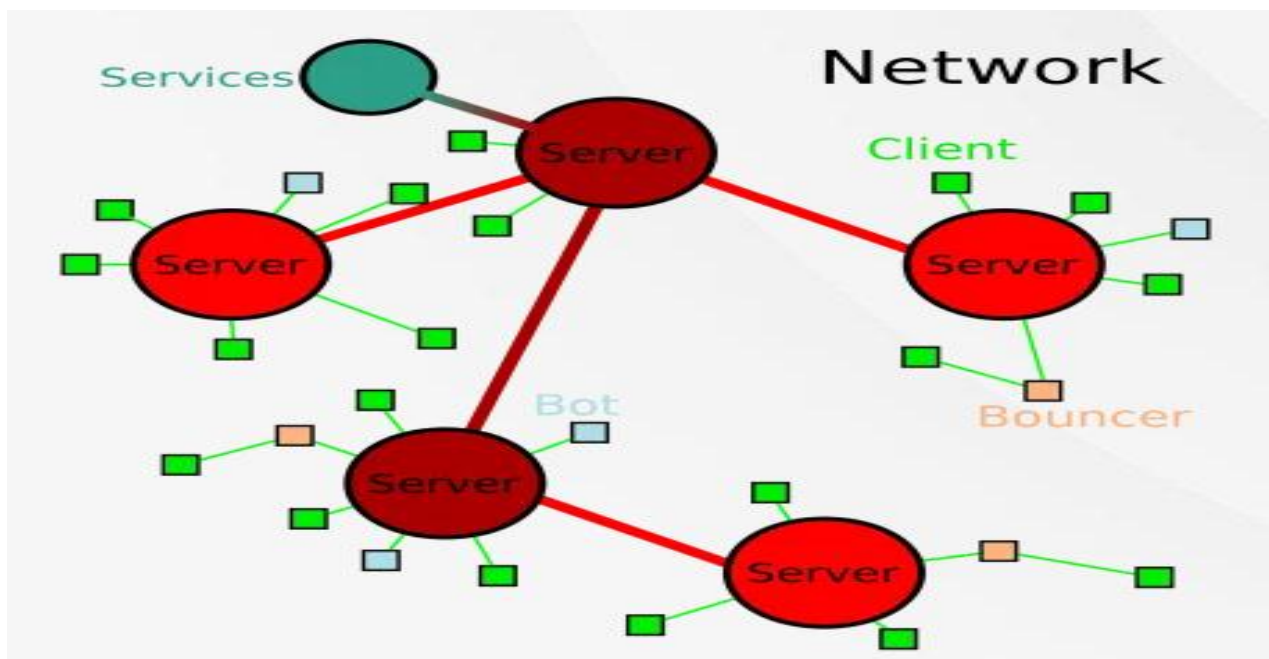


Рис. 1.

Серверы – это основа IRC сети. Они обеспечивают точку, к которой клиенты могут подключаться, чтобы общаться друг с другом, и точку для подключения других серверов. Таким образом формируется IRC сеть. Единственная сетевая конфигурация, разрешенная для серверов IRC – это конфигурация связующего дерева (spanning-tree), где каждый сервер действует как центральный узел для остальной части сети, которую он видит. Важно заметить, что при такой конфигурации в сети запрещены петли из соединений серверов [1; 2].

Клиент – это все, что подключается к серверу, но не другой сервер. Каждый клиент отличается от других клиентов уникальным nickname. Длина nickname четко задается в RFC 1459 (9 символов). Другие особенности nickname можно узнать в соответствующем разделе RFC [1]. Важной особенностью IRC сети является необходимость всех серверов иметь следующую информацию обо всех клиентах: настоящее имя хоста, на котором работает клиент, имя пользователя клиента на этом хосте, и сервер, к которому подключен клиент.

### ***Прием/передача сообщений внутри сети***

*Сообщение в IRC* – это команда, состоящая максимум из трех основных частей: префикса (необязательно), команды и параметров команды (которых может быть до 15). Команда должна быть либо валидной командой IRC, либо трехзначным числом, представленным в тексте ASCII.

#### ***Один-к-одному***

Обычно общение один-к-одному осуществляется только клиентами, поскольку большая часть трафика сервер-сервер не является результатом взаимодействия серверов только друг с другом. Чтобы предоставить клиентам безопасные средства общения друг с другом, требуется, чтобы все серверы могли отправлять сообщение ровно в одном направлении по связующему дереву, чтобы достичь любого клиента. Путь доставляемого сообщения – это кратчайший путь между любыми двумя точками связующего дерева.

#### ***Один-ко-многим***

Основная цель IRC – предоставить форум, который позволяет легко и эффективно общаться со многими клиентами. IRC имеет несколько средств для достижения этой цели: отправка сообщения списку пользователей, отправка в канал (группу пользователей), отправка конкретному хосту/маске. Подробнее о каналах и списках пользователей можно прочитать в RFC 2811 [3].

#### ***Клиент-к-клиенту***

Не существует класса сообщений, который позволил бы отправить сообщение другому клиенту напрямую.

#### ***Клиент-к-серверу***

Большинство команд, которые приводят к изменению информации о состоянии какой-либо части IRC сети (например, членство в канале, режим кана-

ла, статус пользователя и т. д.), отправляются на все серверы по умолчанию, и это распределение не может быть изменено клиентом.

### ***Сервер-к-серверу***

Большинство сообщений между серверами транслируется на все другие серверы. Исключением является, например, сообщение к конкретному пользователю, которое доставляется кратчайшим путем, т. е. имеет строгую последовательность промежуточных серверов.

### ***Особенности реализации собственного IRC сервера***

При реализации собственного IRC сервера главными вопросами являются способ хранения данных обо всей IRC сети на одном сервере, а также логика приема-обработки-отправки сообщений.

### ***Хранение данных***

Необходимо выделить сущности, которые предстоит хранить на сервере и сгруппировать их удобным способом. В IRC это сущности, которые могут подключаться к серверу (другие сервера, и клиенты) и взаимосвязи между этими сущностями (какие клиенты в каких состоят каналах, подключены ли к серверу локально и т. д.). Также возможно хранение метаданных об этих сущностях и взаимосвязях.

### ***Подключения к серверу***

Легко заметить, что каждое локальное подключение в программе будет обладать своим собственным идентификатором – номером сокета. При обнаружении нового подключения можно связать его сокет со всеми серверами в подключившейся подсети. При таком подходе, когда нужно будет отправить сообщение конкретному пользователю, мы сможем узнать сокет подсети в котором находится адресат и отправить сообщение в этом направлении.

Взаимосвязи между элементами на сервере хранятся в виде любой структуры данных, которая может хранить в себе ссылки на конкретные элементы. Например, для хранения информации о том, какие пользователи к каким принадлежат каналам, можно использовать двусвязный список. Операции добавления и удаления элементов у этой структуры данных имеет сложность вычисления  $O(1)$ .

### ***Прием и отправка сообщений***

Как было сказано выше, сообщения приходят и отправляются на конкретные сокеты. Для эффективной обработки сообщений и написания читаемого программного кода предлагается использовать паттерн объектно-ориентированного проектирования «Команда». Суть его заключается в организации обратного вызова к классу, который включает в себя класс-отправитель, и создании структуры, в которой класс-отправитель и класс-получатель не зависят друг от друга напрямую. Другими словами, предлагается реализацию каждой команды вынести в отдельную сущность, которая будет каким-либо образом изменять внутреннее состояние сервера, а сам сервер будет создавать и запускать необходимые команды.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. C. Kalt Internet Relay Chat: Channel Management — Текст: электронный // RFC 2811, 2000. — URL: <https://tools.ietf.org/html/rfc2811> (дата обращения 17.03.2021)
2. C. Kalt Internet Relay Chat: Client Protocol — Текст: электронный // RFC 2812, 2000. — URL: <https://tools.ietf.org/html/rfc2812> (дата обращения 17.03.2021)
3. C. Kalt Internet Relay Chat: Server Protocol — Текст: электронный // RFC 2813, 2000. — URL: <https://tools.ietf.org/html/rfc2813> (дата обращения 17.03.2021)

## **ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ЭЛЕМЕНТОВ ДИСТАНЦИОННОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

*Аннотация.* Актуальность данной темы обусловлена тем, что с развитием компьютерных технологий, образовательный процесс активно внедряет информационные технологии и переходит на смешанное обучение. Благодаря этому учащиеся и педагоги активно применяют цифровые технологии, что способствует хранению, обработке, накоплению и передаче информации в электронном формате. В итоге большая часть информации циркулирует в обществе в электронном формате в цифровом пространстве. Участники образовательного процесса не только трудятся, но отдыхают виртуальной среде. Смешанное обучение – можно сказать, что это часть образовательного пространства, в котором происходит формирование навыков и качеств у учащихся в 21 веке. Но при использовании информационных технологий, выявляются недостатки в классических методах защиты информации: антивирусы, проверка доступа, защита ПО и другое. В настоящее время, огромную роль играет кибербезопасность, так как почти вся информация оцифрована и очень уязвима для мошенников. В связи с этими проблемами, необходима разработка новых моделей, методов и технологий защиты информации учащихся, использующих глобальную сеть интернет.

*Ключевые слова:* информационная безопасность, глобальная сеть интернет, кибербезопасность, смешанное обучение, атаки, образовательный процесс.

Актуальность данной темы обусловлена переменами в современной социальной, экономической и политической жизни общества. Так же видна тенденция в современном образовательном процессе: происходит переход от классического образования к смешанному образованию [1]. Компьютерные технологии в образовательном процессе превратились в мощное средство для педагогов и учащихся.

Связи с этим стала доступна неконтролируемая информация в больших объемах для учащихся. Учащиеся должны уметь фильтровать нужную им информацию и быть стойкими перед информационными атаками. В основном учащиеся пользуются всемирной паутиной для поиска нужной им информации для учебы, не электронными библиотеками. А то, что быстро и просто. В итоге учащиеся получают дезинформированную информацию. В сети интернет много ложной и «фейковой» информации.

Так же видно, что с развитием информационных технологий, эволюционируют не только программное обеспечение, но и активизируется «воры» информации. Они осуществляют различные атаки на интересующих им информацию, например военные или коммерческие объекты, частную жизнь и другое. Эта информация становится доступна для мошенников. Но образовательный процесс более уязвим в нынешнее время. Дети и подростки менее защищены от пропаганды общества и других атак. В настоящее время осуществляются целенаправленные психологические атаки на сознание учащихся.

Информационная безопасность актуальна на протяжении многих лет, а особенно в настоящее время, занимает одно из важных мест в современном мире. Любое государство, компания или человек хочет защитить свою информацию (военную, коммерческую или личную), уменьшить угрозы атаки, удаления, подмены информации и другие действия. В 21 веке огромную роль играет кибербезопасность, так как почти вся информация оцифрована и очень уязвима для мошенников. Поэтому информационная безопасность в образовательном учреждении должна обеспечить сохранность не только персональных данных касающихся учащихся, преподавателей, архивов и другой информации, но и гарантировать не проникновения любой пропаганды воздействующую на сознание учащихся.

В настоящее время образовательный процесс переходит от ограниченного доступа к информации к неограниченному доступу информации. Влияние компьютеризации на образовательный процесс были рассмотрены в работах. Г. Гейна, В.Н. Каптелинина, А.П. Ершова, А.Л. Семенова, А.А. Кузнецова, а так же проходят исследование проникновение информационных технологий по педагогическому осмыслению: В.Г. Парфенова, А.Г. Асмолова, Б.Б. Вендровской, А.А. Веряева, М.Б. Игнатьева, А.А. Кузнецова, С.Н. Позднякова, А.Ю. Уварова [2].

Сейчас активно внедряется информационные технологии в образовательный процесс, с целью улучшить обучение учащихся. Так образовательный про-

цесс направляет на творческое развитие и самостоятельную деятельность учащихся. Ребята используют всемирную паутину интернет для получения нужной информации.

Глобальную сеть интернет нельзя рассматривать как благополучную образовательную среду. К опасностям информационной безопасности учащихся следует отнести: доступность, неподконтрольность, неограниченный и недоверенный объем информации, воздействие на физиологические системы человека, содержание манипулированного характера, дезориентирующая информация.

Так же возможны, атаки с извлечением конфиденциальных данных из обученных моделей, неконтролируемое поведение дообучаемых чат-ботов, атаки уклонения системы детекции объектов и другое. Основная причина уязвимости информационных систем – это ошибки в программном обеспечении. Компьютерные атаки осуществляются путем эксплуатации дефектов, точнее в нахождении уязвимости, в программном обеспечении, в коде программы, аппаратуре.

Ведущие государственные или коммерческие организации активно вкладывают деньги в разработку безопасности и интегрируют программные продукты в свои отрасли, чтобы не быть уязвимыми для хакерских атак. Но даже на самую «передовую защиту» найдется хакер, который ее взломает. Поэтому исследование и внедрение новых алгоритмов в области кибербезопасности требует тщательного исследования и времени, которое позволит увидеть хотя бы намек на атаку извне и обезвредить ее. Но эти передовые технологии не доходят до образовательных учреждений и простых пользователей. А нужно как-то защитить общество от агрессивных атак. Рассмотрим основные угрозы информационной безопасности в образовательной среде:

1. Физическое воздействие на компьютерную и аппаратную технику.
2. Программное воздействие (хакерские атаки, вирусы)
3. Повреждение носителей информации (специально или случайно)



4. Сами учащиеся, которые подвержены внешнему агрессивному влиянию из вне (влияние соцсетей, интернету и другое).

Методы и средства защиты информации в каждую историческую эпоху тесно связаны с уровнем развития техники и науки. В 20–21 веках, техника и наука развивается стремительно. Поэтому информационная безопасность стала стремительно развиваться благодаря техническому прогрессу и необходимость хранения, обработки и передачи информации. Рассмотрим способы защиты информационной безопасности образовательного учреждения:

1. Организационные меры

- Законодательные меры
- Морально-этнические меры
- Административные меры
- Организационно-технические меры

2. Программно-технические средства защиты информации

- Стенаграфические методы
- Криптографические методы
- Методы и средства технической защиты информации

Рассмотрев ключевые вопросы информационной безопасности. Что защищать? От кого защищать? Как и чем защищать? Понятно, что информацию можно защитить с помощью различного программного и технического обеспечения, специализированных программ и другого. Но как же защитить наших детей от психологического воздействия и от «зомбирования» из вне.

С начальной школы у всех детей есть гаджеты, подключенные к сети интернет. Дети сидят бесконечно в социальных сетях, информационных чатах, где могут находиться злоумышленники. Понятно, что в 21 веке нельзя приставить себе жизнь без гаджетов, но отгородить учащихся от ненужной и агрессивной информации можем.

Проблема заключается в отсутствии единой модели защиты информационной безопасности в образовательном процессе, так же не хватает потенци-

альных возможностей в информатизации образования. Так же в отсутствие законодательных и нормативных-правовых документов, определяющих уровень нравственности информации, циркулируем в глобальной сети интернет. Это все факты обостряют проблему воспитания учащихся (школьников, студентов).

Решить многие проблемы можно: использовать все меры защиты информации в комплексе. Так же привлечь родителей учащихся для разъяснения и ограничения информации на гаджетах, ноутбуках и компьютерах. Так же просматривать посещаемы страницы детей, но основании это можно вносить изменения в доступ к информации.

А также нужно ввести новый предмет «Основы информационной безопасности» в образовательных учреждениях: школах, техникумов, институтов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зуфарова А.С. Смешанное обучение как средство повышения качества образовательного процесса // В сборнике: Актуальные тенденции и инновации в развитии российской науки Сборник научных статей. Москва, 2020. С. 31– 36.
2. Возможность развития информационнообразовательной среды ВУЗА. Зуфарова А.С. Управление образованием: теория и практика. 2020. № 3 (39). С. 81–88
3. Обеспечение безопасности в образовательных организациях: теория и практика: учебное пособие / Л.А. Акимова, Е.Е. Лутовина, Л.Г. Пак и др. – Оренбург: Издательскополиграфический комплекс «Университет», 2019. – 199 с

Р. А. ГИЗИТДИНОВ, В. С. СЕМЕНОВ

659121@mail.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. А. Ю. СЕНЦОВА

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **ВЫЯВЛЕНИЕ ВИРУСОВ ШИФРОВАЛЬЩИКОВ БЕЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АНТИВИРУСА**

**Аннотация.** Проблема вирусов шифровальщиков актуальна на сегодняшний день, так как злоумышленники с каждым годом требуют выкуп все больше и больше, например, за 2021 год злоумышленники получили денег втрое больше чем за 2020 год. Хакеры не стоят на месте и с каждым годом создают больше модификаций вирусов-вымогателей. Главная проблема при защите системы от криптолокеров заключается в том, что антивирусы не могут в режиме реального времени бороться с вирусами вымогателями, поэтому стоит обезопасить данные используя не только антивирусную защиту. Бесплатные антивирусы могут быть ограничены в защите в режиме реального времени или плохой работы сканера вредоносных программ.

**Ключевые слова:** вирусы, шифровальщики, криптолокеры.

Целью работы является повышение защищенности персональных компьютеров и информационной системы организации от вирусов шифровальщиков без использования антивируса.

Задачи, рассмотренные в работе:

- как работают криптолокеры;
- как происходит шифрование;
- способы проникновения вируса вымогателя в систему;
- какие действия нужно совершить при обнаружении вируса шифровальщика;
- какими способами можно выявить вирусы шифровальщики и обезопасить себя от них.

### ***Шифровальщики***

Вирусы шифровальщики являются актуальной проблемой в информационном веке, так как информация самый дорогой ресурс на сегодняшний день, то необходимо ее защищать от шифрования, удаления или модификации для предотвращения ущерба организации.

Под криптолокерами (шифровальщиками, вирусами-вымогателями, ВШ) подразумевается семейство вредоносных программ, которые с помощью различных алгоритмов шифрования блокируют доступ пользователей к файлам на компьютере (известны такие вирусы, как: cbf, chipdale, just, foxmail inbox com и др. Данные вирусы шифруют сведения, которые хранятся в виде электронных таблиц, фотографий и рабочих файлов.). В результате этого сотрудник предприятия теряет доступ к хранящимся данным.

Часто криптолокер зашифровывает популярные виды информации в ПК: электронные таблицы, документы, базы данных 1С, любые массивы данных, фотографии, рабочие файлы и т. д. Обычно злоумышленники запрашивают некую сумму на крипто кошелек. Но зачастую зашифрованные данные даже после выплаты денег расшифровать не удастся. Сумма выплаты в основном зависит от типа информации и ее важности для организации.

Вирусы-шифровальщики делятся на 3 категории:

1. Классические с хранением ключа на ПК пользователя ИС. Вирус вымогатель шифрует данные и хранит ключ для расшифровки на самом компьютере пораженного пользователя. При оплате всей суммы, данные расшифровываются, а вирус удаляется.

2. Классические с хранением ключа на удаленном ПК. Вирус вымогатель шифрует данные и хранит ключ для расшифровки на своем сервере. При оплате предоставляется ключ, вирус с помощью этого ключа, вирусное ПО дешифрует данные и удаляется.

3. Симулянты. Злоумышленник просит оплату под предлогом возврата информации, но данные могут не шифроваться, а необратимо повреждаются. После оплаты ничего не происходит, и пользователь просто теряет свои данные.

У злоумышленников может быть несколько причин по которым они выбирают своих жертв для шифрования информации:

1. Учреждения, в которых легко уклониться от защиты. Например, небольшие компании с недостаточным уровнем внедрения средств защиты – легкая цель. Большинство сотрудников компании используют файлы в общей сети, обширная база данных и человеческий фактор упрощают проникновение для злоумышленников.

2. Вероятность быстрой и вынужденной оплаты. Некоторым организациям необходимо быстро платить выкуп. В основном это могут быть государственные организации из-за потери репутации и важной информации. Юридические фирмы и другие организации с конфиденциальными данными обычно хотят сохранить взлом в секрете, тем самым оплачивая выкуп надеясь на благоприятный исход.

### ***Статистика атак вирусов шифровальщиков***

Такую статистику приводит Kaspersky по атакам ВШ по всей России за период от 13 августа до 12 сентября за 2022 год рисунок 1.



Рис. 1. График атак ВШ

Также приведена информация, какие именно использовались шифровальщики в процентном соотношении рисунок 2.

Топ - Ransomware ЗА ПОСЛЕДНИЙ // ЗА ПОСЛЕДНИЮ МЕСЯЦ	
1	Trojan-Ransom.Win32.Crypren.gen 39.07%
2	Trojan-Ransom.Win32.Blocker.ckeq 13.48%
3	Trojan-Ransom.Win32.Crypmodng.gen 12.41%
4	Trojan-Ransom.Win32.Wanna.m 7.35%
5	Trojan-Ransom.Win32.Wanna.zbu 4.07%
6	Trojan-Ransom.Win32.Encoder 2.59%
7	Trojan-Ransom.Win32.Wanna.ar 2.39%
8	Trojan-Ransom.AndroidOS.PtgetrL.a 1.35%
9	Trojan-Ransom.MSIL.Encoder.gen 1.33%
10	Trojan-Ransom.Win32.PornoBlocker.vho 1.31%

Рис. 2. Список наиболее использующихся ВШ

Встречаются случаи, когда восстановить файлы просто невозможно, даже если вы заплатите некоторую сумму вымогателям. Это происходит в том случае, если вирус шифровальщик просто выбрасывает ключ шифрования, а не передает его для хранения на сервер.

По данным Check Point Research, с октября 2020 количество компаний, которые подверглись атаке криптолокерами, увеличилось на 57%. В 2021 году число атак со стороны хакеров растет на 9% ежемесячно. По статистике ИИ-стартапа Deep Instinct, общее количество атак криптолокерами выросло на 435% по сравнению с прошлым годом. С помощью этих шифровальщиков, злоумышленникам удалось воспрепятствовать работе 560 здравоохранительных центров, 1681 образовательных учреждений, а также более, чем 1300 иных организаций, заявляет ИБ-компания Emsisoft. Также, за год было создано 13905 новых видов ВШ рисунок 3. [18]

В 2020 году компании, чья работа была парализована из-за вирусомвымогателей, в среднем платили злоумышленникам по \$312 тыс. В то время как в предыдущем отчетном периоде оплата хакерам была около \$100 тыс.

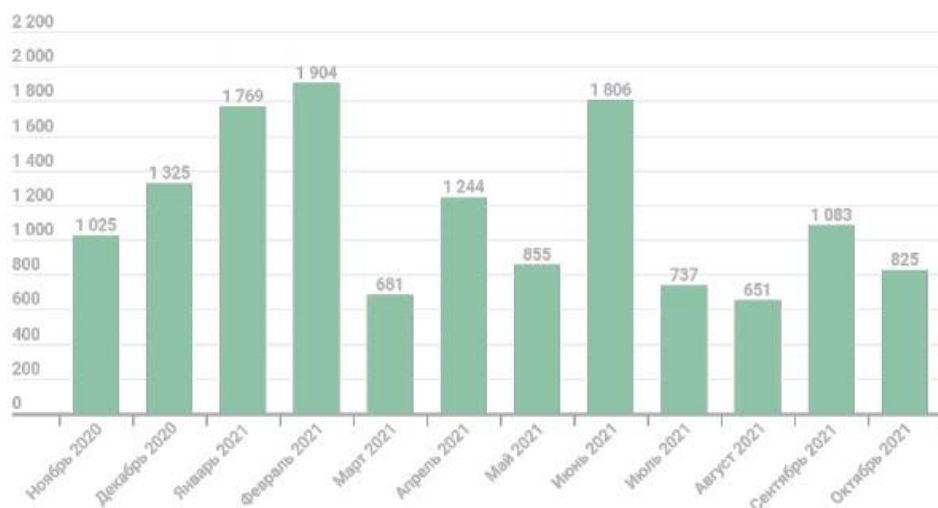


Рис. 3. Количество новых модификаций шифровальщиков, ноябрь 2020 года – октябрь 2021 года

За отчетный период Касперского, ВШ атаковали 366 256 уникальных пользователей, в том числе 92 863 корпоративных пользователя и 12 699 пользователей, связанных с малым и средним бизнесом рисунок 4.

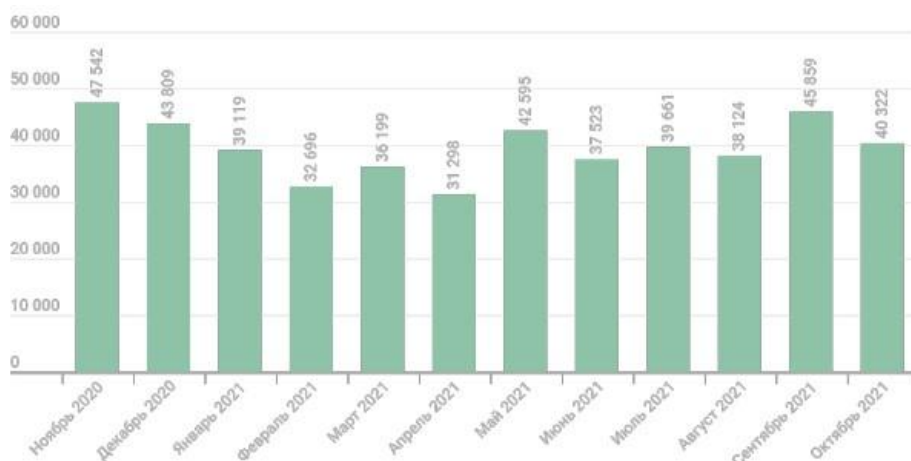


Рис. 4. Количество пользователей, атакованных ВШ, ноябрь 2020 года – октябрь 2021 года

### ***Как происходит шифрование***

Вирусы вымогатели работают по следующему принципу: сначала злоумышленник должен установить криптолокер на компьютер, далее вирус, закрепляется на компьютере жертвы, шифрует необходимые данные и удаляет теневые копии файлов, из-за чего невозможно восстановление предыдущих версий файлов. Шифруются все файлы со стандартными расширениями .jpg, .png, .doc, .xls, .dbf и т.д. Иначе говоря, зашифровываются картинки, схемы, до-

кументы, электронные таблицы, базы данных и другие стандартные файлы, которые как раз и представляют весь интерес для пользователя и за которые можно потребовать выкуп. Чем важнее информация для пользователя, тем больше злоумышленник может запросить выкуп и больше вероятность оплаты потерпевшего пользователя

После шифрования на рабочем столе создается текстовый файл (например, READ\_ME!!!!!.TXT) с предупреждением пользователя о том, что файлы были зашифрованы, а все попытки самостоятельно расшифровать файлы могут привести к безвозвратной потере данных.

Современные экземпляры вирусов используют криптостойкие алгоритмы шифрования. Содержимое файлов шифруется с очень высокой скоростью, а ключ шифруется асимметричным алгоритмом. Это означает, что на подбор ключа для расшифровки могут потребоваться годы вычислений компьютера.

Работа ВШ проходит в несколько этапов:

1. Развертывание: на начальном этапе происходит заражение ИС с помощью распространения основных компонентов, используемые в вирусах шифровальщиках. Само заражение может происходить с помощью фишинга или с использованием зараженных носителей

2. Установка: после загрузки полезной нагрузки следующим шагом будет установка. Вредоносная программа отправляет файл, который часто может избежать защиты. Программа-вымогатель запускает исполняемый файл и пытается закрепиться в зараженной системе, выполняя установку автозапуска шифровальщика при включении ПК, что позволяет злоумышленникам дистанционно контролировать систему.

3. Command-and-Control: вредоносная программа затем подключается к серверу управления и контроля (C2) злоумышленников для получения инструкций. На данном этапе, злоумышленники вносят асимметричный закрытый ключ шифрования в недоступное для жертвы место.



4. Уничтожение: после того как злоумышленникам удалось зашифровать данные, криптолокер удаляет исходные копии и единственный способ восстановить их – это расшифровать зашифрованные данные.

5. Вымогательство: требования выкупа в любом виде, не будь то текстовый файл на рабочем столе, письмо на электронную почту или же замена фона рабочего стола на номер электронного счета. Жертва узнает, что его данные зашифрованы и не подлежат восстановлению. Сумма, которую требует хакер зависит от типа цели. Злоумышленники также могут специально удалить несколько зашифрованных файлов, чтобы запугать цель и доказать, что они контролируют эту информацию в системе. Однако, если пользователь платит выкуп, это не гарантирует, что информация будет восстановлена или сама программа-вымогатель будет удалена.

Существует несколько способов проникновения вирусов шифровальщиков в ИС предприятия.

*Почта.* Это один самый распространенный вид заражения. Если отсутствует эффективный спам-фильтр, то в почту будет приходить большое количество разнообразных спамовых писем. Большая часть из них будет обычной навязчивой рекламой, но некоторые могут оказаться письмами от мошенников, которые хотят каким-либо способом заполучить нужную им информацию или же внедрить вирус в ИС теми самым зашифровать важные файлы и запрашивать выкуп за их расшифровку. Такими сообщениями на предприятии могут быть уведомления из налоговой инспекции, оплата за интернет с требованиями оплатить налог, прочитать приложенную повестку в суд или же обычная реклама — самые частые уловки злоумышленников. Также стоит заметить, что при получении сообщений, в поле «От» у этих писем стоят настоящие адреса налоговой инспекции – это означает, что рассылка ведется со взломанных аккаунтов без ведома их владельцев. Из-за правильного адреса, люди могут довериться рассылки вкупе с плохой подготовленностью сотрудников о киберугрозах и спамовых рассылках делает такие атаки весьма эффективными. Сотрудники ча-

сто попадают на вирусы шифровальщики через почту из-за того, что злоумышленники маскируют свои вирусы под «важные документы». Для обеспечения защиты предприятия от программ-вымогателей и ВШ, которые распространяются по каналам электронной почты, предприятию нужно проводить обучение персонала, с целью распознавать подозрительные электронные письма.

*Сменные носители информации.* Это один из путей заражения у которого нет необходимости подключения к интернету. Если сменный носитель заражен, а на компьютере не отключена функция автозапуска, то велик риск, что для активации троянца будет достаточно просто вставить устройство в USB-разъем.

*Вредоносные сайты.* Существует несколько вариантов. В первом случае пользователь ИС, скачивает приложения или другие файлы с ненадежных или же не контролируемых ресурсов (файлообменники, торренты и т. д.), запускает их, даже не подозревая, что вместе с полезным материалом получил вирус. Второй вариант развития событий уже происходит без скачивания каких-либо файлов: пользователю достаточно просто зайти на незащищенный, зараженный сайт, чтобы запустившийся скрипт загрузил на ПК криптолокер и активизировал процесс заражения. Но это можно предотвратить при безопасных настройках системы и самого браузера.

### ***Действия при обнаружении ВШ на компьютере***

Данные действия применимы для пользователей и организаций любого уровня.

1. Необходимо отключить ПК от сетевой инфраструктуры.
2. Зафиксировать предупреждение вымогателей, информацию по зашифрованным файлам (записать или сфотографировать экран).
3. Выяснить какие действия привели к заражению, в том числе ответив на следующие вопросы:

– Начали ли дольше работать программы или стали проявляться ошибки при работе в программах?

– Что могло привести к заражению? Это могло произойти при работе с файлами, внешними носителями, сетевыми папками, при открытии писем в почте, незащищенных сайтов в Интернете.

Также, необходимо идентифицировать вид шифровальщика. Для того чтобы это сделать нужно собрать любую информацию о криптолокере.

Этими сведениями могут являться:

- адреса электронной почты;
- другие контактные данные в зашифрованных файлах и сообщениях;
- используемые цифровые валюты и адреса оплаты;
- язык, используемый в сообщениях шифровальщика;
- схема переименования файлов (.crypt, .cry, .locked и т. д.);
- типы зашифрованных файлов;
- под какой учетной записью производилось шифрование файлов (системная, пользовательская, сервисная).

Далее необходимо собрать всевозможные технические признаки компрометации ВШ (имена процессов, устанавливаемые сетевые соединения, названия и хеши файлов, учетные записи, адреса почты, с которых производилась рассылка писем, и т.д.). Данную информацию можно получить либо из описания шифровальщика, либо при более глубоком анализе его образца.

В процессе анализа следует также определить векторы заражения и «нулевого пациента» для того, чтобы оперативно ограничить дальнейшее распространение шифровальщика. Основными векторами распространения могут быть:

- эксплуатация уязвимостей по сети (аналогично сетевым червям и вирусам);
- вложения в электронной почте;

- заражение через файлы и документы (внешние устройства, сетевые папки);

- распространение в качестве дополнительной нагрузки к другому вредоносному ПО, например, через различные загрузчики.

Недопустимыми являются следующие действия:

- переустановка Windows;

- перемещение или удаление любых (в том числе незашифрованных) файлов на компьютере;

- использование компьютера для каких бы то ни было задач;

- если на компьютере (в корне диска C:\ или папке профиля пользователя) появились файлы с названиями `crupted`, `pass` или другими подобными, то их не стоит перемещать или удалять;

- очистка истории браузера;

- смена расширения зашифрованных файлов;

- запуск каких-либо утилит дешифровки без консультации со специалистами.

Распространение вымогателей-шифровальщиков в основном происходит автоматически, но бывают и ситуации полу ручного шифрования данных и последующего вымогательства, когда злоумышленник осуществляет проникновение в сеть и запускает соответствующую программу для шифрования вручную.

Также, для организации будет полезно определить границы заражения. Этого можно достичь, используя сетевые средства защиты или средства мониторинга серверов и рабочих станций, чтобы определить, на каких именно узлах были обнаружены признаки утечки информации или же уязвимостей.

На межсетевых экранах, в DNS и прокси-серверах есть возможность посмотреть, кто обращался к командным центрам вредоносного ПО или осуществлял попытку массового заражения внутри сети. В этом случае очень полезными бывают системы класса SIEM, которые позволяют быстро проанализировать

зировать большой объем событий и сформировать правила мониторинга и выявления новых зараженных узлов.

Важной задачей также будет определение данных которые пострадали от заражения, например, данные в СУБД, пользовательские сведения. Чтобы это выяснить, можно проанализировать события изменений файлов на учетных записях с использованием специальных утилит для работы с метаданными файлов или механизмов контроля целостности операционных систем.

Необходимо определить степень влияния заражения на бизнеспроцессы и данные, это необходимо для того, чтобы владельцы компании могли принять решение о дальнейших действиях.

Также, перед восстановлением инфраструктуры необходимо убедиться, что дальнейшее распространение вредоносного ПО невозможно.

Для данного этапа важно существование эффективных механизмов восстановления данных, разворачивания серверов и рабочих станций, копий конфигурационных файлов и задокументированные настройки бизнессистем в компании.

Для того, чтобы восстановить работоспособность предприятия, необходимо проверить насколько сотрудники осведомлены, о местонахождении резервных копий, умеют ли правильно восстанавливать данные с помощью резервных копий и обладают ли знаниями об использовании инструментами восстановления. Также, перед восстановлениями данных с помощью резервных копий, необходимо убедиться не заражены ли они.

Также бывают случаи, когда восстановить резервные копии не получается из-за каких-либо причин, тогда можно попробовать осуществить поиск специализированных утилит, декрипторов.

Исходя из обзорной части, можно сделать вывод, что вирусы шифровальщики актуальная угроза на сегодняшний день, так как они легко распространяются из-за человеческого фактора. Криптолокеры могут нести большую угрозу компаниям и организациям, из-за чего нужно защищаться от них и со-

блюдать правила, благодаря которым можно обезопасить свою систему от вирусов шифровальщиков.

**Способы выявления и защиты от вируса шифровальщика без использования антивируса:**

### **1) Повышенная активность ЦП при простое ПК**

Большое количество вариаций криптолокеров использует вычислительные мощности процессора зараженного устройства для своих целей.

Для того чтобы увидеть загрузенность процессора на корпоративном компьютере, необходимо отключить все видимые активные приложения, открыть диспетчер задач с помощью комбинации: Ctrl-Alt-Delete или Ctrl-

Shift-Esc рисунок. Отсортировать с помощью нажатия на колонку «ЦП», тогда система расположит процессы в порядке убывания по мере загрузенности процессора.

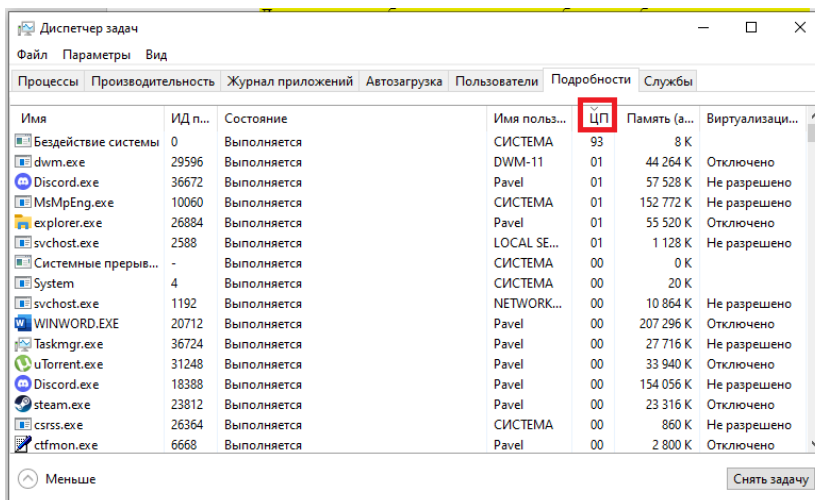


Рис. 5. Проверка загрузенности процессора в диспетчере задач

При работе ПК в простое, «Бездействие системы» должно занимать большую часть производительности процессора, а не какая-либо посторонняя программа. Также можно проанализировать приложения на загрузенность диска во вкладке «Процессы» диспетчера задач рисунок.

Вирус шифровальщик обязательно себя выдаст в этом тесте.

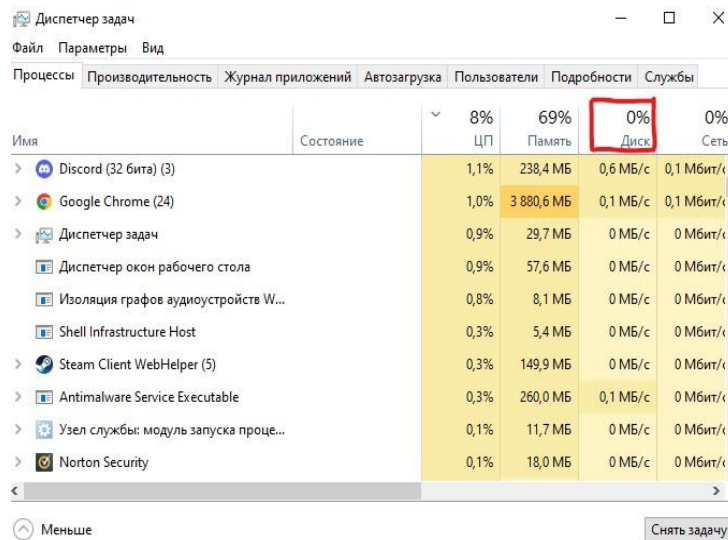


Рис. 6. Проверка загруженности диска в диспетчере задач

## 2) Подозрительная сетевая активность

Для того чтобы проверить сетевую активность необходимо зайти в «Диспетчер задач», вкладка «Производительность», «Открыть монитор ресурсов».

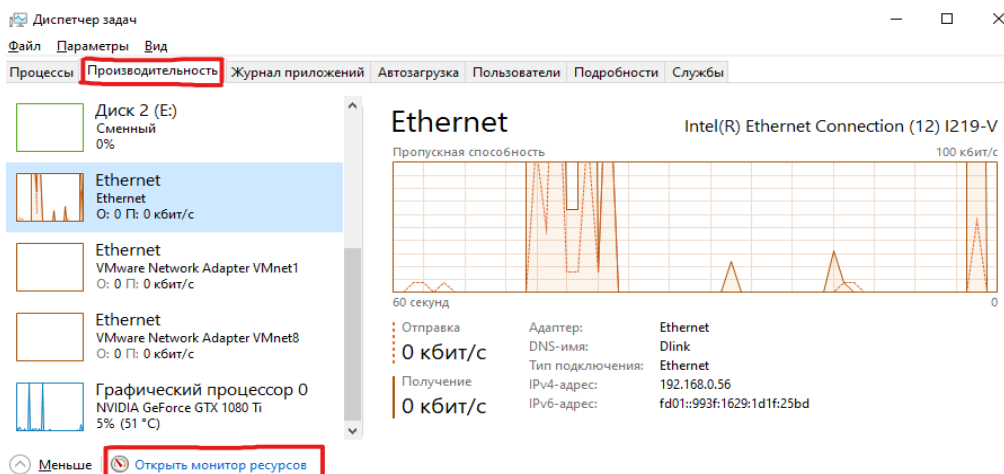


Рис. 7. Переход во вкладку «Монитор ресурсов»

Этот инструмент поможет выявить приложения, проявляющие подозрительную сетевую активность при простое ПК.

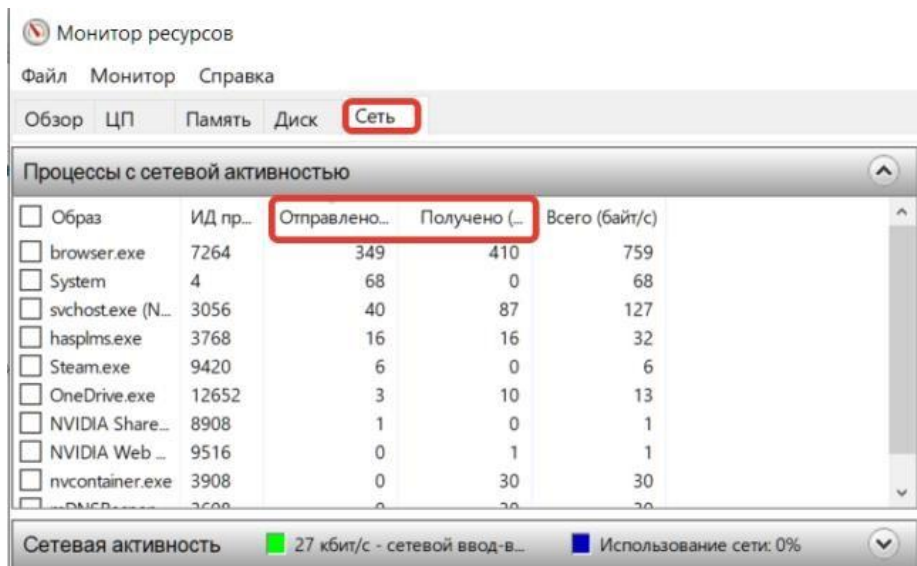


Рис. 8. Проверка сетевой активности с помощью диспетчера задач

### 3) Сбои в работе программ

Частые сбои в работе приложений также могут быть вызваны заражением вирусами-вымогателями. Они пытаются зашифровать файлы прямо во время работы, что и вызывает сбой в работе программ.

Чтобы увидеть системные ошибки можно посмотреть события в которых были сбои, для этого необходимо зайти в «Просмотр событий».

Некоторые из них имеют объяснимую природу.

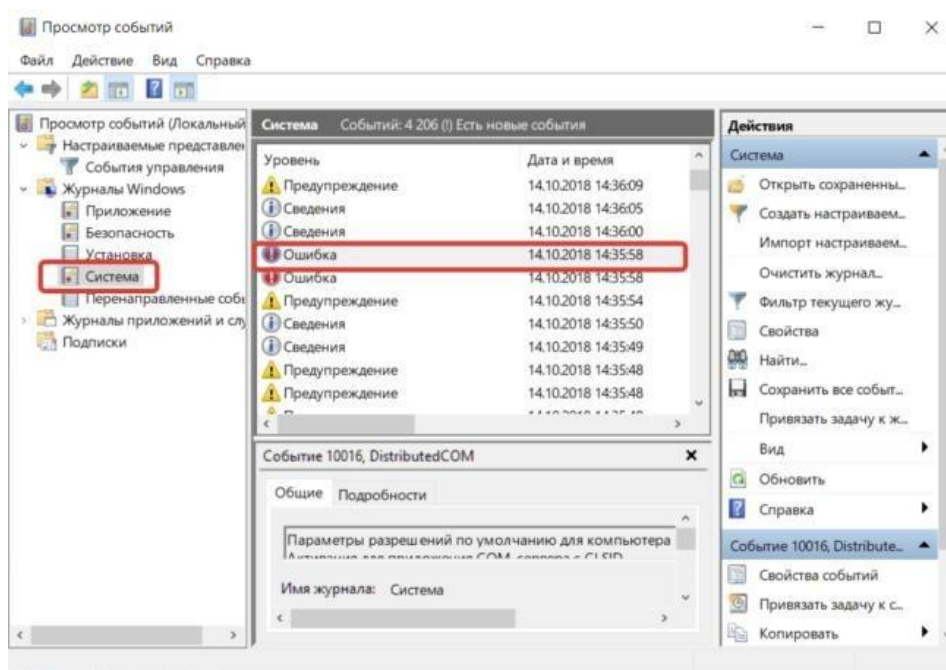


Рис. 9. Проверка сбоев и ошибок приложений с помощью просмотра событий



Некоторые вирусы, также способны парализовать действия антивирусной защиты. Это можно увидеть в отключении антивирусов, которая сопровождается ошибкой об отключении антивирусной защиты в «Просмотр событий».

#### 4) *Настройка встроенного Windows межсетевого экрана*

По умолчанию в настройках встроенного межсетевого экрана разрешен доступ в интернет всему исходящему трафику, соответственно любая программа, установленная на вашем компьютере может отправлять в интернет любые сведения. Как было сказано ранее идея нашей статьи проста – разрешить выход в Интернет только тем приложениям, которым мы доверяем, а всем остальным – запретить.

Необходимо открыть панель управления «Брандмауэр Защитника Windows» - «Дополнительные параметры» рисунок 5.

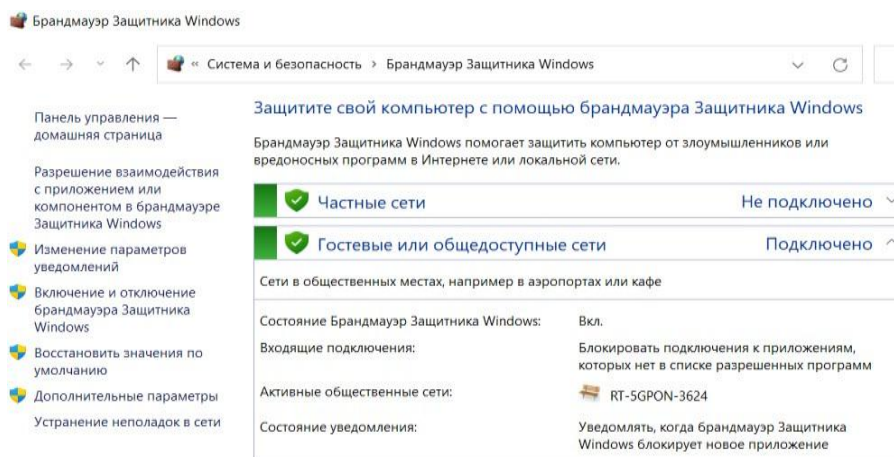


Рис. 10. Окно «Брандмауэр Защитника Windows»

Далее в свойствах Монитора брандмауэра Windows запрещаем весь исходящий трафик переключая с «Включить (по умолчанию)» на «Блокировать» рисунок 6.

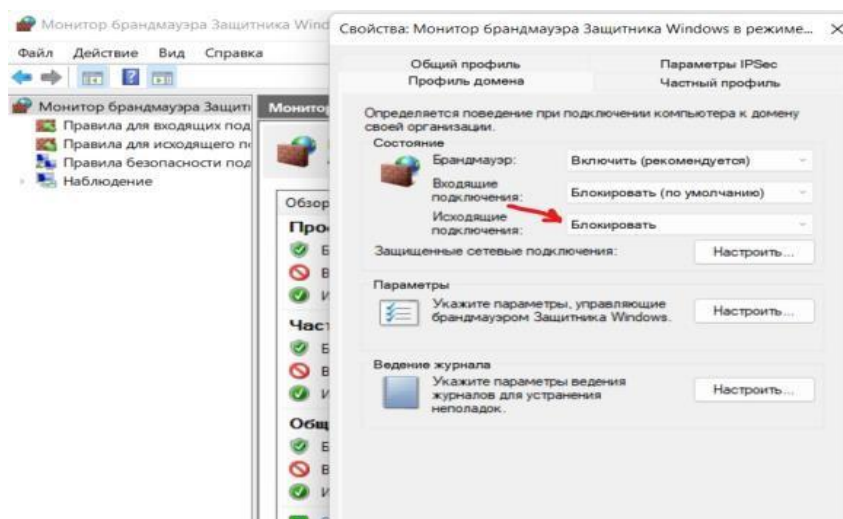


Рис. 11. Окно свойств «Монитора брандмауэра Защитника Windows»

Для того чтобы разрешить конкретной программе доступ в интернет, необходимо создать новое правило для нужной программы. В левой панели выбираем «Правило для исходящего подключения», а в правой – «Создать правило». Указываем путь к программе рисунок 7.

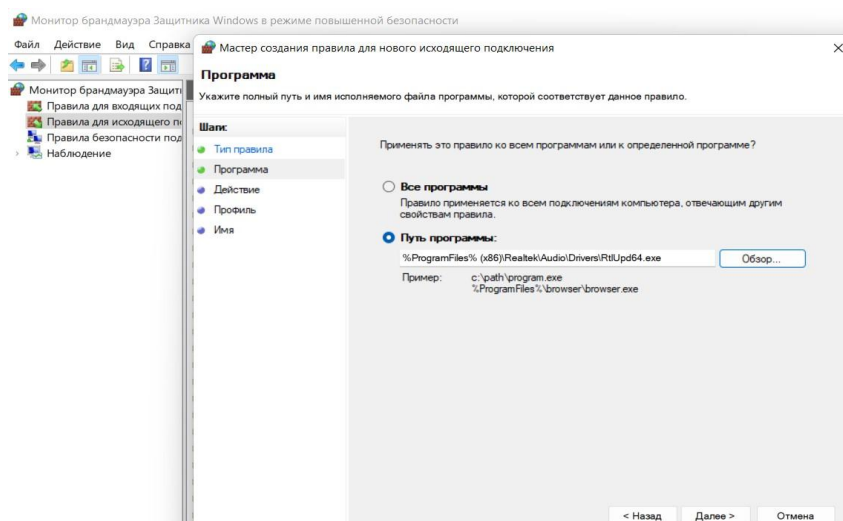


Рис. 12. Создание правил (исключений для необходимой программы)

### 5) Резервные копии

Также, необходимо регулярно делать резервные копии всех важных файлов. Желательно, чтобы было две резервные копии, одна в облаке, например, в Dropbox, Google Drive и других специализированных сервисах. А другой на сменном носителе (съёмный жесткий диск, флэш-накопители, запасной ноутбук).

Для этого устройства необходимо установить ограниченные права доступа только на чтение и запись, без возможностей удаления или перезаписи. Резервные копии также могут пригодятся и в других случаях – если вы случайно удалите важный файл или при поломке основного жесткого диска.

Целью атак хакеров, также может быть не только конфиденциальная информация, но и СРК. Злоумышленники стремятся к хищению резервных копии важной информации организации или целенаправленной порчи резервных копий, чтобы исключить возможность восстановления и нанести финансовый урон. Чтобы защититься от таких действий, рекомендуется использовать контроль доступа пользователей и ролевой контроль. Так скомпрометированный аккаунт не сможет удалить бэкапы или повредить систему резервного копирования. Но даже не заходя в СРК, вирус может начать шифровать данные на уровне файловой системы. Для того чтобы предотвратить это, в СРК некоторых производителей встроили новые функции, такие как, изменения в резервных копиях могут производить только самими процессами резервного копирования.

Как было упомянуто выше, главная задачи при построении комплексной защиты - правильно настроенная логика создания и хранения резервных копий. Рекомендуется следовать следующему принципу: как минимум три копии данных в двух разных местах, при этом одна из них за пределами предприятия и без доступа к интернету. Копии, которые находятся в офлайне, принято обозначать «воздушным зазором» (AirGap). При обнаружении программы-вымогателя важно проверить резервные данные и убедиться в том, что они не содержат вредоносных программ, прежде чем приступать к полномасштабному восстановлению.

### ***6) Ограничение прав доступа***

Защита от вируса шифровальщика в Windows может быть реализована с помощью ограничения прав доступа к файлам. Главная проблема при защите системы от криптолокеров заключается в том, что антивирусы не могут в режиме реального времени бороться с вирусами вымогателями. Если у вируса

шифратора нет прав на запись, то он и не сможет ничего сделать с данными организации. Можно также привести пример: если имеется папка с конфиденциальными данными, она хранится на жестком диске компьютера, и еще две резервные копии на разных съемных носителях (такие как USB-флэшки, или же жесткие диски). Чтобы обезопасить данные, можно установить права только на чтение, для той учетной записи на которой можно безопасно пользоваться компьютером. При проникновении ВШ в систему, у него не хватит прав на изменение данных.

Как все это реализовать, чтобы защититься от шифровальщиков файлов и все уберечь, делаем следующее:

Выбираем нужные папки, которые мы хотим ограничить в доступе. Или же можно создать новую под названием только для чтения, и уже в нее помещать все нужные вам файлы и папки. Так можно поступить, потому что, назначив на верхней папке права, они автоматически будут применены и для других, находящихся в ней папок.

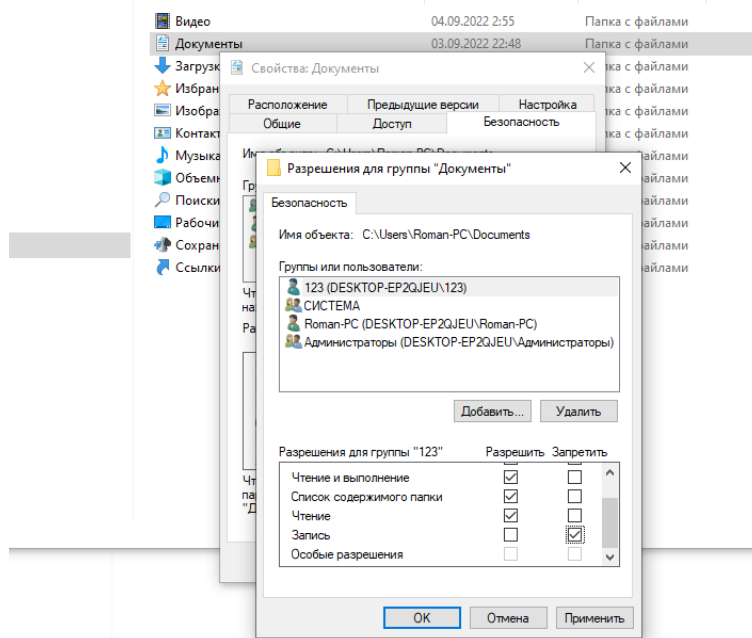


Рис. 13. Разрешения и запреты пользователей

Исходя из способов защиты от вирусов шифровальщиков, выяснили какие методы защиты можно применить, чтобы повысить защищенность персональных компьютеров и информационной системы организации.

Разобрали такие необходимые методы защиты, как:

1. Настройка встроенного Windows межсетевого экрана.
2. Отключение службы шифрования.
3. Ограничение прав доступа.
4. Использование резервных копий.

Данными мерами предосторожности не стоит пренебрегать, так как это может обезопасить целостность данных организации.

Преимущество использования данных способов защиты перед антивирусами состоит в том, что, использование данных методов абсолютно бесплатно и не требуют каких-либо сотрудничеств с компаниями ITбезопасности.

Нами были рассмотрены несколько способов обнаружения и защиты от вируса шифровальщика без использования антивируса, такие как ограничение прав у файлов, использование встроенного Windows межсетевого экрана. Для полного сохранения данных также можно делать резервные копии на несколько носителей, так можно обезопасить данные от их шифрования, или же случайной потери данных.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Действия при обнаружении криптолокера на компьютере [электронный ресурс] [https://st.drweb.com/static/new-www/files/booklets/DrWeb\\_Broshura\\_12\\_Let.pdf](https://st.drweb.com/static/new-www/files/booklets/DrWeb_Broshura_12_Let.pdf) (Дата обращения 10.09.2022).
2. Статистика атак вирусов шифровальщиков за месяц и их виды. <https://cybermap.kaspersky.com/ru/stats> (Дата обращения 12.09.2022).
3. Причины распространения вирусов шифровальщиков <https://www.securitylab.ru/blog/personal/bezmaly/350382.php> (Дата обращения 12.09.2022).
4. Статистика атак ВШ за 2020-2021 <https://www.audit-it.ru/news/soft/1032916.html> (Дата обращения 12.09.2022).
5. Метод обнаружения вирусов-шифровальщиков в компьютерной системе на основе анализа их поведенческих принципов. А. Б. Калиев, А. Н. Марьенков (2020)

УДК 004.056.5

Н. А. ГРИГОРЬЕВ

*nikolay\_grigorev\_1@mail.ru*

Науч. руковод. – д-р техн. наук, проф. В. И. ВАСИЛЬЕВ

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## НЕЙРОСЕТЕВАЯ СИСТЕМА ПАРСИНГА ЛОГОВ

**Аннотация.** В статье приводится анализ способа парсинга неструктурированных данных о событиях информационной безопасности с помощью алгоритма машинного обучения из класса обработки естественных языков. Предложена концепция нейросетевой системы парсинга логов, определены требования и модульный состав, проведено функциональное и временное тестирование.

**Ключевые слова:** парсинг; структуризация; информационная безопасность; журналы; анализ; данные; машинное обучение; NLP; natural language processing.

В настоящее время практически все организации обеспокоены возрастающим количеством угрозам информационной безопасности. Возрастает число и сложность автоматизированных систем, число их сегментов сетей и узлов, типов и платформ вычислительных сетей. Потребности современной информационной безопасности не удовлетворяются апостериорным подходом и требуют превентивных мер, применения новейших методов анализа событий для поддержания информационных систем в состоянии требуемой защищенности.

Одним из решений по минимизации рисков от реализации угроз может стать применение современных систем управления информацией и событиями безопасности (от англ. SIEM - Security Information and Event Management), выполняющие функции автоматизированного и тщательного анализа событий, предвидения атак, предугадывания их развития или, по меньшей мере, локализации проблемы с меньшими потерями.

Современная IT-инфраструктура обязана быть динамичной в соответствие с требованиями бизнеса, в ней постоянно обновляется программное обеспечение, устанавливаются новые приложения, заменяется устаревшее или вышедшее из строя оборудование. Чтобы SIEM-система работала в условиях постоянных изменений, нужно поддерживать ее в актуальном состоянии: подключать новые источники, следить за работоспособностью правил корреляции.

При этом довольно трудоемкой и в некоторых случаях слабо автоматизированной остается задача обеспечения сбора и нормализации журналов событий (логов), разнородных по источнику и формату. Среди таких форматов можно выделить следующие:

- структурированные журналы в таких форматах, как json или xml (например, журналы ОС Windows);
- слабоструктурированные журналы, представляющие из себя текстовую строку, внутри которой неявно происходит сопоставление названия поля и его значения (например, логи веб-сервера Apache);
- неструктурированные журналы в формате syslog или аналогичных форматах, представляющие из себя текстовую строку без явного разделения на поля (например, логи межсетевых экранов Huawei).

Для того, чтобы журналы событий впоследствии могли использоваться SIEM-системой и ее оператором, в первую очередь их необходимо подвергнуть процедуре так называемого парсинга – выделения значимых полей. В случае структурированного формата логов это не вызывает никаких проблем, так как инструменты работы с такими форматами разработаны для всех популярных языков программирования. Однако парсинг слабоструктурированных, а тем более неструктурированных логов представляется не такой простой задачей.

К современным способам структурирования событий лог-файлов можно отнести следующие:

- конфигурирование оборудования или программного обеспечения, формирующего свои события в неструктурированном виде, на запись логов в структурированных форматах, например, в веб-сервере Nginx есть настройка, позволяющая вести журнал событий в формате json;
- использование аппарата регулярных выражений, позволяющих по заранее установленным шаблонам выделять те или иные поля из строки лог-файла.

На сегодняшний момент основным подходом к данной задаче является применение аппарата регулярных выражений. Тем не менее он не лишен недостатков, среди которых можно отметить следующие:

- при подключении новых нетиповых источников к SIEM-системе требуется разработка специального набора регулярных выражений именно под этот источник;

- при обновлении имеющихся программных продуктов или парка аппаратных устройств, может потребоваться дополнительная адаптация регулярных выражений.

Таким образом, актуальной становится проблема разработки подхода, позволяющего автоматизировать задачу парсинга логов.

В рамках статьи предлагается использование автоматизированного подхода к решению задачи парсинга неструктурированных логов за счет применения нейронной сети глубокого обучения BERT (от англ. Bidirectional Encoder Representations from Transformers) из класса NLP-моделей для обработки естественного языка (от англ. natural language processing model), представленной исследователями из компании Google в 2018 году [4]. Основное преимущество данной модели состоит в том, что она позволяет учитывать контекст каждого поля лога, сканируя входную строку в обоих направлениях. В таком случае в зависимости от контекста сущности она получит разные 32-значные вектора во внутреннем словаре, в отличие от предшествующих моделей, где одно слово сопоставлялось лишь с одним вектором.

Для решения задачи парсинга данная нейросеть была дообучена на данных предметной области информационной безопасности путем добавления дополнительного слоя классификации. По аналогии с дообученными на данных других предметных областей моделями (BioBERT, ScyBERT, Legal-BERT) такая модель будет иметь название CyBERT [1].

В ряде статей был успешно применен метод дообучения модели BERT на данных Threat Intelligence для построения графа знаний в области кибербез-



опасности [3], а также для оценки защищенности автоматизированных систем управления технологическими процессами [2].

Можно выделить следующие преимущества предлагаемого подхода к задаче парсинга неструктурированных логов информационной безопасности:

- быстрое получение пользы от внедрения нового источника данных для осуществления мониторинга, так как нет необходимости разработки регулярных выражений, специфичных для данного источника;

- устойчивость к потерям и аномалиям в данных источника;

- адаптация к изменениям формата логов источника, например, в связи с обновлением версии программного обеспечения;

- оптимизация расходования ресурсов времени квалифицированных специалистов информационной безопасности.

На основании проведенного исследования были выдвинуты следующие требования к проектируемой системе парсинга логов:

- нейросетевая модель должна быть обучена на реальных логах инфраструктуры;

- система должна выдавать результаты парсинга в формате, пригодном для работы в выбранной SIEM-системе, быть гибкой в данном аспекте;

- система должна осуществлять сбор логов с различных категорий устройств с помощью программных компонент;

- система должна быть масштабируемой и слабо чувствительной к сетевой топологии.

В результате декомпозиции функций разрабатываемой системы был предложен следующий модульный состав и способ реализации, представленный в таблице 1.

## Модульный состав и реализация

Модуль	Реализация
Модуль SIEM	Elasticsearch и Kibana
Модуль передачи логов	Logstash
Модуль сбора логов	Filebeat, Winlogbeat, Auditbeat, Packetbeat и т.д.
Модуль парсинга логов	cyBERT

На рисунке 1 отражена структурная схема взаимодействия модулей между собой, где стрелками показано направление взаимодействия и передачи информации.

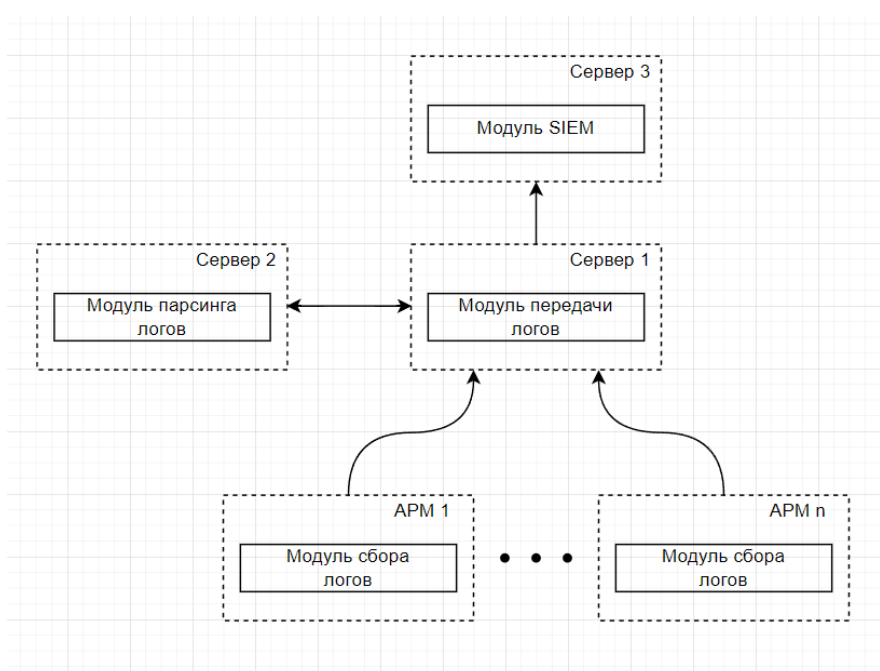


Рис. 1. Структурная схема взаимодействия модулей

Для проверки работоспособности разработанной системы был развернут стенд, который состоит из двух Docker-контейнеров. Первый оснащен графическим ускорителем Nvidia GEFORCE RTX 3080 и предназначен для реализации функций модуля парсинга логов. Операционная система контейнера – Ubuntu 20.04, дополнительно установлены пакеты CUDA 11.0 и Python 3.8.

Второй контейнер содержит установленные и сконфигурированные для совместной работы компоненты стека ELK – Elasticsearch версии 2.4.1, Logstash 2.4.0 и Kibana 4.6.1.

Схемы модульного состава тестового стенда представлены на рисунке 2.

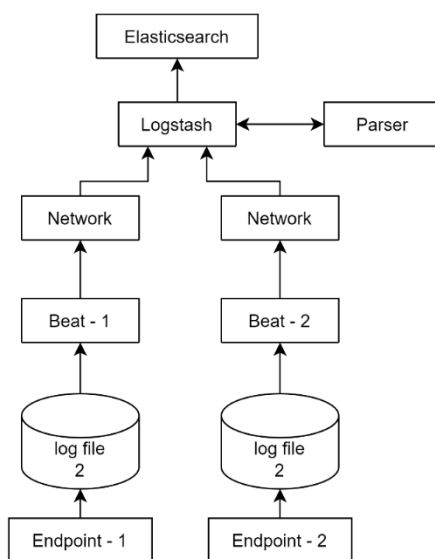


Рис. 2. Модульный состав тестового стенда

В рамках проведенного тестирования среднее время обработки события модулем парсинга находилось в пределах от 40 до 50 мс, при этом присутствовало только одно событие, для которого время обработки превысило 250 мс. Графики времени обработки событий приведены на рисунке 3.

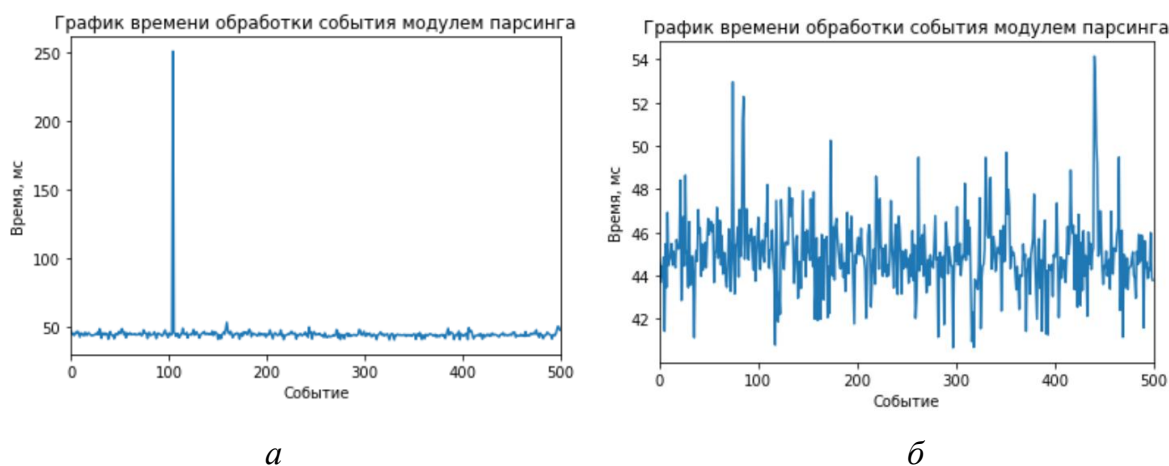


Рис. 3. Время обработки событий модулем парсинга:  
*а – все события; б – события без выброса*

Среднее время обработки события модулем SIEM-системы равнялось 51 мс. График времени обработки событий и средние значения метрики ассигасу для полей логов представлены на рисунке 4.



time_received	0.999969
error_level	0.999533
error_message	0.999673
remote_host	0.999962
other	0.999889
request_method	0.999905
request_url	0.999749
request_http_ver	0.999944
status	0.999892
response_bytes_clf	0.999928
request_header_user_agent	0.999551
request_header_referer	0.998773
dtype: float64	

*а*

*б*

Рис. 4. Время обработки событий модулем парсинга:

*а – время обработки событий; б – средние значения метрики accuracy*

В рамках исследования была рассмотрена задача парсинга логов информационной безопасности с применением нейронной сети глубокого обучения suBERT. Были сформированы требования, предложен модульный состав и реализация системы с помощью программных компонент с открытым исходным кодом из ETL-стека.

В рамках тестирования разработанной системы было выявлено, что нейросетевая система способна с вероятностью выше 99,8% выделять поля из неструктурированного лога, при этом выдавая приемлемые результаты быстродействия со средним временем обработки одного события, равным 100 миллисекундам.

В качестве примечания хочется отметить, что одним из ключевых ограничений применимости предложенного подхода к парсингу логов является наблюдающийся в последние несколько лет кризис на рынке полупроводников и, в частности, графических ускорителей. К тому же, в списке серверного оборудования организаций не часто можно встретить их ввиду ограниченности решаемых ими бизнес-задач. Поэтому в каждом конкретном случае необходимо оценивать эффективность инвестиций в узкоспециализированное оборудование.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Allen R. cyBERT 2.0 -streaming GPU log parsing with RAPIDS // RAPIDS AI [Электронный ресурс]. URL: <https://medium.com/rapids-ai/cybert-2-0-streaming-gpu-log-parsing-with-rapids-c94d94ae614> (дата обращения: 13.04.2022).
2. Ameri K. [и др.]. CyBERT: Cybersecurity Claim Classification by Fine-Tuning the BERT Language Model // Journal of Cybersecurity and Privacy. 2021. № 4 (1). С. 615–637.
3. Ranade P. [и др.]. CyBERT: Contextualized Embeddings for the Cybersecurity Domain Orlando, FL, USA: IEEE, 2021.С. 3334–3342.
4. BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding [Электронный ресурс]. URL: <https://arxiv.org/abs/1810.04805> (дата обращения: 29.05.2022).
5. BERT Explained: State of the art language model for NLP | by Rani Horev Towards Data Science [Электронный ресурс]. URL: <https://towardsdatascience.com/bert-explained-state-of-the-art-language-model-for-nlp-f8b21a9b6270> (дата обращения: 26.03.2022).
6. BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding [Электронный ресурс]. URL: <https://arxiv.org/abs/1810.04805> (дата обращения: 29.05.2022).
7. Cyber Security Analysis – Beginner’s Guide to Processing Security Logs in Python // NVIDIA Technical Blog [Электронный ресурс]. URL: <https://developer.nvidia.com/blog/cyber-security-analysis-beginners-guide-to-processing-security-logs-in-python/> (дата обращения: 26.03.2022).
8. Google AI Blog: Open Sourcing BERT: State-of-the-Art Pre-training for Natural Language Processing [Электронный ресурс]. URL: <https://ai.googleblog.com/2018/11/open-sourcing-bert-state-of-art-pre.html> (дата обращения: 12.04.2022).
9. Guo H., Yuan S., Wu X. LogBERT: Log Anomaly Detection via BERT Shenzhen, China: IEEE, 2021.С. 1–8.
10. Richardson B. Cyber Log Accelerators (CLX) // RAPIDS AI [Электронный ресурс]. URL: <https://medium.com/rapids-ai/cyber-log-accelerators-clx-400c20b1b055> (дата обращения: 29.03.2022).
11. Richardson B. cyBERT // RAPIDS AI [Электронный ресурс]. URL: <https://medium.com/rapids-ai/cybert-28b35a4c81c4> (дата обращения: 30.05.2022).

УДК 004

В. А. ГРОХОТОВ

*grokhotov.vladimir@gmail.com*

Науч. руковод. – канд. техн. наук., доц. А. М. ВУЛЬФИН

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## МЕТОДЫ РАЗБОРА И АНАЛИЗА НЕСТРУКТУРИРОВАННЫХ ДАННЫХ

**Аннотация.** В современном мире вычислительные машины ежеминутно генерируют огромный поток данных. Это могут быть как файлы журналов, в которых отображаются ключевые события и данные о состоянии системы, так и отчеты различного используемого программного обеспечения. Эти данные могут быть применены в различных сценариях – для отслеживания работоспособности, а также для предупреждения нежелательных событий. Большой объем данных усложняет ручной разбор, что влечет за собой необходимость автоматизировать разбор и систематизацию разрозненных данных в структурированный и пригодный для анализа формат. В данной статье рассматриваются основные методы и инструменты, используемые для анализа и систематизации неструктурированных данных.

**Ключевые слова:** анализ данных, неструктурированные данные, методы анализа данных.

Современные вычислительные системы множество различных данных – журналы событий, сообщения об ошибках, различные трассировки приложений. Даже если не учитывать пользовательские данные, объем генерируемых метаданных только о состоянии системы огромен (с учетом роста количества таких систем, можно прогнозировать до 50 гигабайт метаданных в час) [1] При этом все эти данные могут быть использованы во многих сферах – от улучшения и детектирования проблем в распределенных системах [2] до выявления аномальных событий в системе и оповещении о них [3].

Одна из наиболее значимых проблем, возникающих при таких объемах данных, заключается в том, что общее количество метаданных, которые необходимо проанализировать, существенно превышает количество информации, которое можно обрабатывать вручную. А существующий полуавтоматический подход к обработке, при котором оператор использует программы для фильтрации данных ключевым словам, показывает себя недостаточно эффективным [4] – таким образом могут детектироваться последствия ошибок, а источник так и окажется необнаруженным. В связи с этим возникает потребность в инстру-

ментах, способных автоматически осуществлять разбор и структурирование информации в более пригодный для анализа формат.

## 1. Основные методы разбора неструктурированных данных

Существует множество подходов к решению данной задачи, но всех их можно объединить в три группы – методы разбора на основе шаблонов, на основе связей и методы разбора, базирующиеся на методах глубокого-обучения.

### 1.1. Методы разбора на основе шаблонов

В общем случае, неструктурированные данные могут представлять собой лингвистический и нестандартизированный набор слов. В таком случае, зачастую используется метод разбора на основе шаблонов.

Шаблон представляет собой описание определенного события (например, ошибка, уведомление) с набором определенных слотов, которые могут участвовать в событии (источник, пользователь и так далее). В целом, такое описание позволяет извлечь полную информацию о произошедшем, так как помимо самого события извлекается также контекст, при котором данное событие произошло.

Существует множество алгоритмов, на основе которых строится метод разбора на основе шаблонов.

Так, например, инструмент Simple Logfile Clustering Tool (SLCT) является одним из первых, используемых для автоматизированного разбора журналов. Его алгоритм основан на трехэтапном анализе правил ассоциаций слотов и шаблонов. Первый этап – построение словарного запаса для дальнейшего анализа, на этом этапе формируется словарь и частотные характеристики распределения слов в журналах. На втором этапе из сформированного запаса строится кластер данных, на основе которого на третьем этапе формируется непосредственно шаблоны для анализа текста.

Развитием инструмента SLCT является Iterative Partitioning Log Mining (IPLM). Ключевой особенностью является разбиение не только по словам, но

и по длинам сообщений. Затем, на основе полученных групп сообщений, вычисляются частотные характеристики и формируются шаблоны.

Инструмент Log Key Analysis объединяет эвристические алгоритмы и кластеризацию. В нем также шаблоны формируются на основе статистических характеристик сообщений, но предварительно производится группировка в группы по иерархическим правилам с использованием предопределенных весов.

### 1.2. Методы разбора на основе отношений

Зачастую неструктурированные данные представляют собой поток информации, который может быть разбит на данные на основе отношений между объектами. Для того, чтобы такое извлечение было возможным, необходимо опираться на лингвистические данные или словарь. Большая часть алгоритмов по обработке данных на основе связей опирается на инструментарий сферы Natural Language Processing.

Так, например, модели на основе Conditional Random Fields (CRFs) распознают паттерны слов, а не сами отдельные слова, что позволяет распознавать объект по шаблонам и паттернам, в которых он обычно используется. [5]

Также существуют модели, анализирующие текст на основе уже проанализированных данных, взятых из публичных источников. На их основе строится иерархическая модель распределения Пачинко, которая позволяет обнаруживать основные и побочные темы сообщения (надтемы и подтемы) [6]

### 1.3. Методы разбора на основе методов глубокого обучения

Основное отличие этой группы методов – они не полагаются на эвристики и методы, основанные на каких-либо правилах разбора. Все условия разбора формируются на основе данных.

Существует множество моделей, способных извлекать данные из различных документов. Не всегда они базируются только на непосредственно данных, так сеть DeepDeSRT способна анализировать отображение документа, а не текст, что позволяет более точно распознавать структуру и строить на этом дальнейший анализ.



Другой подход демонстрирует инструмент DeepLog. На основе текста данных распознаются закономерности в распределении слов и в дальнейшем возможно обнаружение аномалий на основе уже высчитанных закономерностей.

## 2. Инструменты для обработки неструктурированных данных

Существует несколько наиболее популярных платформ, предоставляющих функционал разбора неструктурированных данных журналов и событий.

### 2.1. ELK-tools (ElasticSearch + Logstash + Kibana)

Представляют собой единую платформу для сбора, агрегирования, хранения и анализа данных.

Logstash представляет собой конвейер обработки данных, в который могут поступать данные из множества источников. После получения данные могут быть сконвертированы в нужный формат и перенаправлены в хранилище.

Из ключевых преимуществ можно отметить множество различных поддерживаемых форматов данных и инструментов для их обработки. Так в системе интегрирован парсер grok, позволяющий извлечь и структурировать информацию из файлов. По умолчанию доступно более ста шаблонов и есть возможность подключать пользовательские правила для разбора данных.

Также Logstash имеет интеграцию с Elasticsearch – поисковой системой для полнотекстового поиска, поддерживающей и нечеткий поиск в том числе.

### 2.2. Graylog Open

Высокопроизводительная система для обработки, визуализации и анализа информации. Поддерживается множество различных входных источников данных.

Разбор и структурирование данных реализуется с использованием системы экстракторов. Если данные не соответствуют стандартному протоколу анализа Syslog, то необходимо создать пользовательский экстрактор, в котором с помощью регулярных выражений, grok шаблонов и простого разбиения сооб-

щения на токены символами-разделителями будут указаны правила обработки данных.

### 2.3. Monq

Продвинутая система для сбора и анализа данных. В отличие от предыдущих продуктов, система поддерживает анализ и кластеризацию данных не только на шаблонах и регулярных выражениях, но и с использованием методов машинного обучения.

Так, в системе используется обучение по специальным меткам ML (которые также могут проставляться с использованием инструментов машинного обучения), что в дальнейшем позволяет в режиме реального времени анализировать события и в быстро реагировать на события.

### 3. Выводы

В данной статье рассмотрены основные методы анализа неструктурированных данных и существующие комплексные решения по сбору, разбору и анализу таких данных. Согласно исследованиям [2], [3], [4], с помощью этих инструментов становится возможным как и оптимизировать использование существующих вычислительных систем, так и обнаруживать различного рода ошибки, что позволяет понизить время на их устранения, и аномалии различного рода, что позволяет предупредить и ликвидировать аномальные события в системе. Можно сделать вывод, практическая польза от инструментов такого рода велика, и что проблема эффективного анализа и разбора неструктурированных данных актуальна и требует дальнейшего изучения.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. H. Mi, H. Wang, Y. Zhou, R. Lyu, and H. Cai, "Toward fine-grained, unsupervised, scalable performance diagnosis for production cloud computing systems," *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*, vol. 24, pp. 1245–1255, 2013
2. W. Xu, L. Huang, A. Fox, D. Patterson, and M. I. Jordan, "Detecting large-scale system problems by mining console logs," in *Proceedings of the ACM SIGOPS 22nd symposium on Operating systems principles*. ACM, 2009, pp. 117–132.
3. S. He, J. Zhu, P. He, and M. R. Lyu, "Experience report: System log analysis for anomaly detection," in *2016 IEEE 27th International Symposium on Software Reliability Engineering (ISSRE)*. IEEE, oct 2016.

4. Jiang, W., Hu, C., Pasupathy, S., Kanevsky, A., Li, Z., and Zhou, Y. Understanding customer problem troubleshooting from storage system logs. In Proceedings of the 7th conference on File and storage technologies (FAST'09), San Francisco, California, 2009
5. [18] R. Vaarandi, "A data clustering algorithm for mining patterns from event logs," in Proceedings of the 3rd IEEE Workshop on IP Operations & Management (IPOM 2003)(IEEE Cat. No. 03EX764). IEEE, 2003, pp. 119–126
6. D. Mimno, W. Li, and A. McCallum, "Mixtures of hierarchical topics with pachinko allocation," in Proceedings of the 24th international conference on Machine learning. ACM, 2007, pp. 633–640

## **СИСТЕМА БЕЗОПАСНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ**

**Аннотация.** Целью работы - разработка системы информационной безопасности в АО «Цифроград». Представлена схема циклов по обеспечению информационной безопасности на предприятии, структура концепции ИБ, схема комплексной системы защиты информации от несанкционированного доступа. Представлена политика ИБ, определены объекты защиты, определена модель нарушителя, контроль эффективности обеспечения информационной безопасности. Разработана частная модель угроз безопасности персональных данных на примере информационной системы «WP». Определен текущий уровень защиты информации, выявлен перечень угроз, уязвимостей, каналов утечки информации. Проведен анализ и оценка актуальности угроз, степень их опасности для системы информационной безопасности. Предложен рекомендуемый комплекс организационно-технических мер защиты информации и персональных данных по обеспечению информационной безопасности, который должен предотвратить действия нарушителей и снизить уровень угрозы безопасности.

**Ключевые слова:** система информационной безопасности, средства информационной безопасности, нормативно-правовая база, угрозы, уязвимости, риски, информационный актив, организационные меры, инженерно-технические меры.

### ***Введение***

В наше время информационная безопасность (ИБ) стала неотъемлемым элементом существования и развития большинства частных, коммерческих и государственных предприятий. В основу защиты данных заложены серьезные причины, поскольку при утечке информации любое предприятие может понести существенные финансовые потери, серьезные убытки и другие виды ущерба, приводящие в конечном результате к деструктуризации предприятия.

Происходящее вокруг информационных ресурсов соперничество, борьба за удержание и достижение некоторого информационного превосходства становятся все более и более значимыми в геополитической конкуренции многих стран мира. На сегодняшнем, новом этапе мировой истории, когда возможность активного роста за счет обычного присоединения и присвоения новых ресурсов, применяя вооруженные захваты территорий других государств стали не-

эффективными и исчерпанными, возник вопрос о более качественных и приемлемых способах геополитической конкуренции в новой информационной среде.

Становится понятным, что по мере глобализации информационной сферы качество национальных систем безопасности очень часто становится решающим фактором в вопросах политики любого субъекта геополитической борьбы. С другой стороны, неэффективность подобной системы в области информационной безопасности могут быть решающим фактором, приводящим к крупномасштабной катастрофе или аварии, последствия которых могут вызвать дезорганизацию текущего государственного управления, крах экономики или финансовой системы и т.п. что и обосновывает актуальность данной работы.

Актуальность работы состоит в постоянной необходимости повышения уровня информационной безопасности компании в связи с возрастающим уровнем угроз.

В рамках проекта рассматривается объект, использующий в процессе документооборота информацию, являющуюся коммерческой тайной. Следовательно, можно прийти к выводу, что рассматриваемый объект необходимо проанализировать на соответствие требований, установленных ФСТЭК, а при несоответствии – подлежит модернизации.

Объектом исследования является компания АО «Цифроград», а предмет исследования - организация комплексной защиты информации АО «Цифроград» Целью работы является разработка системы информационной безопасности в АО «Цифроград».

Из поставленной цели вытекают следующие исследовательские задачи:

1. дать технико-экономическая характеристику предметной области и предприятия;
2. провести анализ рисков информационной безопасности;
3. дать характеристику совокупности задач, задачи и аргументацию необходимости усовершенствования системы обеспечения ИБ и защиты информации на предприятии;

4. описать выбор защитных средств;
5. представить совокупность организационных мер обеспечения ИБ и защиты информации предприятия;
6. представить совокупность проектируемых программно-аппаратных средств обеспечения ИБ и защиты информации предприятия.

### *Анализ и характеристика деятельности АО «Цифроград»*

Организационная структура управления компанией АО «Цифроград», приведена на рисунке 1.

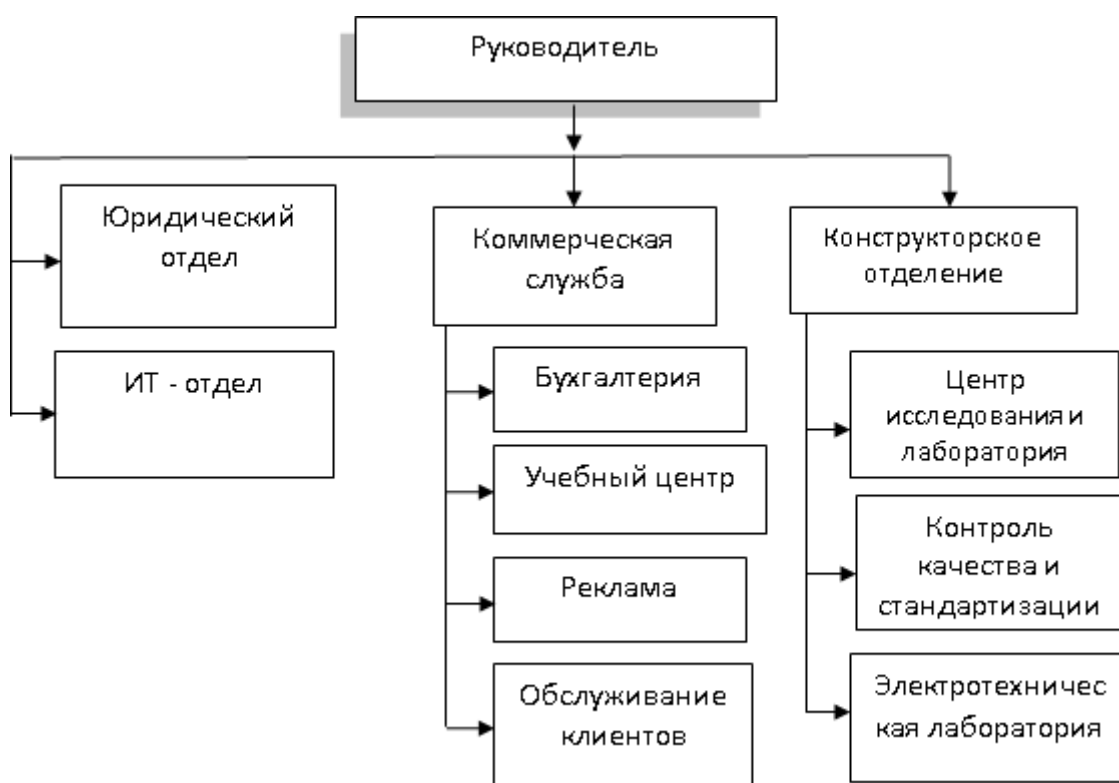


Рис. 1. Организационная структура управления АО «Цифроград»

Как видно из рисунка 1, данный вид структуры относится к линейно-функциональному типу.

Во главе компании АО «Цифроград» находится руководитель компании, который ведет контроль и управление за реализацией услуг.

В финансовых вопросах, а также вопросах предоставления услуг руководитель компании АО «Цифроград» взаимодействует с коммерческой службой.

Главными характеристиками компании АО «Цифроград» являются ориентированность на потребителей и постоянный мониторинг рынка с целью изучения новых тенденций и их своевременное внедрение в производственный процесс.

Компания АО «Цифроград» производит постоянное обновление ассортимента систем безопасности, в которых представлены системы освещения для различного уровня торговых и производственных компаний.

Для увеличения объемов реализации услуг ведутся работы по обновлению и расширению имеющихся площадей, использованию информационных технологий, что позволяет своевременно реагировать на изменения потребительских предпочтений на рынке и соответствовать потребностям сезонных продаж.

Главной задачей отдела информационных технологий АО «Цифроград» является программное и техническое обеспечение деятельности основных и вспомогательных подразделений.

Во время прохождения практики было установлено, что область деятельности отдела информационных технологий включает:

- программное и техническое обеспечение работы серверов (файловые хранилища, СУБД, почтовые системы, контроллеры домена, информационные и справочные ресурсы, системы контроля и ограничения доступа) и рабочих станций пользователей;
- обеспечение доступа к глобальной сети Интернет;
- обеспечение комплексной защиты информации (в том числе, персональных данных);
- техническое обслуживание и организация ремонта вычислительной и орг. техники;
- обеспечение компьютерной и орг. техникой подразделений АО «Цифроград»;
- организация функциональных рабочих мест сотрудников;
- контроль лицензирования используемого программного обеспечения.

### *Анализ нормативно-правовой базы в области защиты информационной безопасности на предприятии*

В настоящий момент функции организации по обеспечению ИБ выполняются сотрудниками отдела информационных технологий по распоряжению директора.

Анализ рисков ИБ проводит начальник отдела информационных технологий, решение о проведении такого анализа также принимает генеральный директор с разной периодичностью, как правило, после появления каких-то утечек информации. Таким образом, в компании АО «Цифроград» в настоящее время отсутствует продуманная стратегия по анализу рисков ИБ, анализ проводится от случая к случаю, фрагментарно и специалистом, который не подготовлен к этому. Оценка рисков вследствие проведения анализа осуществляется в качестве составления перечня наиболее актуальных угроз, которые могут представлять угрозу целостности информационных активов предприятия в ближайшей перспективе [9,22,29].

Основными видами деятельности компании АО «Цифроград» считается деятельность по разработке программного обеспечения, рекламная деятельность, работа с клиентами, деятельность по обеспечению взаимодействия с партнерами, деятельность по обеспечению взаимодействия с персоналом компании. Помимо этого, осуществляется разработка стратегических планов развития, принимаются меры по противодействию конкурентам, проводится анализ данных по результатам работы АО «Цифроград» (статистическая деятельность).

В АО «Цифроград» циркулирует информация, имеющая конфиденциальный характер и содержащая открытые сведения и сведения ограниченного распространения (персональные данные, коммерческая тайна, служебная тайна) [7,34]:

Главным источником права в сфере обеспечения ИБ Российской Федерации считается Конституция РФ.



В соответствии с Конституцией РФ:

– каждый имеет право на неприкосновенность частной жизни, личную и семейную тайну, на тайну переписки, телефонных переговоров, почтовых, телеграфных и иных сообщений (статья 23);

– сбор, хранение, использование и распространение информации о частной жизни лица без его согласия не допускаются (статья 24);

– каждый имеет право свободно искать, получать, передавать, производить и распространять информацию любым законным способом, перечень сведений, которые составляют государственную тайну, определяется ФЗ (статья 29);

– каждый имеет право на достоверную информацию о состоянии окружающей среды (статья 42).

В то же время, в соответствии со статьей 55 Конституции РФ права и свободы человека и гражданина могут быть ограничены ФЗ, если это необходимо для защиты основ конституционного строя, нравственности, здоровья, прав и законных интересов других лиц, обеспечения обороны страны и безопасности государства.

Одним из важнейших способов обеспечения информационной безопасности РФ считается защита информации.

Система нормативных и правовых актов РФ в сфере защиты информации включает в себя законы, подзаконные акты (распоряжения и указы Президента РФ, распоряжения и постановления Правительства РФ, нормативные правовые акты федеральных органов исполнительной власти), а также ряд двусторонних и многосторонних международных договоров РФ, считающихся в соответствии с Конституцией РФ составной частью ее правовой системы.

К основным законодательным актами в этой области относятся:

– законы РФ “О средствах массовой информации”, “Основы законодательства об архивном фонде РФ и архивах”, “О государственной тайне”, “О правовой охране топологий интегральных микросхем”, “О правовой охране

программ для электронных вычислительных машин и баз данных”, “Об авторском и смежных правах” и Патентный закон;

– ФЗ “Об информации, информатизации и защите информации”, “О связи”, “Об участии в международном информационном обмене”, “Об обязательном экземпляре документов”.

Помимо этого, нормы, которыми регулируются отношения в сфере защиты информации, имеются в некоторых кодексах (Гражданском, Гражданско-процессуальном, Уголовном, Уголовно-процессуальном, Налоговом, Таможенном, Семейном и др.), в законодательных актах, определяющих правовой статус некоторых государственных органов, к примеру, в законах “О федеральных органах правительственной связи и информации”, “О Центральном банке Российской Федерации и в других федеральных законах.

«Базовым» законодательным актом, определяющим отношения в информационной области (а также в связанных с защитой информации), становится ФЗ «Об информации, информатизации и защите информации», который был введен в 2006 году.

В Законе приведены определения главных терминов в информационной сфере. Опираясь на содержание статьи 2 Закона, термин информация понимается как сведения о лицах, вещах, фактах, инцидентах, процессах и явлениях независимо от формы их выражения.

Среди объектов регулирования весомую роль играют:

– «документированные данные (документ) – занесенная на материальный носитель информация с реквизитами, которые дают возможность ее идентифицировать»;

– «информационные ресурсы – некоторые документы и конкретные массивы документов, документы и массивы документов в ИС (архивах, библиотеках, фондах, БД и других ИС)»;

– «информация о гражданах (другими словами персональные данные) – информация о фактах, обстоятельствах и событиях жизни гражданина, которая позволяет точно определить его личность»;

– «конфиденциальные данные – документированная информация, доступность которой регламентируется в рамках законодательства РФ».

Одним из основополагающих достижений Закона становится разграничение информационных ресурсов на отдельные категории доступа. Согласно Закону, вся занесенная документально информация с ограниченным доступом по критериям ее правового режима может разделяться на данные, отнесенные к государственной тайне, а также конфиденциальные данные.

В Законе приведен список сведений, которые не могут относиться к информации с ограниченным доступом. Изначально к ним относятся все законодательные и другие нормативные правовые акты, которые определяют правовой статус всех органов государственной власти, органов местного самоуправления, компаний и общественных объединений; документы, включающие в себя данные о чрезвычайных ситуациях, экологическую, популяционную, санитарно-эпидемиологическую, метеорологическую и остальную подобную информацию; документы, которые содержат данные о работе органов государственной власти и органов местного самоуправления, о расходовании бюджетных средств, об экономическом состоянии и потребностях населения (исключая сведения, отнесенные к государственной тайне).

В Законе также рассмотрены вопросы, связанные с технологией обращения с персональными данными, сертификацией самих ИС, методологией, средствах их обеспечения и лицензированием деятельности по созданию и применению информационных ресурсов.

Глава 5 Закона «Защита информации и прав субъектов в рамках информационных процессов и информатизации» становится «базовой» для отечественного законодательства в сфере защиты информации.

Основополагающими целями ЗИ можно назвать:

- Недопущение утечки, кражи, утраты, изменения и копирования информации (защите подлежит вся информация, даже открытая);
- Выявление угроз безопасности личности, общества и государства (другими словами, защита данных становится одним из способов реализации информационной безопасности Российской Федерации);
- Гарантию конституционных прав граждан на сохранение личных тайн и защищенность персональных данных, находящихся внутри ИС;
- Сохранение государственной тайны, секретной документированной информации в рамках действующего законодательства.

К основным целям защиты информации относятся:

- предотвращение утечки, утраты, хищения, подделки и искажения информации (защите подлежит различная информация, включая открытую);
- предотвращение угроз безопасности личности, общества и государства (другими словами защита информации считается одним из методов обеспечения информационной безопасности РФ);
- защита конституционных прав граждан на сохранение личной тайны и конфиденциальности персональных данных, которые имеются в информационных системах;
- сохранение государственной тайны, конфиденциальности документированной информации согласно законодательству.

Законом определяется, кем и в отношении каких сведений может устанавливаться режим защиты информации. При этом порядок защиты персональных данных и государственной тайны устанавливается ФЗ. Для другой информации с ограниченным доступом режим защиты устанавливается собственником информационных ресурсов.

Защита информации должна быть комплексного характера.

В наше время в РФ наряду с российской нормативной базой обширно применяются порядка 140 международных стандартов в сфере информационных технологий. Около 30-ти из них касаются вопросов защиты информации.

Ряд международных стандартов по защите информации были приняты и введены в действие в РФ, однако они не являются целостной основой для решения проблем ИБ, в особенности в части нормативного регулирования, инструментального и методического обеспечения разработки, оценки и сертификации безопасности ИТ с учетом сегодняшнего уровня развития, многообразия и масштабов угроз.

В последние годы в различных странах сформировалось новое поколение стандартов в сфере защиты информации, которые посвящены практическим вопросам управления ИБ предприятия. Прежде всего, это национальные и международные стандарты управления ИБ: BSI, ISO 15408; стандарты аудита ИБ и информационных систем: COSO, COBIT, SAC и другие, похожие на них. Согласно национальным и международным стандартам обеспечение ИБ на любом предприятии предполагает следующее.

Первое: определение целей обеспечения ИБ компьютерных систем. Второе: построение эффективной системы управления ИБ. Третье: расчет комплекса детализированных не только качественных, а и количественных показателей в целях оценки соответствия ИБ назначенным целям. Четвертое: использование инструментария обеспечения ИБ и оценки ее текущего состояния. Пятое: применение методик управления безопасностью с аргументированной системой метрик и мер обеспечения ИБ, предоставляющих возможность объективной оценки защищенности информационных активов и управления информационной безопасностью предприятия.

По факту, аудит в области ИБ хоть и не имеет общего с финансовым аудитом, часто является дополнением к нему в качестве некой услуги, которую предлагают аудиторские фирмы своим клиентам в условиях повышения зависимости бизнеса от ИТ. Суть в том, что использование надежных и защищенных систем в какой-то степени гарантирует правильность финансовой отчетности компании. Адекватные результаты ИТ-аудита позволяют в сжатые сроки провести финансовый отчет и сэкономить при этом деньги и время клиентов.

В любом случае, только совместив лучшие стороны описанных ранее международных стандартов, а также изменив полученные рекомендации под российские реалии и требования в области ИБ можно успешно решить задачу защиты информационных активов отечественной фирмы.

В рамках выполнения квалификационной работы для формирования организационно-правовых мер обеспечения политики информационной безопасности необходимо выделить следующие уровни:

– Первый уровень: общий регламент по защите данных (Регламент ЕС 2016/679 от 27 апреля 2016 г. или GDPR – General Data Protection Regulation)[29]; международные стандарты информационной безопасности ISO17799 ("Нормы и правила при обеспечении безопасности информации")[26]; федеральный закон от 27 июля 2006 года № 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации»[21]; федеральный закон от 27 июля 2006 года № 152-ФЗ «О персональных данных»[22].

– Второй уровень: положение об обеспечении безопасности персональных данных при их обработке в информационных системах персональных данных, утвержденное постановлением Правительства Российской Федерации от 17 ноября 2007 года № 781 (далее - Положение)[23]; постановление от 21 марта 2012 года № 211 «Об утверждении перечня мер, направленных на обеспечение выполнения обязанностей, предусмотренных Федеральным законом "О персональных данных" и принятыми в соответствии с ним нормативными правовыми актами, операторами, являющимися государственными или муниципальными органами (с изменениями на 15 апреля 2019 года) [19].

– Третий уровень: базовая модель угроз безопасности персональных данных при их обработке в информационных системах персональных данных (Утверждена Заместителем директора ФСТЭК России 15 февраля 2008г.)[24]; методика определения актуальных угроз безопасности персональных данных при их обработке в информационных системах персональных данных (Утверждена Заместителем директора ФСТЭК России 14 февраля 2008г.)[25].

– Четвертый уровень: политика по обработке персональных данных в АО «ЦИФРОГРАД», руководство пользователя по обеспечению безопасности ИСПДн, инструкция администратора ИБ.

Данные организационно-правовые документы полностью регламентируют обеспечение политики информационной безопасности АО «ЦИФРОГРАД».

### ***Заключение***

В рамках выполнения выпускной квалификационной работы была поставлена цель - разработка системы информационной безопасности для защиты персональных данных АО «ЦИФРОГРАД».

Во введении сформулированы задачи, цели предоставленного исследования, названы актуальность, предмет и объект исследования, определены практическая значимость и теоретическая ценность работы.

В рамках первой главы дается технико-экономическая характеристика предметной области и предприятия и проводится анализ рисков информационной безопасности. Также дается анализ характеристики совокупности задач, задачи и аргументация необходимости усовершенствования системы обеспечения ИБ и защиты информации на предприятии. Описывается выбор защитных средств.

На примере АО «ЦИФРОГРАД» был проведен анализ деятельности предприятия. Приведена информация об организационной структуре, проведена идентификация информации, циркулирующей на предприятии, идентификация технического и программного обеспечения предприятия. Проведено исследование текущей системы информационной безопасности, анализ угроз и уязвимостей, анализ и оценка рисков. Проведена постановка основных задач по обеспечению информационной безопасности. В результате проведен выбор организационных и технических мер и средств для защиты корпоративной сети предприятия от несанкционированного доступа.

Представляется совокупность организационных мер обеспечения ИБ и защиты информации АО «ЦИФРОГРАД». Помимо этого, представляется комплекс проектируемых программно-аппаратных средств обеспечения ИБ и защиты информации предприятия на базе АО «ЦИФРОГРАД». На примере АО «ЦИФРОГРАД» был рассмотрен вопрос разработки политики информационной безопасности.

Представлена схема циклов по обеспечению информационной безопасности на предприятии, структура концепции ИБ, схема комплексной системы защиты информации от несанкционированного доступа. Представлена политика ИБ, определены объекты защиты, определена модель нарушителя, контроль эффективности обеспечения информационной безопасности. Разработана частная модель угроз безопасности персональных данных на примере информационной системы «WP».

Определен текущий уровень защиты информации, выявлен перечень угроз, уязвимостей, каналов утечки информации. Проведен анализ и оценка актуальности угроз, степень их опасности для системы информационной безопасности.

Предложен рекомендуемый комплекс организационно-технических мер защиты информации и персональных данных по обеспечению информационной безопасности, который должен предотвратить действия нарушителей и снизить уровень угрозы безопасности.

Определен список поставки защиты информации. Представлено календарное планирование внедрения системы информационной безопасности и отображена матрица ответственности.

В результате предложенных технических и программных средств, модулей безопасности была разработана многоэшелонированная защита обеспечения информационной безопасности в АО «ЦИФРОГРАД».

В ходе выполнения работы достигнуты следующие результаты:

– Проведен анализ имеющейся системы информационной безопасности.



– Определен текущий уровень защиты информации, выявлен перечень угроз, уязвимостей, каналов утечки информации.

– Проведен анализ и оценка рисков.

– Разработана политика информационной безопасности АО «ЦИФРОГРАД».

– Разработан рекомендуемый комплекс организационно-технических мер по обеспечению системы информационной безопасности, который должен предотвратить действия нарушителей и снизить уровень угрозы безопасности.

– Определен список поставки защиты информации, рассчитана стоимость их внедрения и приведено экономическое обоснование внедрения.

Таким образом, в ходе выполнения работы было установлено, что необходимо обеспечить защиту работы основной информационной системы предприятия – CRM «WP», разработанной по заказу компании, которая осуществляется автоматизацию всех процессов продаж в компании.

Таким образом, для системы защиты от несанкционированного доступа на предприятии установлены следующие средства:

– установлено сертифицированное и лицензионное антивирусное программное Dr. Web Security Space 12.0 вместо существующего бесплатного;

– для разграничения доступа пользователей через создание зашифрованного канала передачи данных установлен криптопровайдер Крипто-ПРО CSP 4.0, а также абонентский пункт безопасности Континент-АП 3.7 для бухгалтерии предприятия как самого уязвимого места на предприятии;

– на автоматизированные рабочие места пользователей установлено сертифицированное и лицензионное программное обеспечение КриптоАРМ, предназначено для шифрования, расшифрования и подписи файлов, папок.

Также разработаны предложения по технической защите предприятия.

Перспектива дальнейшего развития - разработанная политика информационной безопасности АО «ЦИФРОГРАД» можно по аналогии внедрить за минимальные затраты во все другие средние предприятия, используя те же самые

объекты поставки защиты. Действия и меры разработанной документации по информационной безопасности распространить на все отделения компании.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 27.07.2006 N 152-ФЗ (ред. от 21.07.2014) «О персональных данных».
2. Доктрина информационной безопасности Российской Федерации: Утверждена Президентом РФ от 9.09.2000 г. // Российская газета. – 2000. – 28 сент.
3. ГОСТ Р 50922-2006 «Защита информации. Основные термины и понятия»
4. ISO/IEC 17799:2005 Information technology - Security techniques - Code of practice for information security management.
5. ISO/IEC 27001:2005, Information Security Management - Specification With Guidance for Use
6. Аверченков В.И. Организационная защита информации: учеб. Пособие для вузов / В.И. Аверченков, М.Ю. Рытов. – Брянск: БГТУ, 2015. – 184 с.
7. Балдин, К. В. Информационные системы в экономике: учебник / К. В. Балдин, В. Б. Уткин. - 8-е изд., стер. - Москва: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2019. - 394 с. - ISBN 978-5-394-03244-8.
8. Белов Е.Б. Основы информационной безопасности: Учебн. пособие/ Белов Е.Б., Лось В.П., Мещеряков Р.В., Шелупанов А.А. - М.: Горячая линия, 2015. – 140 с.
9. Блинов А.М. Информационная безопасность: Учебное пособие. Часть 1. – СПб.: Изд-во СПбГУЭФ, 2015. – 96 с.
10. Будников С.А., Паршин Н.В. Информационная безопасность автоматизированных систем: Учебное пособие, издание второе, дополненное -Издательство им."Е.А.Болховитинова, Воронеж, 2015. – 135 с.
11. Бузов Г.А. Защита от утечки информации по техническим каналам: Учебн. пособие / Бузов Г.А., Калинин С.В., Кондратьев А.В.- М.: Горячая линия - Телеком, 2015. - 416 с.

УДК 5.04

Б. Э. ГУСЕЙНОВ, Б. Д. ХАЛИУЛЛИН

egus10@yandex.ru, bahamen\_1@mail.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. А. Ю. СЕНЦОВА

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **ОБЪЕКТ АТАКИ: ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ПРОЦЕССОР**

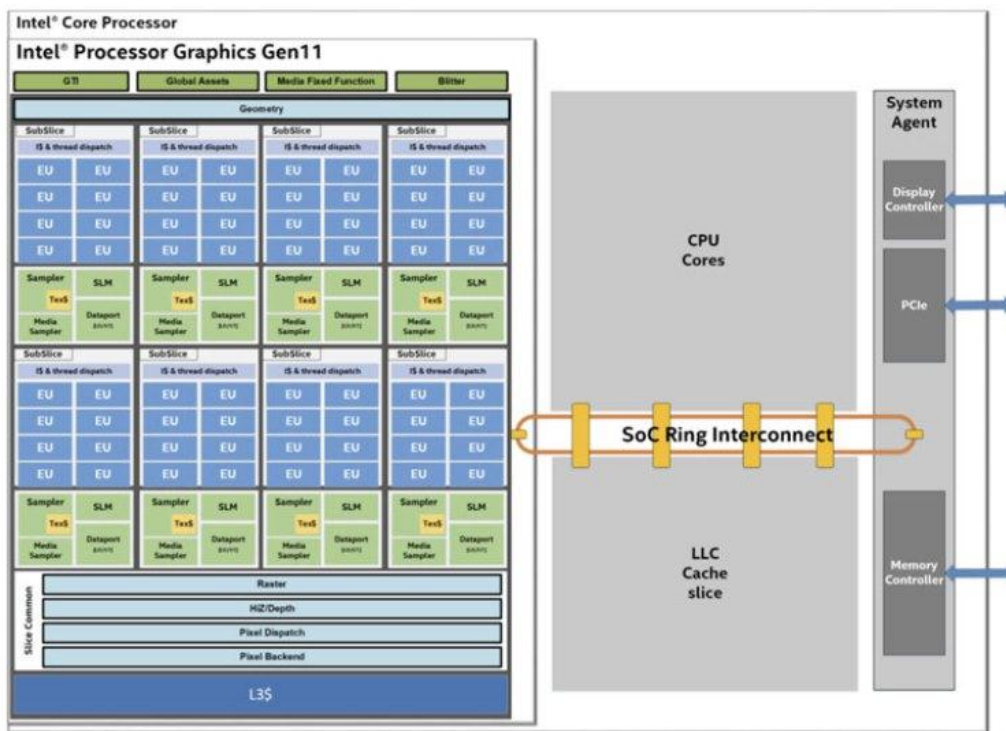
*Аннотация.* Рассматриваются темы безопасности центральных процессоров разных производителей и микроархитектур.

*Ключевые слова:* Эльбрус; Intel; AMD; безопасность; уязвимости.

### ***Найденные угрозы в архитектурах процессоров***

Несколько лет назад были обнаружены архитектурные уязвимости Meltdown и Spectre, затрагивающие многие современные CPU с блоком предсказания ветвлений, которые позволяют получить доступ к защищенной информации. Новая техника делает возможным получение данных о работе процессора с памятью в приложениях, а также позволяет отслеживать информацию о времени нажатия клавиш и определения вводимых с клавиатуры данных.

Разработанная исследователями техника нацелена на кольцевую шину, используемую для связи процессорных и графических ядер, а также кеша последнего уровня и северного моста. Техника основана на том, что кольцевая шина имеет ограниченную пропускную способность, из-за чего операции с памятью в одном процессе вызывают задержки доступа к памяти других процессов. Это может позволить злоумышленнику осуществлять генерацию нагрузки, которая будет приводить к задержке доступа к памяти в других процессах, благодаря чему данные задержки могут использоваться в качестве стороннего канала получения конфиденциальной информации.



Intel® core processor, SoC and its ring interconnect architecture.

Рис. 1. Графическое представление архитектуры процессора Intel 11-го поколения

Согласно имеющимся данным, предложенная исследователями техника позволяет восстановить отдельные биты ключей шифрования при использовании реализаций RSA и EdDSA, которые уязвимы к атакам по сторонним каналам. Кроме того, атака такого типа может использоваться для определения данных о задержках между нажатиями клавиш, которые зависят от положения клавиш. Собранная таким способом информация может быть проанализирована с целью определения вводимых с клавиатуры данных.

Meltdown - так назвали уязвимость, позволяющую «расплавить» (melt) стену между приложением, которое должно работать в своей маленькой песочнице», и памятью системы, куда ему, по-хорошему, доступ запрещен. Таким образом, программа может получить доступ ко всей памяти компьютера.

Spectre - «Призрак» (так переводится Spectre) — вторая из двух уязвимостей. Он проникает через «границу» между приложениями, может красть данные из них. Программа-жертва может быть написана идеально, с соблюдением всех-всех правил безопасности, но это не мешает взлому.

Изначально исследователи из Google Project Zero (лаборатория, сделавшая большой вклад в обнаружение этих уязвимостей) говорили, что взлом через Meltdown возможен только на процессорах Intel, выпущенных примерно с 1995 года, за исключением серверных чипов Itanium и нетопно-нетбучных Intel Atom до 2013 года.

Позже Apple подтвердила, что в опасности были все ее гаджеты: компьютеры iMac, ноутбуки MacBook (это Intel), смартфоны iPhone, планшеты iPad и даже ТВ-приставки Apple TV (а это — ARM) — все, кроме часов Apple Watch.

Из ядер ARM уязвимости сейчас подтверждены на Cortex-A15, Cortex-A57, Cortex-A72 и Cortex-A75.

AMD в своем отчете рассказала, атака Meltdown на ее процессорах невозможна, а вот «Призраку» они подвержены наполовину: один способ взлома сработал, а другой, якобы, «маловероятен» в силу неких отличий в архитектуре.

### ***Бэкдоры с завода***

Если выше были описаны уязвимости процессоров, то сейчас мы рассмотрим вариант, когда производитель сам встраивает бэкдор (backdoor), который может потенциально заниматься промышленным шпионажем, как в нуждах компании (маркетинговые исследования), так и в нуждах АНБ (Агентство Национальной Безопасности) США.

Речь идет о таких автономных подсистемах как «Intel ME» для процессоров Intel начиная с 2008-го года и «AMD Platform Security Processor» для процессоров AMD начиная с 2013-го года. Так как о последней подсистеме известно только то, что архитектурно она отличается от аналога Intel, но функционально это почти тоже самое, то речь дальше пойдет только о ME.

Intel Management Engine Interface (IMEI или Intel ME) спрятан в чипе PCH, через который ведется все общение центрального микропроцессора с внешними устройствами. Долгое время он строился на RISC-ядре ARC, но к

настоящему моменту имеет обычную систему команд x86. У него собственная операционная система. У него есть своя постоянная и оперативная память. Но главное – беспрецедентный доступ ко всем узлам и данным компьютера. Больше того, работа Intel ME невидима для CPU – и, например, получать и отправлять данные в интернет Intel ME может незаметно для любых программ, работающих на компьютере. Наконец, он активен даже тогда, когда компьютер выключен (но материнская плата запитана дежурным напряжением). Технически, если к компьютеру подключены кабель питания и ethernet кабель, он может передавать любую информацию в интернет находясь выключенным.

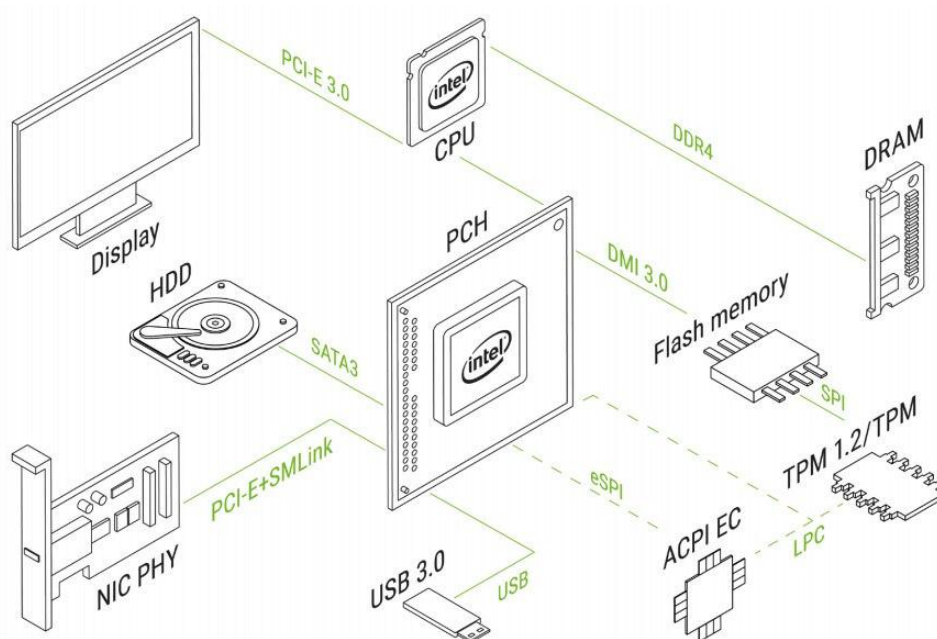


Рис. 2. Взаимодействие чипа PCH

Официальное назначение Intel ME: подготовка к пуску и пуск CPU, в том числе по сигналу из интернета, а также дистанционное управление компьютером впоследствии. В корпоративной сети это может быть очень полезным: администратор всегда имеет удаленный доступ к машинам, но при этом, благодаря расположению внутри CPU, защищенность Intel ME настолько высока, что взломать его будто бы вовсе невозможно, что выгодно отличает его от обычных приложений и устройств аналогичного назначения.

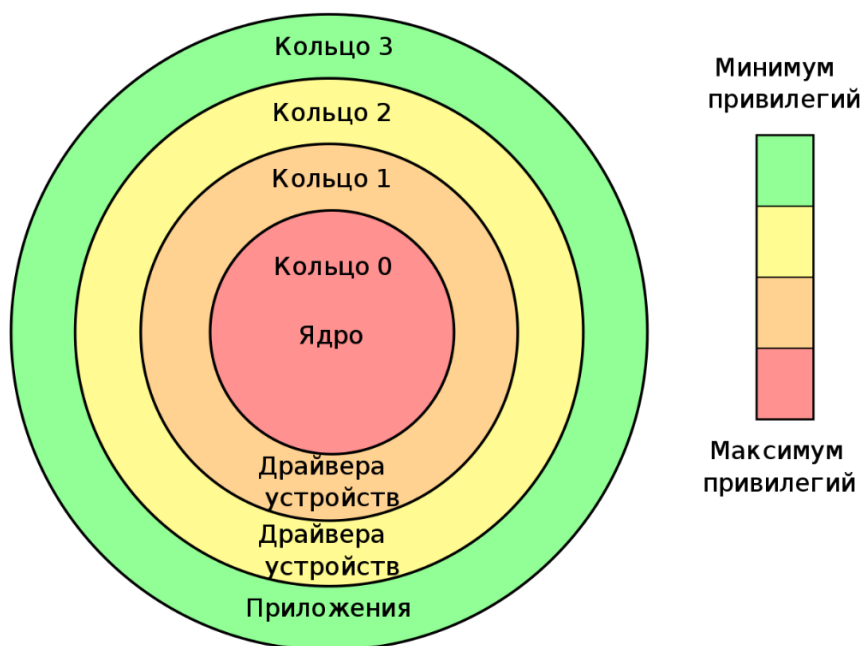


Рис. 3. Кольца привилегий архитектуры x86. ME иногда условно относят к кольцу -3, режимы System Management Mode – к кольцу -2, а гипервизор – к кольцу -1. Каждый из перечисленных режимов имеет больше привилегий, чем ядро ОС

Отключить целиком Intel ME нельзя, так же как и заменить его прошивку, но можно отключить некоторые функции. При полном отключении ME система просто перестанет работать, т.к. подсистема по сути является стартером всего компьютера. подсунуть Intel ME свою прошивку и вовсе невозможно: требуется подписать ее стойким криптоключом, который имеется только у Intel. В противном случае, выдаст ошибку и Intel ME спустя полчаса погасит CPU компьютера. А вот с частичным отключением дело движется. Суть: оказалось, что можно (вроде бы без последствий) удалить практически все модули прошивки Intel ME, оставив лишь необходимый для инициализации CPU минимум. Для этого написаны соответствующие экспериментальные open source-утилиты и руководства.

В 2017 году, специалисты компании Positive Technologies нашли недокументированный режим, который частично отключает ME после запуска CPU и инициализации оборудования. Достичь этого удалось благодаря специальному программному обеспечению, к которым относится Flash Image Tool (FIT) для настройки параметров ME и Flash Programming Tool (FPT), реализующая поддержку программирования flash-памяти напрямую через встроенный SPI-

контроллер необходимые в первую очередь для производителей материнских плат. С помощью этого ПО удалось извлечь достаточно информации о структуре прошивки ME и описании PCN strap (специальных конфигурационных битов для различных подсистем, интегрированных в микросхему PCN). Одним из таких битов оказался «reserve\_hap» с комментарием High Assurance Platform (HAP) enable, который и позволяет почти полностью деактивировать ME после включения компьютера.

```
<LayoutEntry name="reserve_hap" type="bitfield32" value="0x0" offset="0x0" bitfield_high="16" bitfield_low="16" <!-- High Assurance Platform (HAP) enable -->
```

Рис. 4. Строка «reserve\_hap»

High Assurance Platform (HAP) – программа по созданию доверительных платформ связанная с АНБ (Агентством национальной безопасности) США (NSA - National Security Agency).



Рис. 5. Слайд презентации АНБ о доверительных платформах

### ***Метод изменения полярности допанта***

Группа ученых из США, Швейцарии и Германии в составе: Георга Т. Беккера (Georg T. Becker), Франческо Регазони (Francesco Regazzoni), Кристо-



фера Паара (Christof Paar) и Вейна П. Бурлесона (Wayne P. Burleson) в своей научной работе предложили особый вид аппаратных троянов, который не может быть обнаружен никакими тестами, ни под микроскопом в сравнении с эталоном. Ученые исследовали возможность и последствия умышленного нарушения процесса легирования, а конкретно изменения полярности допанта.

Допант – это модифицирующая добавка, повышающая удельную электрическую проводимость или оптические свойства материала. Добавляется в очень малых концентрациях.

По сути, меняется только маска легирования, даже количество расходуемых примесей остается таким же. Это дает возможность получить дефектный транзистор, который всегда может иметь фиксированное напряжение на выходе или создавать ток утечки. На примере генератора случайных чисел процессоров Intel поколения Ivy Bridge была показана как такая диверсия может повлиять на безопасность.

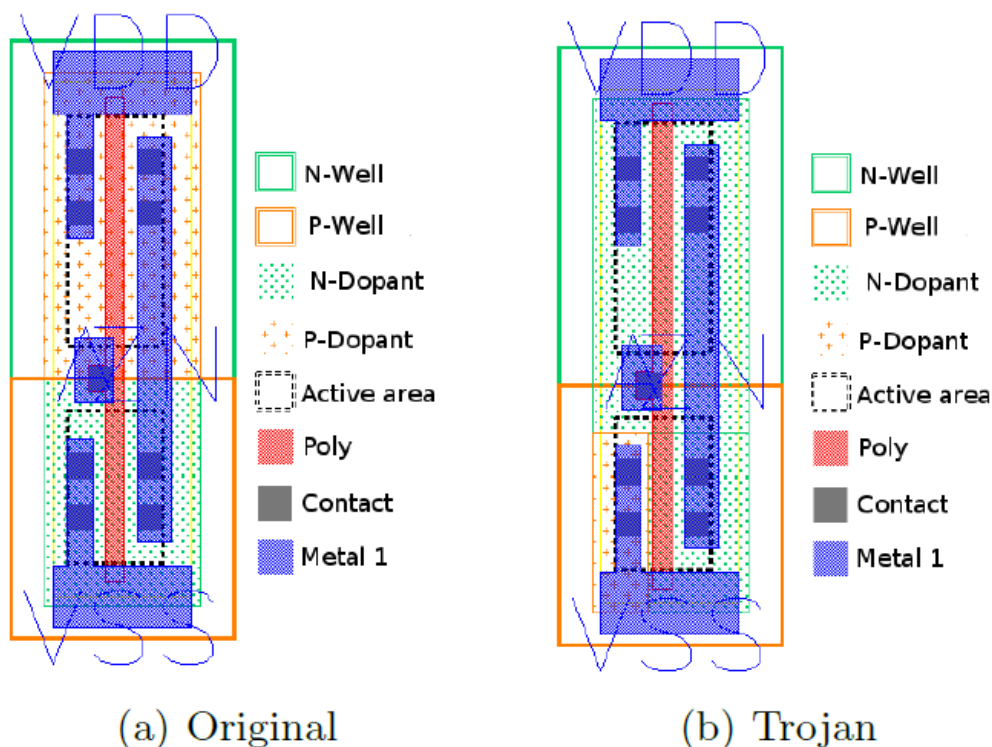


Рис. 6. Транзистор в нормальном состоянии и с измененным допантом

Генератор случайных чисел в Ivy Bridge хранит две 128-битных константы: ключ К и состояние С. В нормальном режиме работы эти константы обнов-

ляются довольно часто, но, привнеся небольшие изменения, можно добиться фиксированного значения ключа К и почти фиксированного значения С (это «почти» необходимо для прохождения внутренних и внешних тестов). Сложность «угадывания» значения С таким образом уменьшается до нужного числа бит.

Возможность создавать ток утечки была применена в другом примере для определения секретных ключей шифрованного канала при сохранении защищенности канала в целом.

### ***Российские ЦП и их защищенность***

Отечественные Байкал-Т1 (процессоры для компьютеров, сравнимы с Intel Atom) построены на основе ядер MIPS P5600 компании Imagination Technologies и не подвержены ни Meltdown, ни Spectre. А вот Байкал-М сделан на базе Cortex-A57 — и он под угрозой.

В процессорах «Эльбрус» несмотря на то, что они производятся на производственных мощностях другого государства, Тайваньской компанией TSMC, вероятность внедрения «закладок» стремится к нулю. Поскольку компании TSMC не предоставляется вся документация на процессор, предоставляется только на фотошаблон. А определить по фотошаблону и по документации на него, как взаимодействуют миллиарды транзисторов между собой невозможно. А без понимания этого, не удастся разработать и внедрить в процессор какую-либо закладку. Кроме того, в «Эльбрусах» используется технология «безопасных вычислений» позволяющая выявлять ошибки в ПО, которые могут использоваться как уязвимости. Аппаратная защита процессора обнаруживает подобные ошибки и блокирует возможность их исполнения. Так же высокую информационную безопасность обеспечивает и используемая для работы с «Эльбрусами» защищенная российская операционная система «Альт 8СП» и архитектура процессоров E2K, корни которой идут еще из СССР.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. «Disabling Intel ME», статья positive technologies [Электронный ресурс] URL: <https://www.ptsecurity.com/ww-en/analytics/disabling-intel-me-11-via-undocumented-mode/>
2. Презентация Rob Dobry Trusted Computing NSA Commercial Solutions Center 04 & 05 August 2009 «High Assurance Platform (HAP) High Assurance Challenges» [Электронный ресурс] URL: <https://fm.csl.sri.com/LAW/2009/dobry-law09-HAP-Challenges.pdf>
3. Georg T. Becker , Francesco Regazzoni , Christof Paar and Wayne P. Burleson. «Stealthy Dopant-Level Hardware Trojans Lecture Notes in Computer Science Volume 8086» (англ.) // Cryptographic Hardware and Embedded Systems - CHES. — 2013. — С. pp 197-214.
4. «Эльбрус», AMD, Intel. Чем российские процессоры лучше? [Электронный ресурс] URL: <https://naukatehnika.com/chem-rossijskie-processory-luchshe.html>
5. «Дыра в процессоре», статья ferra.ru [Электронный ресурс] URL: <https://www.ferra.ru/news/techlife/meltdown-spectre-panic-05-01-2018.htm>

Д. В. ЗОЛОТАРЕВ. А. А. КЛИМЕНКО

*danilzolotarev1980@gmail.com*

Науч. руковод. – канд. юр. наук, доц. Н. Д. АНДРЕЕВ

## **ОСНОВНОЙ ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ТЕХНОЛОГИИ DPI В УСЛОВИЯХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОТОКОЛА MODBUS**

*Аннотация.* В статье представлены анализ структуры использования промышленных мест слабой защищенности. Объяснен основной принцип действия технологии DPI. На основании выявленной информации предложены средства обеспечения безопасности трафика.

*Ключевые слова:* Modbus; проблематика промышленной топологии сети; SCADA-системы; информационная безопасность; АСУ.

Российская промышленность, объекты транспортной отрасли, энергетической отрасли в нынешний момент времени испытывают трудности с обеспечением должного уровня IT-безопасности. Данная сфера представляет собой совокупность многочисленных критически важных приложений, в основном использует типичные SCADA-системы, промышленные АСУ со стандартизированными протоколами обмена данными. Часть из данных систем создавались, проектировались десятки лет назад, когда понятия IT-безопасности не существовало вовсе.

Современные сетевые технологии непосредственно близко вошли в промышленную инфраструктуру, обеспечивая сквозной доступ к информации в сети на всех уровнях. Рассматривая данную возможность, с одной стороны, простой доступ к информации повышает эффективность системы, с другой, повышается уровень ее уязвимость со стороны различных сетевых угроз (несанкционированный доступ, вирусы, хакерские атаки). Данная проблема требует немедленного решения, однако, учитывая большую продолжительность жизненного цикла промышленных систем, рассчитывать на скорое появление, распространение защищенных систем, промышленных систем управления, соответствующих протоколов не приходится.

Все же решения для устранения бреши в безопасности промышленных систем существуют. Одним из них является применение специальных брандмауэров для SCADA-систем, использующих технологию глубокого анализа па-

кетов (Deep Packet Inspection-DPI), способных обеспечить контроль над трафиком системы управления. Данная статья раскрывает понятие глубокого анализа пакетов (DPI) в системах управления, показывает различие между промышленными брандмауэрами, известными офисными их аналогами. Также она представляет варианты применения DPI IT-специалистами для блокировки вредоносного по, несанкционированного трафика, избегая непосредственного вмешательства в работу системы управления.

### ***Необходимость в новых технологиях безопасности***

За последние 20 лет промышленные системы освоили такие сетевые технологии, как Ethernet, TCP / IP. Эти технологии широко используются в промышленных АСУ, SCADA-системах, создавая условия для более эффективной работы предприятий, делая системы контроля более доступными для пользователей. Но наряду с преимуществами они принесли, проблему: объединение информационных сетей на разных уровнях предприятия в единое сквозное информационное пространство значительно повышает уязвимость системы со стороны внешних атак, сетевых «червей», вирусов, хакеров. Если они, предлагают не какие меры по ограничению негативного поведения в сети, то эти меры крайне примитивны, легко обходятся. А если кому-либо разрешено читать данные с контроллера, то он может выключить или перепрограммировать его.

Данная ситуация не изменится, по крайней мере, еще лет десять. Промышленные системы контроля, управления редко меняются, модернизируются, их срок эксплуатации составляет от 10 до 20 и более лет. Функционал таких систем определяется заранее и не меняется, уязвимость промышленных АСУ, SCADA систем, ранее введенных в эксплуатацию, не может быть устранена соответствующими патчами, как это делается в ОС Windows. Поэтому пройдут многие годы, прежде чем новые, более безопасные системы контроля, управления получат распространение, и в течение этих лет множество промышленных систем контроля, управления будут незащищены перед вредоносными действиями даже непрофессиональных хакеров. А если злоумышленник или вредоносное программное обеспечение (ПО) может получить доступ к промыш-

ленной системы, то может быть выведено из строя большинство контроллеров, нарушен технологический процесс, причинен ущерб дорогостоящему оборудованию, возможно создание условий для возникновения аварий, и т. д.

Решением данной проблемы является технология глубокого анализа пакетов DPI, что позволяет контролировать всю передаваемую информацию в системе с высокой точностью. Это относительно простое решение. Оно не требует полной замены дорогих, уже существующих SCADA-систем, контрольно-управляющего оборудования.

### ***Что такое традиционный офисный брандмауэр?***

Для понимания того, как работает технология DPI, важно представлять себе принцип работы обычного офисного брандмауэра. Это устройство, которое «слушает», контролирует входящий трафик или трафик между подсетями. Оно перехватывает трафик, анализирует его в соответствии со списком определенных наборов правил (Access Control List – ACL). Все сообщения, которые не соответствуют спискам ACL, не пропускаются брандмауэром.

Традиционный офисный брандмауэр использует списки ACL для проверки трех первых полей сообщения Ethernet:

- 1) адрес отправителя сообщения (IP-адрес источника);
- 2) адрес получателя сообщения (IP-адрес приемника);
- 3) протокол уровня приложения, что содержится в IP сообщении, который определяется по номеру виртуального порта (порт получателя).

Проверку адресов отправителя, получателя понять легко. Проверяя IP адрес, брандмауэр исключает пересылку сообщений от отправителей или к получателям, не указанным в списках ACL. Пока участники сети используют разрешенные адреса, они могут обмениваться данными через брандмауэр.

### ***Специфика сетевых протоколов АСУ и SCADA-систем***

Проблема принципа работы традиционных брандмауэров заключается в том, что они абсолютно однозначны. Используя такой принцип, можно либо разрешить определенный протокол, либо запретить его. Более детальное управ-

ление внутри протокола невозможно. Причина этого в том, что протоколы, используемые в АСУ, SCADA-системах, не поддаются детализации. С точки зрения номера порта получателя, сообщения с чтением данных выглядят как обновление ПО. Таким образом, позволяя прохождение сообщений с чтением данных с устройства операторского интерфейса для ПЛК через стандартный брандмауэр, вы автоматически разрешаете программирование контроллеров. А это серьезное упущение с точки зрения безопасности. К сожалению, брандмауэры, представленные на рынке, не способны различать команды от SCADA-системы. Как результат «"блокировка обновлений по тарифам правила Ми брандмауэра"» ведет к блокировке всего трафика SCADA-системы. Так как трафик SCADA-системы считается критически важным, большинство инженеров просто полностью решают его, несмотря на возможные проблемы с безопасностью.

Очевидно, что брандмауэру следует глубже разбираться в протоколах для того, чтобы точно определять, какой протокол для чего используется, это как раз то, что позволяет делать техно логия DPI. После того как традиционные применены правила брандмауэра, брандмауэр с поддержкой DPI исследует контент внутри TCP / IP сообщения, применяет более детальные правила. Он спроектирован так, чтобы понимать специфические протоколы SCADA-системы, применять фильтры к полям, значений этих полей, это позволяет детально контролировать систему. В зависимости от протокола эти поля могут включать команды (такие как чтение или запись регистра), объекты (например, объект "двигатель"), сервисы (получить/записать значения), диапазоны адресов. Например, брандмауэр с возможностью глубокого исследования протокола Modbus (Hirschmann EAGLE To-fino, Honeywell Modbus Read - only Firewall, Schneider ConneXium Tofino Firewall) способен определять, какого типа сообщения (чтение, запись) содержатся в сообщении, и отфильтровать сообщения с записью информации. Хороший dpi-брандмауэр также способен проводить инспекцию сообщений на предмет их необычного формата или необычного поведения (например, 10 000 соответствующих сообщений на единый запрос). Та-

кой» неправильный " трафик характерен для сетевых атак и вредоносного ПО, и должен быть заблокирован.

С самого начала технология DPI рассматривалась как интересное дополнение к системе. Сейчас благодаря текущему поколению вирусов типа Stuxnet, Duqu, Conficker она является необходимостью для защищенных АСУ, SCADA систем. Сегодняшние разработчики вредоносного ПО знают, что брандмауэры и другие средства сетевой безопасности способны отфильтровать неопознанный или нерешенный протокол сразу. Они в курсе, что если в сети используются обычные протоколы типа HTTP, Modbus, MS-SQL, то появление нового протокола сразу обратит на себя внимание системного администратора или межсетевого экрана. пытаются уйти вглубь, то есть спрятаться внутри трафика тех протоколов, которые уже используются в атакуемой сети. Например, многие современные "черви" сейчас прячут свой внешний трафик внутри протоколу HTTP так, что снаружи его сообщения выглядят совершенно обычно. Вирус Stuxnet — это отличный пример маскировки опасного ПО внутри "невинного" протокола. Он спроектирован для функционирования внутри протокола RPC (Remote Procedure Call), предназначен как для заражения новых жертв, для коммуникаций в режиме точка–точка между зараженными машинами. RPC — это идеальный протокол для атаки АСУ, SCADA-систем, так как он широко применяется в современных системах контроля, управления.

Для примера, технология OPC (OLE for Process Control), что является сегодня наиболее используемой в промышленной интеграции объектов, базируется на технологии DCOM (Distributed Component Object Model), которая также действует по протоколу RPC. Более того, серверы управления, рабочие станции обычно конфигурируются для совместного использования файлов, принтеров по протоколу Microsoft SMB, который также передается поверх протокола RPC. И, возможно, наиболее значимый пример здесь-все контроллеры Siemens SIMATIC PC S7, системы на их основе, которые используют собственные форматы сообщений, также передаются поверх протокола RPC. Если бы вы были администратором сети, зараженной вирусом Stuxnet, единственное, что бы вы заметили, — небольшое увеличение трафика, что вряд ли послужило бы пово-



дом для тревоги. Даже если бы вы что-то заподозрили, то вряд ли вы бы что-то обнаружили, имея в арсенале лишь стандартный брандмауэр.

### **Вывод**

Технология DPI – мощный инструмент в ассортименте средств обеспечения IT-безопасности, который позволяет обнаруживать, блокировать вредоносный трафик в системах управления, SCADA-системах. Данная технология не абстрактна, она имеет вполне конкретную уже рабочую реализацию в виде модульного ПО Tofino от Byres Security, входящего в аппаратнопрограммный комплекс защиты Hirschmann EAGLE Tofino.

EAGLE Tofino способен проводить глубокий анализ более чем 50 промышленных протоколов (PROFINET, МЭК 61850, DNP, и др.), анализировать трафик Modbus TCP, OPC-сервера/ клиента, строить VPN-тоннели. Программное обеспечение Tofino включает более 25 предварительно настроенных профилей безопасности для ПЛК Siemens, VIPA, WAGO, и т.д., позволяя обезопасить контроллеры от несанкционированного вмешательства в их программы.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Advantech. (2022). Как общаются машины: протокол Modbus. Получено из <https://habr.com/ru/company/advantech/blog/450234/>.
2. datasolution. (б.д.). Структура SCADA-системы. Получено из <http://datasolution.ru/chto-takoe-scada>.
3. Electrician. (б.д.). Проблемы протоколов вызова в современных промышленных системах IoT. Получено из <https://elenergi.ru/problemy-protokolov-vyzova-v-sovremennyx-industrialnyx-sistemax-iot.html>.
4. ipc2u. (2022). Просто о Modbus RTU с подробным описанием и примерами. Получено из <https://ipc2u.ru/articles/prostye-resheniya/modbus-rtu/>.
5. Promwad. (2022). Обзор современных протоколов в системах промавтоматики. Получено из <https://habr.com/ru/post/473992/>.
- 6 . tadviser. (2022). Supervisory Control And Data Acquisition. Получено из <https://inlnk.ru/70jyZl>
7. Барышева, Д. (2022). Modbus: простыми словами о популярном протоколе для M2M-взаимодействия. Получено из <https://mcs.mail.ru/blog/modbus-dlya-m2m-vzaimodejstviya>.

## ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ СИСТЕМЫ ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ

**Аннотация.** В статье рассматриваются существующие решения для создания экосистемы интернет вещей (IoT), описываются их различия и преимущества.

**Ключевые слова:** интернет вещей; IoT, умный дом, умные девайсы.

Информационные технологии в наше время развиваются особенно быстро, проникая все глубже во все сферы человеческой жизни. Помимо мощных компьютеров, которые могут выполнять огромное количество различного рода задач, смартфонов, которые по своему набору функции ушли далеко вперед от экземпляров двадцатилетней давности, начали появляться умные девайсы, позволяющие упростить жизнь человека (умные чайники, роботы-пылесосы и т.д.). Количество таких устройств с каждым годом увеличивается. Многие девайсы этого рода имеют свойство работать и контролироваться удаленно при помощи смартфона, но для лучшего взаимодействия между устройствами стоит их объединить в одну единую сеть. На рынке есть множество таких решений, и в этой статье будут рассмотрены самые популярные инструменты для реализации системы умного дома.

### *Home assistant*



Рис. 1.

Данная система, разработанная на Perl3, разворачивается при помощи локального сервера, запущенного на виртуальной машине, что достаточно удобно и просто в реализации. Этот инструмент взаимодействует с большим количеством отладочных плат и микроконтроллеров (семейства плат ESP, Raspberry, Миландр и др.). Home assistant, помимо организации коммуникации умных вещей в одной сети, позволяет реализовать проекты, которые в дальнейшем так же будут принимать участие в системе умного дома (автоматизация полива и т.д.). Также стоит упомянуть о возможности взаимодействия с голосовыми помощниками, такими как Алиса от Яндекс, Алекса от Amazon, а также Siri от Apple. Данная система позволяет контролировать все подключенные устройства через одноименное приложение в смартфоне. Отдельно стоит отметить пользователей данной системы, сообщество которых весьма активно делятся опытом использования и исправлением разного рода ошибок и неисправностей. Управляется при помощи сценариев прописанных скриптами в формате .yaml [1].

### *Xiaomi*

Для образования сети коммуникации умных устройств Xiaomi есть специальное устройство Xiaomi Mi Smart Home Hub. Оно имеет на борту голосовой помощник. Но, к сожалению, представленный центр управления умным домом взаимодействует только с устройствами своего семейства, а также для коммуникации умных устройств от этого производителя приобретение данного девайса вовсе необязательно, так как устройства неплохо справляются и без “посредника”.

### *iOBroker*

Из плюсов данной системы стоит отметить простоту развертывания и установки. Является универсальным решением для интернета вещей наряду с Home assistant. Имеет визуальный редактор планов помещений VIS, работает с MQTT на основе Node.js. Имеет возможность интегрирования в HomeKit. Имеет при-

ложения для Android и iOS(VIS). Для управления используется визуальное средство Blockly.

### *OpenHab*

Является одной из первых систем управления системами умного дома. Имеет голосовой интерфейс, в котором отсутствует управление на русском языке. В последних генерациях мобильных приложения появилась возможность взаимодействия с HomeKit для управления устройств Apple без установки дополнительных приложений. Многие пользователи отмечают низкий уровень удобства при работе и использовании данной системы управления.

### *Majordomo*

Программа написана на языке PHP, который так же используется для того, чтобы отлаживать логику работы описываемого инструмента. Имеются готовые интеграции к наиболее распространенным контролерам, а так же открытый протокол обмена данными MQTT [2]. Так же стоит отметить широкое сообщество русских пользователей, которые делятся своим опытом взаимодействия с данной системой. Из явных минусов стоит отметить отсутствие мобильного приложения, и в ближайшее время, ждать его появления, к сожалению, не приходится. В нынешнее время имеется интеграции с GoogleHome, а также с HomeKit.

### *GoogleHome*

Изначально это отдельный, самостоятельный девайс в виде умной колонки, чем-то похожий на более привычную для русского обывателя Алису от Яндекса. Имеет возможность взаимодействия со многими девайсами, имеющих операционные системы на основе ядра Unix. Встроенный голосовой помощник в данной колонке присутствует, как и во многих его конкурентах. Имеется мобильное приложение, при помощи которого можно управлять устройствами умного дома удаленно. Справедливости ради, стоит отметить, что сам девайс, при наличии мобильного приложения становится абсолютно бесполезным, так

как за свои деньги устройство имеет большое количество конкурентов с несколько расширенным функционалом [3]. Стоит так же отметить факт того, что в русском сегменте пользователей систем интернета вещей данный вариант не пользуется спросом, и, как правило, многие предлагают более привлекательные альтернативы.

### ***HomeKit***

Устройство HomeKit заточено под работу с устройствами Apple, но также имеет возможность осуществлять коммуникацию со сторонними девайсами. Изначально, по аналогии с GoogleHome, было представлено в виде умной колонки HomePod. С девайсами Apple HomeKit имеет идеальную синхронизацию и взаимодействие. Стоит так же отметить более чем коммуникацию между устройствами вне системы iOS. Так многие проекты, собранные при помощи системы HomeKit используют большое количество устройств не принадлежащих к эко-системе Apple [4].

На сегодняшнее время выбор решений для систем интернета вещей достаточно обширный и разносторонний. Большое количество девайсов и приложений для управление умных устройств и их отслеживанием позволяет сделать выбор на любой вкус, в зависимости от предпочтений потребителя или заказчика. Так же, стоит отметить, что развитие уже готовых решений не останавливается и продолжает идти вперед достаточно большими шагами, расширяя список девайсов, коммуницирующих между собой, среды отладки, позволяющие настроить под нужную конфигурацию работы для дома конечного потребителя.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Системы управления: Openhab, HomeAssistant, Majordomo, ioBroker [Электронный ресурс] // <https://www.lazyhome.ru/> Электронный журнал. – Режим доступа: <https://www.lazyhome.ru/index.php/15-overview/22-openhab-majordomo#>
2. MQTT [Электронный ресурс] // <https://www.lazyhome.ru/> Электронный журнал. – Режим доступа: <https://www.lazyhome.ru/index.php/15-overview/32-mqtt>
3. Обзор Google HOME [Электронный ресурс] // <https://beardycast.com/> Электронный журнал. – Режим доступа: <https://beardycast.com/article/gadget/google-home-review/>
4. Умный Дом. Большое пособие по организации умного дома и автоматизаций в Homekit [Электронный ресурс] // <https://habr.com/> Электронный журнал. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/567522/>

А. Г. КАЗАРГУЛОВА, Д. А. ВАГАПОВА, Л. И. БАЙМУРЗИНА  
a.kazargulova@ya.ru, vagapova.dilara@yandex.ru, Lilabay@mail.ru  
Науч. руковод. – ст. преп. Л. И. БАЙМУРЗИНА

**Филиал Уфимского государственного авиационного технического университета в г. Кумертау**

## **ЗАЩИТА ДАННЫХ. ПРИЧИНЫ УТЕЧКИ ИНФОРМАЦИИ**

*Аннотация.* В настоящем мире люди выкладывают свои персональные данные на разных интернет-сайтах. Впрочем, не все думают, что их данные могут быть во всеобщем доступе. Статистика утечки информации растет каждый год. Но есть способы решения этой задачи.

*Ключевые слова:* защита данных, утечка информации, проблема, пути решения, информация, конфиденциальность

В современном мире люди вносят свои личные данные на различных сайтах в интернете. Однако не все задумываются о том, что их данные могут появиться во всеобщем доступе. Статистика по утечке информации растет с каждым годом. Но есть пути решения данной проблемы.

*Защита информации* – это деятельность, которая направлена на предотвращение утечки защищаемых данных, непреднамеренных и несанкционированных воздействий на защищаемые данные[1]

Действия по защите данных:

1. Конфиденциальность - это состояние информации, при котором доступ к ней реализовывают только субъекты, которые обладают таким правом;

2. Общедоступность данных - предполагает собою уклонение непрерывного или временного сокрытия данных от пользователей, которые приобрели полномочия допуска.

3. Целостность - избежание несанкционированных изменений информации[2]

Носитель данных является физическим объектом, его свойствами и характеристиками используют для хранения и записи информации. Примеры носителей информации: пленка, компактный оптический диск, карта, магнитный диск, бумага и ДНК.

По принципу записи носители информации различаются:

1. печатные или химические с красками: книги, журналы, газеты;
2. магнитные: HDD, дискеты;
3. оптические: CD и Blu-ray;
4. электронные: флешки, твердотельный накопитель.

Классифицируют хранилище данных в виде сигналов: аналоговый, используемый для передачи непрерывного сигнала: аудио-компакт-диск и бобин для магнитофонов; цифровой, с дискретными сигналами в виде последовательных чисел: компакт-диск, флешки[3]

### ***Пути утечек информации***

Утечки информации – неправомерная передача конфиденциальных информации (материалов, важных для различных компаний или государства, личных данных граждан), которая может быть умышленной или случайной. Любая информация в компьютере имеет свою ценность. Поэтому похищение личных данных владельца компьютера способно нанести ему вред. Имея доступ к логинам и паролям, а также к банковским картам и счетам, злоумышленники крадут деньги граждан, промышленные секреты и тайны предприятий[4]

Существуют несколько путей утечек информации.

1. Не установлено.

Информация утекает из-за неконтролируемого распространения секретов за пределами кабинета, офиса и предприятия. Утрата ценной информации может произойти при неправильной работе с нормами и правилами безопасности. Неправильное хранение и защита данных влекут за собой их утечку и распространение в общедоступных местах

2. Сеть.

Сведения о конфиденциальной информации могут быть распространены без использования каких-либо средств защиты. Также возможны случайные от-

правки данных не тем людям, неправильно настроенный сервер и разные скачки в общих папках могут привести к большим потерям.

### 3. Ноутбуки.

Все мы имеем много устройств, начиная с смартфонов, заканчивая ноутбуками, жесткими дисками и другими запоминающими устройствами, которые легко можно украсть, утратить или потерять самостоятельно. Устройства с конфиденциальной информацией могут оказаться в чужих руках и что может привести к значительной утечке информации.

### 4. ПК или сервер.

Помимо инсайдеров основными причинами утечки информации в ИС являются уязвимость архитектуры систем, линий связи, использование уязвимости программных обеспечений, внедрение программных скриптов.

### 5. Мобильные носители информации.

Все больше людей выполняют операции с помощью смартфона, некоторые почти не выпускают его из своих рук даже в рабочем режиме. Многие работают именно на смартфоне и планшете, превратив мобильный аппарат в рабочее средство.

Также современные гаджеты каждый год обретают все больше возможностей. Все лучше качество фотографий и видео, больше объем памяти = больше приложений, которым предоставляется доступ к информации, касающейся жизни и работы человека, включая конфиденциальные данные: номер карты, адреса и транзакции, биометрические данные и др. Такие приложения требуют все больше разрешения, и множество людей, не задумавшись, разрешают ему любой доступ и действие со своего смартфона или планшета, даже не прочитав пользовательское соглашение.

### 6. Бумажный документ.

Существенная часть корпоративного документооборота во всем мире по-прежнему совершается в неэлектронной форме. Самый главный фактор состоит



в том, что во многих компаниях и государственных организациях далеко не всегда соблюдаются правила обращения с бумажными носителями.

#### 7. Другое.

Ниже приведена диаграмма по статистике путей утечки информации в РФ (рисунок 1). Были опрошены учащиеся и преподаватели российских образовательных учреждений. Был составлен список путей утечки информации. Самым частым ответом было незнание и непонимание как и откуда утекает информация. Это свидетельствует о том, что люди недостаточно осведомлены о том, как защищать и хранить информацию.



Рис. 1. Диаграмма путей утечки информации в РФ

Таким образом, существует несколько путей утечки информации в РФ, далее мы разберем пути решения данной проблемы.

#### ***Пути решения проблемы***

Нарушение конфиденциальности происходит в результате утечки информации. Защита информации от утечки – это деятельность, направленная на предотвращение неконтролируемого распространения защищаемой информации в результате ее разглашения, несанкционированного доступа к информации и получения защищаемой информации разведками[5]

Эта проблема будет всегда актуальна, так как злоумышленники с новыми способами защиты информации разрабатывают новые способы незаконного доступа к этой информации.

Существует много способов для предотвращения подобных угроз. Обычно люди делятся на три категории, которые могут стать причиной утраты данных.

Первое - когда утечка может произойти случайно. В случае случайных инсайдеров раскрываемая информация не является особой угрозой, но все же следует предпринять меры для устранения проблемы.

Вторые - это злоумышленники из числа доверенных.

Злонамеренные инсайдеры являются самым неприятным сценарием среди обсуждаемых, потому что кто-то, кто имел доверие, является причиной намеренной утечки.

Третья категория - любой злоумышленник, который получает неправомерный доступ к данным.

Основные меры по защите информации могут быть:

1. Использовать и создавать документы и носители информации конфиденциального характера, их учета, возврата, исполнения, хранения и уничтожения.

2. Применяются технические средства сбора, обработки, хранения, накопления конфиденциальной информации.

3. Исследование внешних угроз конфиденциальной информации и выработка мер по ее защите.

4. Систематический контроль работы сотрудников по конфиденциальной информации, порядку хранения, учет и устранение документов и техническим носителям.

Делая вывод из рисунка 1, можно понять, что большую часть утечки информации занимает место «Не установлено» (33%). Чтобы решить эту проблему необходимо ввести обязательные обучающие курсы по компьютерной грамотности в образовательные организации, компании, на предприятия, которые обучат сотрудников правильному хранению, а также надежной защите информации, таким как:

1. организационные меры;
2. технические меры;
3. системы активного мониторинга рабочих станций;
4. установка терминального сервера;
5. программные средства и т.д.

### ***Заключение***

Несанкционированное распространение информации во многих ситуациях является административно-уголовным преступлением в условиях еще не сформированного информационно-правового законодательства Российской Федерации, а законотворческие процессы сильно отстают от уровня информационного развития, возникает существенная сложность в обеспечении правовой защиты интересов владельцев конфиденциальных данных. Однако приемлемые пути решения всегда существуют и поиск решения следует осуществлять в соответствии с стандартной схемой «объекты – угрозы – контрмеры».

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Защита информации // [электронный документ] (режим доступа: [https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/73899/3/978-5-7996-2677-8\\_2019.pdf](https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/73899/3/978-5-7996-2677-8_2019.pdf) )
2. Действия по защите данных // [электронный документ] (режим доступа: <https://searchinform.ru/resheniya/biznes-zadachi/rabota-s-konfidentsialnoj-informatsiej/organizatsiya-zaschity-konfidentsialnoj-informatsii/>)
3. Носители информации // [электронный документ] (режим доступа: <https://mosmetod.ru/centr/proekty/pokoleniya-it/nositeli-informatsii.html> )
4. Утечка информации // [электронный документ] (режим доступа: <https://www.kaznu.kz/content/files/news/folder23092/Лекция%20Утечки%20информации.pdf> )
5. Пути решения проблемы // [электронный документ] (режим доступа: <https://searchinform.ru/analitika-v-oblasti-ib/utechki-informatsii/sposoby-predotvrascheniya-utechki-informatsii/> )

УДК 5.04

А. М. КАРАЧУРИН, А. Э. ГАБИТОВ

*artem.kara4urin2014@yandex.ru*

Науч. руковод. – канд. техн. наук А. Ю. СЕНЦОВА

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **ОБЗОР И СРАВНЕНИЕ БИОМЕТРИЧЕСКИХ МЕТОДОВ РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИЦ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

**Аннотация.** Объектом исследования являются средства и методы, необходимые для построения системы распознавания лиц, основанные на компьютерном зрении. Целью исследования является поиск наиболее подходящего средства для построения такой системы с использованием Python и MATLAB. Была выполнена исследовательская деятельность средств биометрии в Python и MATLAB, найден ряд библиотек и методов под заданные цели и проведен их сравнительный анализ. Результаты. В ходе исследований было выбрано наиболее подходящее средство для построения биометрической системы.

**Ключевые слова:** обработка изображений, алгоритмы компьютерного зрения, Python, MATLAB, OpenCV, Face\_recognition.

### ***Введение***

Защита информации в наши дни является одним из основных аспектов успешного ведения бизнеса и бизнес-процессов. Угрозы и уязвимости могут привести к серьезным последствиям для организации, подорвать репутацию, утечке конфиденциальной информации и нанести ущерб экономике. Наряду с программной и аппаратной защитой, не маловажной частью любой системы защиты является физическая защита. Технология компьютерного зрения является неплохим решением для помощи в обнаружении лиц и объектов как с изображений, так и с камер наблюдения. В настоящее время существует множество методов распознавания объектов на изображениях с использованием технологии компьютерного зрения.

Уже сейчас данная технология используется во множестве сфер. Одним из наиболее важных применений является обработка изображений в медицине. Эта область характеризуется получением информации из видеоданных для постановки медицинского диагноза пациентам. В большинстве случаев, видеоданные получают с помощью микроскопии, рентгенографии, ангиографии, ульт-

тразвуковых исследований и томографии. Примером информации, которая может быть получена из таких видеоданных является обнаружение опухолей, атеросклероза или других злокачественных изменений. Другой прикладной областью компьютерного зрения является промышленность. Здесь информацию получают для целей поддержки производственного процесса. Примером может служить контроль качества, когда детали или конечный продукт автоматически проверяются на наличие дефектов. Военное применение является, пожалуй, самой большой областью компьютерного зрения. Очевидными примерами являются обнаружение вражеских солдат и транспортных средств и управление ракетами. Наиболее совершенные системы управления ракетами посылают ракету в заданную область, вместо конкретной цели, а селекция целей производится, когда ракета достигает заданной области, основываясь на получаемых видеоданных. Современное военное понятие, такое как «боевая осведомленность», подразумевает, что различные датчики, включая датчики изображения, предоставляют большой набор информации о поле боя, которая может быть использована для принятия стратегических решений. Одними из новых областей применения являются автономные транспортные средства, включая подводные, наземные (роботы, машины), воздушные. Уровень автономности изменяется от полностью автономных (беспилотных) до транспортных средств, где системы, основанные на компьютерном зрении, поддерживают водителя или пилота в различных ситуациях. Полностью автономные транспортные средства используют компьютерное зрение для навигации, то есть для получения информации о месте своего нахождения, для создания карты окружающей обстановки, для обнаружения препятствий. Они также могут быть использованы для определенных задач, например, для обнаружения лесных пожаров. Примерами таких систем могут быть система предупредительной сигнализации о препятствиях на машинах и системы автономной посадки самолетов. Практическое применение данной технологии задействовано в десятках областей, и с каждым днем сфера применения расширяется.

В данной статье будут рассмотрены библиотеки и алгоритмы построения системы компьютерного зрения. Предполагается, что конечный вариант выстроенных систем будет направлен на распознавание лиц и будет сделан вывод какие плюсы и минусы имеются у каждой из представленных систем.

### ***Метод преобразования пороговых значений***

Данный метод был впервые применен для анализа изображений пузырьковой камеры. Преобразование пороговых значений предназначено для поиска объектов, принадлежащих определенному классу фигур с использованием процедуры голосования. Процедура голосования применяется к пространству параметров, из которого и получаются объекты определенного класса фигур по локальному максимуму в, так называемом, накопительном пространстве. Преобразование пороговых значений основывается на представлении искомого объекта в виде параметрического уравнения. Затем, берется двоичное изображение. Перебираются все точки границ и делается предположение, что точка принадлежит линии искомого объекта – таким образом для каждой точки изображения рассчитывается нужное уравнение и получаются необходимые параметры, которые сохраняются в накопительном пространстве. Финальным шагом является обход пространства и выбор максимальных значений, за которые «проголосовало» больше всего пикселей картинки, что и дает нам параметры для уравнений искомого объекта. Данный метод был реализован на платформе MATLAB. Была проделана попытка настроить уравнение на самую стандартную задачу в сфере компьютерного зрения - поиск лиц (Листинг 1)

```
clear
clc
i=imread('face1.jpg');
I=rgb2gray(i);
BW = im2bw (I);
figure(1);
imshow(BW);
[n1 n2]=size(BW);
```

```

r=floor(n1/10);
c=floor(n2/10);
x1=1;x2=r;
s=r*c;
for i=1:10
    y1=1;y2=c;
    for j=1:10
        if(y2<=c || y2>=9*c) || (x1==1 || x2==r*10)
            loc=find(BW(x1:x2,y1:y2)==0);
            [o p]=size(loc);
pr=o*100/s;
            if pr<=100
                BW(x1:x2,y1:y2)=0;
                r1=x1;r2=x2;s1=y1;s2=y2;
                pr1=0;
            end
        end
    end
    imshow(BW);
    end
    y1=y1+c;
    y2=y2+c;
    end
    x1=x1+r;
    x2=x2+c;
end
figure(2)
subplot(1,2,1);
imshow(BW)
title ('Img');

L=bwlabel(BW,8);
BB=regionprops(L,'BoundingBox');
BB1=struct2cell(BB);
BB2=cell2mat(BB1);
[s1 s2]=size(BB2);

```

```

mx=0;
for k=3:4:s2-1
    p=BB2(1,k)*BB2(1,k+1);
    if p>mx && (BB2(1,k)/BB2(1,k+1))<1.8
        mx=p;
        j=k;
    end
end
subplot(1,2,2);
title ('face');
imshow(I);
hold on;
rectangle('Position',[BB2(1,j-2),BB2(1,j-1),BB2(1,j),BB2(1,j)],'EdgeColor','r')

```

### Листинг 1

Результаты выполнения данной программы не однозначны. В одних случаях система хоть и с погрешностью, но распознавала лицо (Рис. 1).

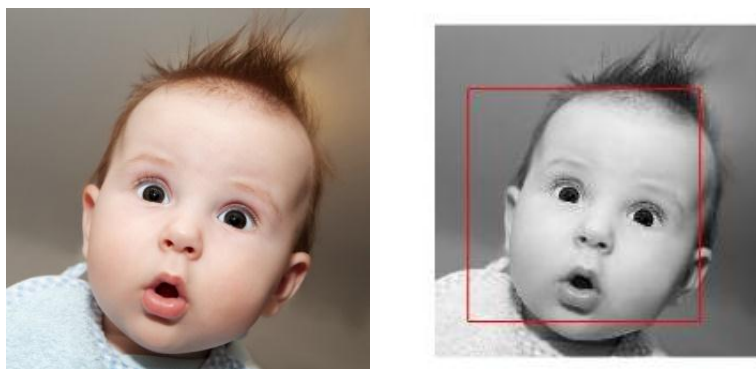


Рис. 1. Удачное распознавание лица методом преобразования пороговых значений

Как видно на рисунке – лицо распознано. Однако далеко не со всеми тестовыми изображениями был получен положительный результат. Порой программа определяла неверные границы лица, либо же выдавала совсем неверный результат (Рис. 2).



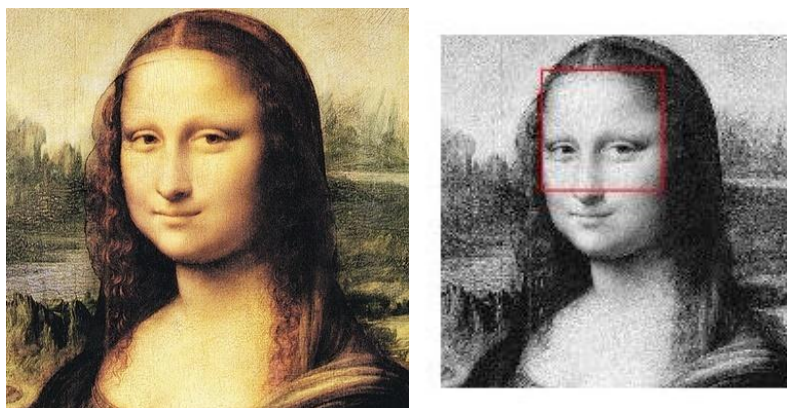


Рис. 2. Менее удачное распознавание лица методом преобразования пороговых значений

Как обнаружилось, для удачного распознавания лицо должно находиться в "идеальных" условиях. Без пересвета, лишних шумов, на однородном фоне, без большого количества дополнительных объектов в кадре. В ходе экспериментов был получен вывод о том, что преобразование пороговых значений — это метод для поиска простых форм на изображении (линий, кругов и других), то есть тех объектов, форму которых достаточно легко описать математически (уравнением). Для распознавания лиц и других сложных объектов данный алгоритм совершенно не подходит.

### ***Метод каскадной классификации***

Обнаружение объектов с использованием каскадных классификаторов, основанных на характеристиках Хаара, считается довольно эффективным методом обнаружения объектов, предложенным в 2001 году Полом Виолой и Майклом Джонсом в их статье «Быстрое обнаружение объектов с использованием расширенного каскада простых функций». Это метод, основанный на машинном обучении, в котором каскадная функция обучается на множестве положительных и отрицательных изображений. Затем он используется для обнаружения объектов на других изображениях. Первоначально алгоритм требует большого количества положительных изображений (изображений лиц) и отрицательных изображений (без изображений лиц) для обучения классификатора. Затем нам нужно извлечь из него функции. Для этого используется функция Хаара

(Рис. 3). Каждая функция представляет собой отдельное значение, полученное путем вычитания суммы пикселей под белым прямоугольником из суммы пикселей под черным прямоугольником.

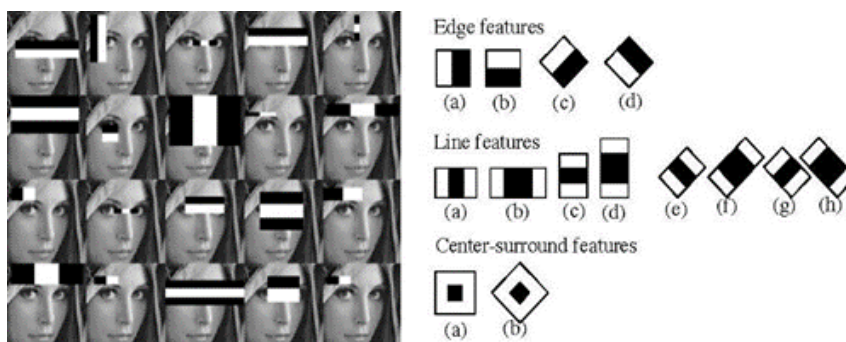


Рис. 3. Функция Хаара

После получения значений все функции применяются ко всем обучающим изображениям. Для каждой функции найдется лучший порог, который делит лицо на положительное и отрицательное. Очевидно, будут ошибки или неправильные классификации. Поэтому выбираются черты с наименьшим количеством ошибок, что означает, что они являются наиболее точными характеристиками для классификации изображений лиц и изображений без лица. На изображении большинство изображений не являются участками лица. С целью ускорения работы алгоритма удаляются и больше не обрабатываются участки, которые точно не относятся к лицу. Каждый классификатор заточен на определение лишь одного класса объектов. К счастью, в свободном доступе находится огромное количество уже полностью написанных и настроенных классификаторов под нахождение различных объектов. В ходе работы было реализовано подключение сразу нескольких классификаторов, а именно для определения лица и глаз. Данный метод был реализован на языке программирования Python с использованием открытой библиотеки компьютерного зрения – OpenCV (Листинг 2).

```
import cv2
from random import choice
colors = (0, 0, 255) # reverse of RGB (B,G,R) - weird
strokeWeight = 1 # thickness of outline
```

```

windowName = "Object Detection"
img = cv2.imread("face1.png")
cascade = []
cascade.append(cv2.CascadeClassifier("haarcascade_frontalface_alt.xml"))
cascade.append(cv2.CascadeClassifier("haarcascade_eye.xml"))
rects = []
for item in cascade:
rects.append(item.detectMultiScale(img))
while True:
    for rect in rects:
        for x, y, width, height in rect:
            cv2.rectangle(img, (x, y), (x + width, y + height), colors, strokeWidth)
cv2.imshow(windowName, img)
if cv2.waitKey(0) == 27:
break
exit()

```

## Листинг 2

Результаты выполнения программы оказались положительными. Метод каскадной классификации довольно точно определил лица и глаза практически на всех тестовых изображениях (Рис. 4, Рис. 5).



Рис. 4. Исходное изображение



Рис. 5. Полученное изображение

Данный метод отлично подходит для определения заранее заданных объектов. При правильной настройке и подбору параметров можно добиться крайне высокой точности распознавания. Программа легко реализуется при заранее заготовленном классификаторе.

### ***Библиотека Face\_recognition***

На сегодняшний день существует огромное множество уже готовых библиотек, «заточенных» на распознавание конкретного объекта на изображении. Одно из самых популярных и простых решений, базирующееся на распознавании лиц – библиотека Face\_recognition для Python. Данная библиотека базируется на достаточно крупном проекте по глубокому машинному обучению - DLib. Dlib — это современный набор инструментов, содержащий алгоритмы машинного обучения и инструменты для создания сложного программного обеспечения для решения реальных задач. Он используется как в промышленности, так и в научных кругах в самых разных областях, включая робототехнику, встроенные устройства, мобильные телефоны и большие высокопроизводительные вычислительные среды.

По заверению разработчиков Face\_recognition, библиотека имеет точность распознавания 99,38%, а также позволяет работать с ней даже из командной строки и распознавать лица на изображениях «прямо из папки». Помимо поиска

лиц на изображении можно находить черты лица, распознавать конкретного человека. Можно построить систему распознавания в реальном времени, также поддерживается интеграция в RaspberryPi.

Выполним построение системы распознавания лиц (Листинг 3).

```
pip install cmake
pip install dlib
pip install face_recognition
import PIL.Image
import PIL.ImageDraw
import face_recognition as fr
img = fr.load_image_file("/content/1.jpeg")
print(img)
face_loc = fr.face_locations(img)
no_of_faces = len(face_loc)
print(no_of_faces)
face_loc = fr.face_locations(img)
no_of_faces = len(face_loc)
print(no_of_faces)
```

### Листинг 3

Как видно в листинге, Face\_recognition работает в связке с такими библиотеками, как cmake и dlib. Настройка совместной работы всех библиотек может быть достаточно затруднительной, но результаты того стоят (Рис. 6, Рис. 7).



Рис. 6. Исходное изображение



Рис. 7. Полученное изображение

Хотя и был получен положительный результат, в ходе построения системы компьютерного зрения возник один недостаток – большинство функций данной библиотеки работают на CUDA архитектуре, а значит требуют дискретных графических процессоров фирмы Nvidia, что может быть не всегда уместно с точки зрения затрат на построение системы.

### ***Вывод***

На сегодняшний день компьютерное зрение является одним из самых востребованных и перспективных направлений развития IT-сферы. Области применения этого направления всесторонни и развиваются с каждым днем. Проще и разумнее всего реализовать данную технологию с использованием открытой библиотеки OpenCV, которая существует для огромного количества языков программирования, но нами была рассмотрена в рамках языка Python. Данная библиотека подходит под такие задачи, как: фото и видео аналитика, поиск объектов в фото/видео ряде, а также в режиме реального времени, разделение фона ... По мимо реализации на Python были рассмотрены способы и примеры реализации поставленной задачи в пакете MATLAB, но они не увенчались успехом. Что касается библиотеки Face\_recognition, она показала себя крайне эффективно, но ее не всегда целесообразно использовать из-за работы модулей на CUDA архитектуре.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Video analytics for semantic substance extraction using OpenCV in python. A. Manju P. Valarmathie, 2020.  
<https://link.springer.com/article/10.1007/s12652-020-01780-y>
2. Применение методов глубокого обучения в задаче распознавания изображений. Рогаль Андрей Александрович, 2016.  
<https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-metodovglubokogo-obucheniya-v-zadache-raspoznavaniya-izobrazheniy>
3. Object Detection with 10 lines of code. Moses Olafenwa, 2018.  
<https://towardsdatascience.com/object-detection-with-10-lines-of-code-d6cb4d86f606>
4. Использование нейронных сетей для распознавания автомобильных номеров. Амаева Л.А., 2018.  
<https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-neyronnyhsetey-dlya-raspoznavaniya-avtomobilnyh-pomerov/viewer>
5. <https://github.com/opencv/opencv/tree/master/data> - готовые классификаторы для распознавания лиц и черт лица
6. Распознавание и обнаружение лиц с использованием Python, 2020.  
<https://dev-gang.ru/article/raspoznavanie-i-obnaruzhenie-lic-s-ispolzovaniem-python-opencv-6woirp3dw8/>
7. Paul Viola and Michael J. Jones. Robust real-time face detection. International Journal of Computer Vision, 57(2):137–154, 2004.

А. А. КЛИМЕНКО, Д. В. ЗОЛОТАРЕВ

*danilzolotarev1980@gmail.com*

Науч. руковод. – канд. тех. наук, доц. Н. Д. АНДРЕЕВ

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## ОБЗОР РЕШЕНИЙ SIEM (SECURITY INFORMATION AND EVENT MANAGEMENT)

**Аннотация.** В данной статье проведен обзор решений SIEM, исследованы их структурные составляющие и сетевые возможности, а также ее основные проблематики. На основании выявленной информации выделены преимущества использования технологии.

**Ключевые слова:** SIEM; вычислительные сети; HIPAA; облачные сети; централизация массивов данных.

Современная корпоративная ИТ-инфраструктура состоит из множества систем и компонентов. И следить за их работой по отдельности может быть довольно сложно – чем больше предприятие, тем обременительнее эти задачи. Но есть инструменты, которые собирают в одном месте отчеты о работе всей корпоративной инфраструктуры – системы SIEM (Security information and event management).

Программы SIEM собирают информацию с серверов, контроллеров доменов, файрволов и многих других сетевых устройств и предоставляют ее в виде удобных отчетов. Эти данные не обязательно связаны с безопасностью. С их помощью, например, можно понять, как функционирует сетевая инфраструктура и разработать план по ее оптимизации. Но главное, конечно, это обнаружение потенциальных брешей, а также локализация и ликвидация существующих угроз. Такие данные предоставляются благодаря сбору и объединению данных журналов сетевых устройств. После сбора информации (эта процедура происходит автоматически с заданными интервалами) происходит идентификация и классификация событий. Затем (опять же, в соответствии с заданными настройками) отправляются оповещения, что те или иные действия оборудования, программы или пользователи могут быть потенциальными проблемами безопасности.



### ***Какие возможности открываются?***

SIEM помогает решать целый ряд задач. Среди них: своевременное обнаружение целенаправленных атак и непреднамеренных нарушений информационной безопасности со стороны пользователей, оценка защищенности критически важных систем и ресурсов, проведение расследований инцидентов и многое другое.

При этом у SIEM-платформ есть ряд ограничений. Они, например, не умеют классифицировать данные, зачастую плохо работают с электронной почтой, имеют слепые пятна в отношении собственных событий. И, конечно, не могут полностью покрыть вопросы информационной безопасности на предприятии. Но вместе с этим они являются важной частью защитной системы предприятия, пусть и не критически важной. Тем более развитие SIEM-платформ не стоит на месте. Например, в некоторых современных продуктах есть аналитические функции, то есть они не просто выдают отчеты и указывают на потенциальные проблемы, но и умеют сами анализировать события и принимать решения об информировании о тех или иных событиях.

В любом случае, при выборе конкретного продукта следует ориентироваться на множество параметров, среди которых выделим централизованный сбор, обработку и хранение информации, оповещение об инцидентах и анализ данных (корреляция), а также ширину охвата корпоративной сети. И, конечно, по возможности, перед покупкой стоит запустить пробную/демо версию и посмотреть, насколько она подходит для компании.

### ***Составляющие SIEM***

SIEM – это не отдельный инструмент или приложение (хотя существуют инструменты, которые помогают развернуть систему SIEM, см. ниже), а набор различных строительных блоков, которые составляют часть системы. Не существует стандартного протокола SIP или установленной методологии, но большинство систем SIEM будут включать большинство, если не все элементы, описанные в этом разделе.

Представляя необработанные результаты запущенных процессов в цифровой среде, журналы являются идеальным источником для предоставления точной картины того, что происходит в реальном времени. Самая большая проблема при сборе данных в контексте SIEM – преодоление разнообразия форматов журналов. Система SIEM по своей природе будет извлекать данные из большого количества уровней – серверов, брандмауэров, сетевых маршрутизаторов, баз данных – и это лишь некоторые из них, каждый из которых регистрируется в своем формате. Чтобы обеспечить эффективную интерпретацию данных из разных источников и корреляцию событий, системы SIEM могут нормализовать журналы. Этот процесс нормализации включает преобразование журналов в удобочитаемый и структурированный формат, извлечение из них важных данных и сопоставление различных полей, которые они содержат.

### ***Корреляция***

После сбора, анализа и сохранения следующим шагом в системах SIEM является соединение точек и корреляция событий из разных источников данных. Эта корреляционная работа основана на правилах, которые либо предоставляются различными инструментами SIEM, predeterminedены для различных сценариев атак, либо создаются и настраиваются аналитиком.

Проще говоря, правило корреляции определяет определенную последовательность событий, которые могут свидетельствовать о нарушении безопасности. Например, можно создать правило, определяющее, когда с определенных диапазонов IP-адресов и портов за определенное время отправляется более x запросов.

Объем данных, регистрируемых в средах, огромен. Даже малые и средние организации, скорее всего, будут отправлять десятки ГБ данных в день. По сути, правила помогают сжать эти данные в более управляемые наборы данных, отсекая шум и указывая на события, которые потенциально могут что-то значить.

Большинство систем SIEM также предоставляют встроенные механизмы для создания отчетов. Эти отчеты могут быть полезны для администрирования,

аудита или соблюдения требований. Например, ежедневный отчет с подробным описанием предупреждений или сработавших правил может быть встроен в информационную панель.

### ***Смягчение последствий и исправление***

После того, как правила корреляции введены в действие и созданы панели мониторинга для обеспечения всестороннего обзора системы, последним ключевым компонентом системы SIEM является то, как обрабатываются инциденты после их выявления.

Большинство систем SIEM поддерживают механизмы автоматического сдерживания и смягчения последствий событий безопасности. Например, на основе правил корреляции SIEM-систему можно настроить на автоматический запуск внутреннего процесса эскалации – выполнение сценариев, запускающих процесс сдерживания, и передача мяча нужному ресурсу в организации путем срабатывания оповещения, открытия заявки и т. д. и так далее.

### ***Итак, как же помогает SIEM?***

Мы определили, что такое SIEM, и получили общее представление об основных компонентах, составляющих систему SIEM. Но как система SIEM на самом деле помогает аналитикам безопасности выявлять и предотвращать атаки?

### ***Видимость***

Для аналитиков безопасности системы SIEM являются центром ИТ-среды, которую они защищают. Централизуя сбор данных о безопасности из всех соответствующих источников данных, системы SIEM хранят огромное количество информации, которую можно использовать для получения информации о событиях и процессах, происходящих в режиме реального времени.

На полученную степень видимости напрямую влияет процесс агрегирования и сбора журналов, реализованный как часть системы SIEM. Как объяснялось выше, без надлежащей обработки и синтаксического анализа данные журнала будут бесструктурными, и поэтому их будет намного сложнее анализировать.

Возможность коррелировать события и визуализировать данные на информационных панелях – еще одно важное преимущество систем SIEM, предоставляющее аналитикам единую панель, через которую они могут получать информацию в режиме реального времени.

### ***Обнаружение и устранение инцидентов***

Многие события останутся незамеченными первой линией устройств безопасности, поскольку они не имеют более широкого контекста. Правила корреляции SIEM и построенный на их основе механизм отчетности помогают организациям получать уведомления о таких событиях.

В примере DDoS-атаки брандмауэры, скорее всего, будут сообщать об аномальном сетевом трафике, в то время как запросы веб-сервера будут сообщать о необычных ответах 404 на запросы, поступающие от определенной группы IP-адресов.

В этом случае смягчение последствий может заключаться в том, чтобы указать брандмауэру блокировать трафик с этих IP-адресов, а правила SIEM можно настроить так, чтобы они соотносили эти два события и предупреждали соответствующий ресурс, чтобы предотвратить атаку на ранней стадии.

### ***Согласие***

Сегодня большинство типов соответствия, таких как HIPAA, PCI DSS, SOX и GDPR, требуют от организации соблюдения ряда мер безопасности. Эти элементы управления включают в себя: сбор журналов, мониторинг, аудит и оповещение.

Излишне говорить, и как уже должно быть ясно из описаний выше, системы SIEM предусматривают все эти статьи, и это одна из причин, по которой SIEM становится отраслевым стандартом для обеспечения безопасности и соответствия требованиям.

## **Вывод**

Мы можем сказать, что системы SIEM необходимы компаниям для работы с большим потоком разнородных данных от различных источников в целях выявления потенциальных инцидентов информационной безопасности и своевременного реагирования на них. Польза от внедрения и применения SIEM-системы заключается в том, что она значительно ускоряет процесс обработки инцидентов ИБ и получения требуемой информации о событиях ИБ: аналитику не нужно подключаться к каждому средству защиты информации, он видит все данные в едином, консолидированном виде в одном удобном интерфейсе. Если у компании в соответствии с законодательством есть требования к хранению всех журналов аудита (т.е. логов) средств защиты за определенный временной период, например, не менее чем за год, то использование SIEM-систем позволяет выполнить это требование. Если же компания всерьез озабочена оперативным реагированием на инциденты информационной безопасности, то можно задуматься об организации своего Центра SOC, ядром которого станет SIEM-система.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. fortinet, [В Интернете]. Available: <https://www.fortinet.com/ru/resources/cyberglossary/what-is-xdr>.
2. trendmicro, [В Интернете]. Available: [https://www.trendmicro.com/ru\\_ru/what-is/xdr.html](https://www.trendmicro.com/ru_ru/what-is/xdr.html).
3. хакер.ru, [В Интернете]. Available: <https://xakep.ru/2020/09/10/trend-micro-xdr/>.
4. Лаборатория касперского, [В Интернете]. Available: <https://encyclopedia.kaspersky.ru/glossary/xdr-extended-detection-and-response/>.
5. anti-malware.ru, [В Интернете]. Available: <https://www.anti-malware.ru/compare/Managed-Detection-and-Response-MDR-services>.
6. ZXWN. [В Интернете]. Available: <https://habr.com/ru/post/551128/>.
7. Cisco, [В Интернете]. Available: [https://www.cisco.com/c/ru\\_ru/products/security/what-is-xdr.html](https://www.cisco.com/c/ru_ru/products/security/what-is-xdr.html).
8. Tiger-optics, [В Интернете]. Available: <https://blog.tiger-optics.ru/2021/03/xdr/>.
9. Cynet, [В Интернете]. Available: <https://www.cynet.com/>.
10. Paloaltonetworks, [В Интернете]. Available: <https://www.paloaltonetworks.com/>.

В. Б. КОСТЕРОВ

zalaman42@ya.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доцент А.Ю. СЕНЦОВА

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## МЕТОДЫ ХРАНЕНИЯ ПАРОЛЕЙ В БАЗАХ ДАННЫХ

**Аннотация.** В данной статье рассматриваются основные методы хранения паролей в базах данных, их плюсы, минусы, возможные атаки на эти методы и способы противодействия атакам.

**Ключевые слова:** базы данных, пароли, информационная безопасность.

Самый простой способ хранения паролей в базе данных - записывать их в открытом (незашифрованном) виде в соответствующей таблице в базе данных. Плюсами метода являются простота реализации и скорость работы, минус: отсутствие защиты записываемой информации. Из-за этого при получении злоумышленником доступа к БД все пароли становятся скомпрометированы одновременно.

Получив доступ к паролям, злоумышленник может использовать их для:

1) Выполнения нелегитимных действий от имени пользователей с использованием их учетных данных на уязвимом ресурсе: например, отправка сообщений от их имени, или если к учетной записи привязана банковская карта, то злоумышленник может ей пользоваться в своих целях;

2) Использования полученных паролей на других ресурсах: многие пользователи используют одинаковый пароль на разных сервисах;

3) Выявления правил генерации пароля: некоторые пользователи формируют какое-то правило составления пароля, в итоге на разных ресурсах пароли разные, но подчиняются одному и тому же правилу, которое можно выявить;

4) Повышения привилегий: в той же таблице может храниться и пароль администратора, со знанием которого иногда можно получить полный контроль над сервером.

Критический недостаток первого метода привел разработчиков веб-приложений к двум способам его решения: шифрование и хеширование. Выбор, в основном, делается в сторону второго метода из-за совокупности следующих факторов:

1) Трудоемкость. Вне зависимости от выбранного метода, его нужно будет выполнять при каждой проверке пароля. Шифрование занимает больше времени.

2) Длина выходных значений. Результат шифрования имеет переменную длину, а результат хеширования – всегда одинаковую. Оптимизировать хранение однотипных данных в базе данных проще, чем данных случайной длины. Также, переменная длина зашифрованного пароля позволяет злоумышленникам получить информацию о пароле из зашифрованных данных, что может упростить атаки на них, например, злоумышленники могут установить рамки на размер подбираемого пароля.

3) Управление ключами. Для шифрования требуется ключ, утечка которого позволяет злоумышленникам компрометировать все пароли, как в первом методе. Также ключи не должны быть слабыми, их нужно регулярно менять и так далее.

Одним из минусов метода хеширования является возможность коллизий из-за постоянности длины хешированного сообщения. Коллизии – это ситуации, когда у двух разных сообщений одинаковый хеш. Если сервер использует метод хеширования, то злоумышленнику нужно только подобрать сообщение, которое имеет одинаковый с паролем хеш, а не конкретный пароль. На практике, коллизии крайне редки для стойких алгоритмов, однако, считавшиеся в прошлом безопасными алгоритмы, например, MD5, в настоящее время стали уязвимы к подобным атакам. Также, если пароли совпадают, то также будут совпадать и их хеши.

Атаки на хэшированные пароли:

1) Перебор по словарю: использование словаря наиболее распространенных паролей, вычисление их хэша и сравнение с имеющимися хэшами в базе данных.

2) Использование радужных таблиц: в радужных таблицах содержатся предвычисленные хэш-значения и соответствующие им входные данные. Важно отметить, что в силу коллизий, пароль, который предложит радужная таблица, не обязательно будет именно тем, который использует пользователь. Предвычисленные значения есть уже для MD5, SHA1, SHA256, SHA512, а также для их модификаций и некоторых других.

3) Полный перебор: перебор всех возможных комбинаций символов в соответствии с заданными параметрами (длина пароля, допустимые в нем символы)

В общем случае злоумышленнику придется перебирать пароли. Одним из главных факторов здесь является быстрота вычисления хэша. Чем быстрее вычисляется хэш, тем легче становится атака перебором. Чтобы замедлить процесс перебора, а также чтобы помешать злоумышленнику воспользоваться готовыми радужными таблицами, существует техника хэширования пароля несколько раз подряд (с использованием нескольких раундов хеширования). Однако, она не предотвращает возможности генерации злоумышленником радужной таблицы по словарю, если он знает используемый алгоритм хеширования и количество раундов. Для самых популярных комбинаций этого метода такие таблицы уже сгенерированы. Для предотвращения таких атак пароли хэшируются с добавлением соли.

Соль – это дополнительная случайная строка, которая приписывается к паролю и хэшируется вместе с ним. Из полученного таким образом хэша по радужной таблице пароль восстановить невозможно.

Классификация соления паролей:

По принципу соления:



1) Уникальная соль для каждого пользователя: таким образом, если соль станет известна злоумышленнику, ему придется подбирать пароль каждого пользователя по отдельности. При использовании этого принципа, даже если пароли пользователей одинаковые, их хеши будут разными.

2) Глобальная соль: одинакова для всех пользователей, используется для всех хэшей;

3) Комбинация обоих принципов.

По методу хранения соли:

1) В базе данных: как правило, индивидуальные соли хранятся в той же базе данных, что и хэши паролей;

2) В коде (в конфигурационных файлах): глобальную соль обычно хранят не в базе данных, а в конфигурационных файлах, чтобы нарушителю пришлось потратить время на ее подбор.

Еще сильнее затруднить атаки на базы данных с паролями могут следующие меры:

1) Комбинация шифрования и хеширования: вместо шифрования паролей, шифровать их хеши с добавлением соли. Тогда даже при утечке ключа шифрования злоумышленнику все равно придется перебирать хеши паролей

2) Вариация количества раундов хеширования: для каждого пользователя можно задавать различное, но достаточно большое количество раундов хеширования. Одним из неявных преимуществ этого метода является то, что большинство специализированных для перебора паролей программ оптимизированы под константное количество раундов хеширования, поэтому злоумышленникам придется их модифицировать для совершения атаки.

3) Использование нескольких солей и вариация алгоритмов их присоединения к паролю перед хешированием

4) Раздельное хранение солей и хешей: в разных базах данных, на разных серверах и т.д.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васильков, А.В. Безопасность и управление доступом в информационных системах: Учебное пособие / А.В. Васильков, И.А. Васильков. — М.: Форум, НИЦ ИНФРА-М, 2013. — 368 с.
2. Волков, В.С. Основы расчета систем автомобилей, обеспечивающих безопасность движения: Учебное пособие / В.С. Волков. — СПб.: Лань, 2015. — 144 с.
3. Дейтел, Х.М. Операционные системы. Т. 2. Распределенные системы, сети, безопасность / Х.М. Дейтел, П.Д. Дейтел, Д.Р. Чофнес; Пер. с англ. С.М. Молявко... — М.: БИНОМ, 2013. — 704 с.
4. Емельянов, С.В. Труды ИСА РАН: Системы управления и моделирование. Динамические системы. Управление рисками и безопасностью. Методы и модели в экономике. Прикладные а / С.В. Емельянов. — М.: Красанд, 2014. — 124 с.
5. Ерохин, В.В. Безопасность информационных систем: учеб пособие / В.В. Ерохин, Д.А. Погonyшева, И.Г. Степченко. — М.: Флинта, 2016. — 184 с.
6. Запечников, С.В. Информационная безопасность открытых систем. В 2-х т. Т.1 — Угрозы, уязвимости, атаки и подходы к защите / С.В. Запечников, Н.Г. Милославская. — М.: ГЛТ, 2006. — 536 с.
7. Максимов, С.Н. Экономическая безопасность России: системно-правовое исследование / С.Н. Максимов. — М.: МПСИ, МОДЭК, 2008. — 56 с.
8. Скопинцев, В.А. Качество электроэнергетических систем. Надежность, безопасность, экономичность, живучесть. 2-е изд., пер. и доп. / В.А. Скопинцев. — М.: Машиностроение, 2015. — 352 с.
9. Шаньгин, В.Ф. Информационная безопасность компьютерных систем и сетей: Учебное пособие / В.Ф. Шаньгин. — М.: ИД ФОРУМ, НИЦ ИНФРА-М, 2013. — 416 с.
10. Ярочкин, В.И. Безопасность банковских систем / В.И. Ярочкин. — М.: Ось-89, 2012. — 416 с.

УДК 004.5

А. А. МЕЧКАЕВ, Д. Д. ГАЛИАХМЕТОВА, В. С. АИТБАЕВ  
*Arsmechkaev2001@gmail.com*

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. А. М. ВУЛЬФИН

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **ТЕХНОЛОГИИ ЧАТ-БОТОВ ДЛЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С ПОЛЬЗОВАТЕЛЯМИ**

**Аннотация.** В статье рассматривается возможность применения, системы взаимодействия абитуриентов с приемной комиссией вуза на основе технологий чат-ботов.

**Ключевые слова:** чат-боты; социальные сети; мессенджеры.

Информация является одним из самых ценных ресурсов в наше время. С ее помощью люди принимают решения, создают и внедряют в жизнь новые технологии, совершают научные открытия, совершенствуют себя и свой быт. Однозначно ясно, что в настоящий момент информация является основным двигателем прогресса. Поэтому высокую ценность обретают источники, которые предоставляют людям доступ к информации.

Самыми популярными и ценными источниками информации современности являются мессенджеры и социальные сети. Социальные сети появились на заре развития интернета, в середине 90х годов прошлого столетия. Социальные сети того времени, были представлены тематическими форумами, где пользователи общались в публичных чатах на определенные темы, где все сообщения были общедоступными, а личности авторов тщательно скрывались самими же пользователями.

Постепенно, с развитием интернета, начали появляться первые мессенджеры и социальные сети, например: Facebook (запрещен в РФ, принадлежит корпорации Meta, которая признана в РФ экстремисткой), Вконтакте, Одноклассники, Skype и ICQ [1]. В то время социальные сети были приближены к их родственникам в лице форумов, однако с определенными нововведениями, была добавлена возможность личного не публичного общения, а система форумов и обсуждений уступила системе профилей и сообществ.

Но не смотря на присутствие форумов и соцсетей, самым популярным средством обмена информацией были мессенджеры. Мессенджеры того времени не сильно отличались от мессенджеров настоящего, они также объединяли в себе функционал обмена мгновенными сообщениями и аудио-видео звонков. Особо популярными в России на тот момент были мессенджеры Агент Mail.ru и ICQ. Основным отличием мессенджеров той эпохи, было отсутствие больших публичных каналов, набора возможного медиаконтента для обмена, отсутствие возможности отправки голосовых сообщений и денежных переводов.

Мессенджер – программа по обмену сообщениями между пользователями в режиме реального времени. Слово мессенджер происходит из английского языка, являясь производным от слова сообщение – message.

Современные мессенджеры в отличии от сервисов прошлого предоставляют пользователям огромный функционал, в том числе благодаря глубокой и нативной интеграции чат-ботов в них.

За счет использования чат-ботов, мессенджеры позволяют пользователю не скачивать отдельные приложения, которые занимают отдельное место на устройстве и требуют адаптации к интерфейсу и опыту использования. Благодаря мессенджерам у чат-ботов единый и понятный для пользователей интерфейс с приложением, что облегчает пользование функционалом.

По мнению экспертов с каждым годом рост популярности мессенджеров будет только расти. В данный момент уже около 2 млрд. людей во всем мире пользуются приложениями для обмена сообщений.

Россия не отстает от мировых тенденций потребления, и мессенджеры также пользуются популярностью в нашей стране, особенно: WhatsApp, Telegram и Viber [2]. Если сравнивать представленные мессенджеры между собой, то данные приложения имеют достаточно схожий функционал. Однако особого внимания заслуживает приложения для мгновенного обмена сообщениями Telegram.

Telegram – это кроссплатформенный мессенджер, разработанный на языке программирования высокого уровня C++, данный сервис позволяет обмениваться мгновенными сообщениями и файлами, с повышенным уровнем безопасности. С точки зрения функционала и пользовательского опыта, Telegram является одним из самых развитых сервисов подобного профиля [3].

Telegram был создан российским предпринимателем Павлом Дуровым. Как рассказывал сам предприниматель, идея создать защищенный мессенджер появилась у него еще в 2011 году, когда на него оказывали давление спецслужбы. Первый прототип сервиса и технологию шифрования разработал брат Павла – Николай Дуров.

Одна из главных особенностей Telegram – конфиденциальность, и для ее обеспечения используется сквозное шифрование. Однако мессенджер использует его только в звонках и в своей фирменной функции «Secret chat», а не в обычных чатах. В обычных сессиях применяется шифрование уровня клиент-сервер. Обоснованием данной уязвимости является расширенное использование Telegram в облаке. Это означает, что пользователь может получить доступ к своим чатам с любого подключенного устройства, что делает сервис гораздо более удобным для одновременного использования на разных платформах.

Telegram является самым развитым мессенджером представленном на отечественном на рынке, вторым по популярности уступая лишь WhatsApp. Telegram обладает самым богатым функционалом для пользователей: публичные каналы, публикация статей, денежные переводы, чат-боты. С точки зрения использования ботов, мессенджер обладает лучшим функционалом для реализации и применения ботов.

Чат-ботами называют разговорные программы, которые имитируют реальный разговор с пользователем. Взаимодействие с ботами достаточно простое и реализовано в формате вопрос-ответ. Пользователь задает боту вопрос и получает определенный ответ [4].

Однако, современные чат боты не только имитируют общение с пользователем, довольно часто они могут обладать внутренней структурой и даже интерфейсом, предоставляющим определенный функционал. Иными словами, актуальные чат боты – это не просто поисковые роботы, имитирующие общение, а полноценные программы, встраиваемые в мессенджеры.

Чат бот может быть реализован на любом языке программирования, который имеет библиотеку для взаимодействия с Bot API, чаще всего ботов реализуют на базе высокоуровневых языков программирования Java, C# или Python.

Наиболее распространенными являются две архитектуры построения ботов: боты на основе набора правил, боты на основе машинного обучения [5].

Боты на основе набора правил, реагируют только на определенные команды, обладают строгой структурой и состоянием. Однако, при отхождении от команд, либо ошибке ввода, бот не может обработать запрос пользователя и становится бесполезным.

Боты на основе машинного обучения более гибки в своей структуре и в большинстве случаев не обладают состояниями. Функционируют они исключительно в формате «вопрос-ответ», и могут обучаться новым ответам на основе вопросов пользователей.

Многие современные компании используют чат-ботов по причине того, что они помогают сократить расходы, повысить качество обслуживания, удобство пользования клиентов, а также расширить охват оказываемых услуг за счет привлечения пользователей социальных сетей.

Аналитика за 2021 год показывает, что более половины пользователей, положительно относятся к использованию чат-ботов [6]. Основными преимуществами чат-ботов для предприятий и клиентов являются: простой доступ к информации, удобный и понятный интерфейс, малое потребление трафика, высокая скорость ответа (в сравнении со скоростью ответа оператора).

Подытоживая, можно сделать однозначный вывод, что взаимодействие с пользователями по средством технологии чат-ботов, имеет массу преимуществ. В первую очередь, благодаря тому что боты нативно встраиваются в различные сервисы и социальные сети. Тем самым, с каждым годом применение ботов окажется более актуальным и удобным для пользователей.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. История Рунета в цифрах и фактах [Электронный ресурс] // <https://speelogroup.com/blog/> Электронный журнал. – Режим доступа: <https://speelogroup.com/blog/istoriya-runeta-v-tsifrakh-i-faktakh/>
2. Usage index of social media messengers in Russia in 2021 [Электронный ресурс] // <https://www.statista.com/> статистическое агентство Statista. – Режим доступа: <https://www.statista.com/statistics/1110818/russia-most-popular-messengers-on-social-media/>
3. A. Gordon, N. Fernandez. What is Telegram and why should I use it? [Электронный ресурс] // <https://www.androidauthority.com/> Электронный журнал. – Режим доступа: <https://www.androidauthority.com/what-is-telegram-messenger-979357/>
4. M. Dahiya. A Tool of Conversation: Chatbot [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.researchgate.net/profile/Menal-Dahiya/publication/321864990\\_A\\_Tool\\_of\\_Conversation\\_Chatbot/links/5a360b02aca27247eddea031/A-Tool-of-Conversation-Chatbot.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Menal-Dahiya/publication/321864990_A_Tool_of_Conversation_Chatbot/links/5a360b02aca27247eddea031/A-Tool-of-Conversation-Chatbot.pdf)
5. What is a chatbot? [Электронный ресурс] // <https://www.oracle.com/> корпорация Oracle. – Режим доступа: <https://www.oracle.com/chatbots/what-is-a-chatbot/>
6. Chatbot rank 2021 [Электронный ресурс] // <https://markswebb.ru/> консалтинговое агентство Markswebb. – Режим доступа: <https://markswebb.ru/report/chatbot-rank-2021/#anchor-about>

УДК 004

Е. В. МИХАЙЛОВА

*katiana\_2001@mail.ru*

Науч. руковод. – д-р техн. наук, доц. А. М. ВУЛЬФИН

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **ЭВОЛЮЦИЯ НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ УГРОЗ БЕЗОПАСНОСТИ ИНФОРМАЦИИ**

**Аннотация.** В течении многих лет законодательство РФ не могло прийти к единому документу, который бы смог стать универсальным в сфере оценки угроз безопасности. В данной статье рассматриваются этапы развития нормативной базы моделирования угроз на протяжении почти пятнадцати лет и сравниваются подходы, меняющиеся с каждым новым витком развития этой сферы в нашей стране. Венцом творения регулятора стала методика ФСТЭК от 5 февраля 2021 г., которая является главным объектом исследования в данной работе.

**Ключевые слова:** ФСТЭК, методика оценки угроз, нормативная база, моделирование, система защиты, угрозы.

Методический документ, утвержденный ФСТЭК России 5 февраля 2021 г., стал «глотком свежего воздуха» для многих специалистов, ждущих новую методику, потому что до момента его выхода не существовало документа, который разложит по полочкам знания для разработки модели угроз.

Законодательству в сфере информационной безопасности приходится постоянно изменяться, подстраиваться под быстро меняющиеся технологии и становиться все более приближенным к реальной технической защите. Так новый документ ФСТЭК изменил подход к оценке угроз безопасности, принес иную методику для российских специалистов в этой сфере. А поскольку он является обязательным, многим структурам и организациям пришлось пересмотреть свой подход к оценке угроз и тщательно изучить все нововведения. Мне же стало интересно изучение новой методики с точки зрения проведения сравнительной оценки с документами, регулирующими эту сферу до ее появления. Поэтому целью данной статьи стал анализ нового «ФСТЭКа» на фоне поиска и исследования его предшественников.

Первая попытка ФСТЭК урегулировать сферу оценки угроз безопасности информации была сделана в 2007 году. Это были четыре руководящих документа ФСТЭК по защите ключевых систем информационной инфраструктуры,



которые распространялись под грифом «Для служебного пользования» (ДСП) только среди лицензиатов. В них рассматривались как базовая модель угроз ключевой системы информационной инфраструктуры (КСИИ), так и методика определения актуальных угроз КСИИ. С даты выхода ни один из документов так и не обновлялся, а после выхода Федерального закона № 187 "О безопасности критической информационной инфраструктуры РФ», право регулировать эту область у ФСТЭК исчезло. К сожалению, не смотря на то, что эти документы грамотно показывали, как правильно моделировать угрозу, их опыт не был учтен в последующих разработках ФСТЭК.

Уже через год была совершена еще одна попытка, которая совершенно отличалась от предыдущей и касалась темы персональных данных. Это было так называемое «Четверокнижие», которое регулировало разные вопросы сферы безопасности ПДн, в том числе о защите персональных данных и о моделировании угроз ПДн. Выход новой методики ФСТЭК пресек споры о способах и подходах разработки модели угроз безопасности персональных данных, поскольку данная методика 2008 года утратила свою силу. Все документы были отменены, за исключением базовой модели угроз безопасности, статус которой теперь подвис в воздухе, поскольку ее официально не отменили, но разработана она была в совершенно иной парадигме, отличной от новой политики 2021 года.

Спустя 6 лет, в 2014 году, ФСТЭК предприняла первую попытку создания универсальной методики моделирования угроз, которая оказалась не очень успешной. Разработанный проект был представлен в 2015 году, но так и не был утвержден. Регулятор посчитал, что данная методика очень сложна для государственных органов, на которых он тестирует свои документы и по большей части которые вкупе с муниципальными органами являются основной его аудиторией. Этот проект закрыли, хотя исподволь ФСТЭК все равно продолжил развитие своих документов по моделированию угроз.

Следующие шесть лет о регулировании этой сферы ничего не было слышно, пока ФСТЭК в феврале 2020 года не представила новый проект. Это

была уже совершенно новая концепция, с кардинально изменившимся подходом регулятора. До этого момента подход касался классического восприятия понятия угрозы и определения их по соответствующей методике, теперь же ФСТЭК перешла на концепцию техник и тактик злоумышленников или ТТР, как она называется в англоязычной терминологии. Эта концепция аналогична проекту АТТ&СК американской корпорации MITRE, который также базируется на ТТР и подразумевает, что все действия злоумышленников состоят из ряда этапов, которые последовательно позволяют достигнуть им своей цели, которая направлена либо на АСУ ТП, либо на информационную систему персональных данных, либо на объект КИИ или на что-то иное. Такой подход техник и тактик позволяет описать сценарий реализации угрозы, для того чтобы потом ему можно было противодействовать с помощью различных технических, организационных, юридических мероприятий в области информационной безопасности.

Именно эту последнюю концепцию ФСТЭК утвердила в феврале 2021 года. Новый документ стал унифицированным и универсальным для пяти приказов, которые были разработаны и опубликованы ФСТЭК начиная с 2013 года. Так например операторы ГИС и МИС, которые регулировались 17-м приказом, содержащим норму, что при выработке защитных мер необходимо оценивать актуальные угрозы, получили в новой методике ответ на вопрос, как это делать. Также этот документ распространяется на операторов ИСПДн (21-й приказ), на операторов ЗОКИИ (239-й приказ), на АСУ ТП (31-й приказ 2014 г.) и на ИС управления производством, используемым организациями оборонно-промышленного комплекса (31-й приказ 2017 г.). Все пять приказов ссылаются на необходимость моделирования угроз, а данная методика эту задачу решает, при этом все объекты, попадающие под действие старых приказов должны выполнять ее требования.

В своем документе ФСТЭК поясняет, что делать с уже существующими моделями. Модели, разработанные и утвержденные до 5 февраля 2021 года, продолжают действовать и подлежат изменению только при модернизации или

развитии. Системы и сети, созданные после даты выхода документа, должны соответствовать новой методике оценки угроз. Однако, старые модели, созданные по документу 2008 года, вероятно тоже придется пересмотреть. Потому что моделирование угроз должно быть непрерывным, так как оценка угроз осуществляется по результатам инвентаризации информационных ресурсов, анализу уязвимостей и тестированию на проникновение, которые производятся практически ежемесячно или ежеквартально.

Теперь оценка угроз- это отдельный этап работы, трудозатратность существенно увеличилась. ФСТЭК в свою очередь обещала разработать бесплатный инструментарий по моделированию угроз и разместить у себя на сайте, хотя уже упоминала, что в России существует 3 вендора, чьи решения помогают с моделированием угроз и соответствуют методике ФСТЭК.

Новая методика визуально стала понятнее, чем ее неизданный в 2015 году предшественник. Текст стал менее витиеватым, а из-за разбиения на пункты стал более структурированным. По всему документу прослеживаются примеры. В документе представлена схема проведения процесса моделирования угроз, которая описана четче, чем в аналогичном перечне действий методики от 2015. В схеме представлены исходные данные, необходимые для моделирования, этапы выполнения моделирования и, конечно, какой должен быть результат. Несмотря на то, что процесс моделирования рассмотрен схематически, он существенно упрощает понимание структуры документа и принципы построения модели угроз.

В методиках 2007 и 2008 годов не было таких понятий как определение границ оценки угроз безопасности и определение негативных последствий. Раньше опасность оценивалась без каких-то негативных последствий, то есть ее уровень определялся по какой-либо качественной шкале, а теперь необходимо оценивать, какой при этом будет ущерб. То есть теперь придется рассматривать объекты воздействия в разрезе негативных последствий и видов воздействий, чего ранее регулятор не требовал в своих методиках. Нововведением стало рас-

смотрение возможных сценариев атак с целью повышения безопасности инфраструктуры и выделение зоны ответственности для операторов и поставщиков услуг в определенных категориях информационной инфраструктуры.

Вся новая методика может быть описана в нескольких предложениях. Берутся все угрозы, которые существуют, в том числе и теоретические. Далее исключаются те, что не приводят к негативным последствиям, то есть ущербу, те, что не связаны с нарушителями нужного типа с нужными ему целями, иными словами неактуальными для конкретной ситуации нарушителями, те угрозы, которые направлены на активы, которые отсутствуют и отсекаются те угрозы, которые требуют от нарушителя доступа, которого у них нет. Для оставшихся угроз необходимо перебрать все возможные сценарии реализации угроз. Это самый тяжелый этап моделирования, который реализовать практически невозможно, поскольку перебирая 10 тактик и 145 техник, на выходе получается несколько сотен триллионов комбинаций, которые необходимо просчитать, чтобы на выходе получить перечень актуальных сценариев реализации угрозы. К сожалению, ФСТЭК не использует такое понятие, как приоритизация, и как следствие существует требование пересчитать, пересмотреть все возможные сценарии, что на практике выполнить невозможно.

Угрозы, которые не связаны с технической защитой, ФСТЭК не учитывает, поэтому методика не закрывает сто процентов реально существующих угроз. Например документ рассматривает антропогенные и техногенные источники, но не природные явления и стихийные бедствия, это значит, что в некоторых случаях методика должна рассматриваться в совокупности с другими стандартами. Хотя в проекте 2015 года регулятор рассматривал 3 вида источников, третьим из которых стали стихийные источники. При рассмотрении стихийных источников угроз ФСТЭК России рекомендует использовать требования и правила, установленные уполномоченными федеральными органами исполнительной власти, национальными стандартами, не ссылаясь при этом на конкретные стандарты. Значит, в случае с моделированием угроз для КИИ при-

дется объединить несколько стандартов, для наиболее грамотного содержания разрабатываемой модели угроз.

ФСТЭК, как и в проекте методики 2015 года, обязывает использовать БДУ (Банк данных угроз безопасности информации), как основной источник данных об угрозах, однако он совсем не синхронизирован с текущей методикой оценки. Методика требует оценивать угрозы для шести свойств информации, а БДУ описывает их только для трех (классической триады — конфиденциальность, целостность, доступность). БДУ использует понятие «потенциал», которое использовалось также в проекте 2015 года, которое предлагалось рассчитать по определенным алгоритмам, но в новой методике ФСТЭК данные алгоритмы исключены и введено понятие «уровень возможностей нарушителя», который не рассчитывается по каким-то формулам, а уже определен методикой. Но в БДУ таких уровней 3, а в методике уже 4. Да и сама ФСТЭК не так давно отметила, что сейчас БДУ не соответствует методике оценки и можно использовать другие источники информации об угрозах вместо него.

Разрешая операторам информационных систем различного типа самостоятельно проводить оценку и моделирование угроз, российские регуляторы не забывают выпускать и собственные перечни негативных событий, которые по разумению регуляторов в обязательном порядке должны быть учтены в рамках выстраивания системы защиты информации в той или иной области. Сейчас таких моделей и перечней стало немало, но пока 90% этих моделей крутятся вокруг всего одной темы – персональные данные, в том числе и биометрические.

Подводя итог, хочется сказать, что если рассматривать методику как документ, который выстраивает полную и логичную структуру, и на примерах помогает разобраться в его содержании, то он вышел более понятным и логичным, чем проект методики от 2015 года. Предложенная методика оценки на основании показателей и обновленной формулы выглядит законченной. Документ полезен при построении системы защиты для компаний, так как рассматривается более широкий спектр категорий оценки. Он привнес совершенно иной под-

ход на российский рынок и смог закрыть образовавшиеся за долгое время простоя в этой области дыры. Однако новая методика 2021 года все еще требует ряд доработок, совершенствований, стыковок с другим законодательством, автоматизации и приближения к реальному практическому применению. Но он, конечно, является положительным нововведением, а его вектор направлен на повышение уровня системы мониторинга информационной безопасности.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. "Методический документ. Методика оценки угроз безопасности информации" (утв. ФСТЭК России 05.02.2021).
2. "Базовая модель угроз безопасности информации в ключевых системах информационной инфраструктуры" (утв. ФСТЭК России 18.05.2007).
3. "Методика определения актуальных угроз безопасности информации в ключевых системах информационной инфраструктуры" (утв. ФСТЭК России 18.05.2007).
4. "Общие требования по обеспечению безопасности информации в ключевых системах информационной инфраструктуры" (утв. ФСТЭК России 18.05.2007).
5. "Рекомендации по обеспечению безопасности информации в ключевых системах информационной инфраструктуры" (утв. ФСТЭК России 19.11.2007).
6. "Основные мероприятия по организации и техническому обеспечению безопасности персональных данных, обрабатываемых в информационных системах персональных данных" (утв. приказом ФСТЭК России от 14.02.2008).
7. "Рекомендации по обеспечению безопасности персональных данных при их обработке в информационных системах персональных данных" (утв. приказом ФСТЭК России от 15.02.2008).
8. "Методика определения актуальных угроз безопасности персональных данных при их обработке в информационных системах персональных данных" (утв. приказом ФСТЭК России от 14.02.2008).
9. "Базовая модель угроз безопасности персональных данных при их обработке в информационных системах персональных данных (выписка)" (утв. приказом ФСТЭК России от 15.02.2008).
10. Проект "Методики определения угроз безопасности информации в информационных системах" (опубл. ФСТЭК России 2015 г.).
11. Приказ ФСТЭК России от 11 февраля 2013 г. № 17.
12. Приказ ФСТЭК России от 18 февраля 2013 г. № 21.
13. Приказ ФСТЭК России от 25 декабря 2017 г. № 239.
14. Приказ ФСТЭК России от 14 марта 2014 г. № 31.
15. Приказ ФСТЭК России от 28 февраля 2017 г. № 31.
16. Семинар RPPA — Методика оценки угроз безопасности информации ФСТЭК // Бизнес без опасности URL: [https://lukatsky.ru/aiovg\\_videos/seminar-rppa-metodika-otsenki-ugroz-bezopasnosti-informatsii-fstek](https://lukatsky.ru/aiovg_videos/seminar-rppa-metodika-otsenki-ugroz-bezopasnosti-informatsii-fstek) (дата обращения: 09.09.2022).
17. Магия моделирования угроз по ФСТЭК // Бизнес без опасности URL: [https://lukatsky.ru/aiovg\\_videos/seminar-rppa-metodika-otsenki-ugroz-bezopasnosti-informatsii-fstek](https://lukatsky.ru/aiovg_videos/seminar-rppa-metodika-otsenki-ugroz-bezopasnosti-informatsii-fstek) (дата обращения: 10.09.2022).
18. Простыми словами о новом проекте методики моделирования угроз безопасности информации ФСТЭК // securitylab.ru URL: <https://www.securitylab.ru/blog/company/axxtel/348258.php> (дата обращения: 11.09.2022).

УДК 004

Д. А. МИХАЙЛОВ

*den2000.m@yandex.ru*

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. В. Е. КЛАДОВ

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## ОСОБЕННОСТИ ИБ В 5G

**Аннотация.** 5G – это пятое поколение мобильной связи, которое открывает новые возможности для технического прогресса и инноваций. Ожидается, что внедрение 5G ускорит развитие интернета вещей. Но злоумышленники уже сейчас ищут уязвимости новой технологии и готовят масштабные атаки. Будущее с технологиями 5G немыслимо без совершенствования средств кибербезопасности. Переход с 4G на 5G коснется практически каждого, кто пользуется мобильной связью. Поэтому важно понимать, насколько защищена эта сеть и в чем она уязвима.

**Ключевые слова:** 5G, СЕТЬ РАДИОДОСТУПА, СВЯЗЬ, ЗАЩИТА СЕТЕЙ.

### **Введение**

Современное общество невозможно представить без сотовой связи: покупки, запись к врачам, оплата коммунальных услуг и обзор новостей; мы начинаем и заканчиваем свой день с сотовым телефоном в руках. Все это задает определенный ритм и темп нашей жизни. Развитие систем сотовой связи, с ростом производства персональных компьютеров и эволюции Интернета, не замедляется уже четверть века и включает в себя несколько поколений. Внедрение сетей пятого поколения (5G), позволит работать множеству самых устройств. Датчики будут не просто передавать собранные данные в центр сбора данных, но и принимать решения по управлению, объединяясь в группы «умный дом», «умный квартал» или «умный город», замыкая на себе множество важнейших процессов и обеспечивая рациональное управление техникой. Все эти аспекты повышают интерес злоумышленников к таким технологическим нововведениям и подвергают устройства широкому кругу угроз. Несмотря на то, что мобильные сети пятого поколения позиционируются как защищенные, специалистам по кибербезопасности удалось обнаружить в нем ряд уязвимостей.

## ***Применение сетей 5G***

В отличие от предыдущих поколений мобильных сетей, ориентированных в основном на массового потребителя (услуги голосовой связи, мобильного доступа в Интернет), стандарт 5G развивается преимущественно в интересах корпоративного и государственного сектора. Предлагаются три основных сценария использования сетей 5G:

Сверхширокополосная мобильная связь (eMBB): пиковая скорость передачи данных до 25 Гбит/с. Применение: прямые трансляции 4K, сервисы AR/VR, облачные игры и другие услуги с высоким объемом трафика.

Сверхнадежная межмашинная связь с низкими задержками (URLLC): сокращение задержек передачи данных до 1 мс. Применение: беспилотный транспорт, дистанционные технологии (например, роботизированная хирургия).

Массовая межмашинная связь (mMTC): поддержка до 1 млн подключений к базовой станции на 1 кв. км. Применение: развитие потребительского и промышленного IoT (электроснабжение, производство, безопасный город и пр.).

*Рассмотрим основные особенности архитектуры сетей 5G и связанные с ними проблемы безопасности.*

Сеть радиодоступа (RAN) основана на новом стандарте 5G NR (New Radio), реализующем необходимые для заданного сценария характеристики: пропускную способность, минимальные задержки или массовые подключения. Согласно концепции конвергентной архитектуры, иные сети радиодоступа (Wi-Fi, 4G-LTE) должны подключаться к единому ядру сети 5G.

Риски: большое число подключений и высокая пропускная способность увеличивают поверхность атаки. IoT-устройства менее устойчивы к взлому.

Архитектура опорной сети (ядро сети или 5G Core) основана на облачных технологиях и виртуализации сетевых функций (SDN, NFV), позволяющих создать множество независимых сегментов и поддерживать таким образом сервисы с различным набором характеристик. Сегментирование также позволяет



операторам предоставлять сетевую инфраструктуру в виде сервиса для организаций.

Риски: более серьезные последствия сбоев или злоупотреблений с учетом масштаба использования.

*5G предполагает активное использование технологии периферийных вычислений (MEC). Это могут быть, в частности, корпоративные приложения, работающие на сети операторов: интеллектуальные сервисы, финансовые сервисы, мультимедиа. Следует добавить, что в этом случае происходит интеграция операторских сетей 5G в корпоративную инфраструктуру.*

Риски: новые возможности проникновения в корпоративные сети, размещение оборудования MEC вне защищенного периметра организации.

Централизованная инфраструктура управления сетью (O&M) усложняется за счет необходимости одновременной поддержки большого числа сервисных сегментов.

Риски: более серьезные последствия злоупотребления ресурсами и/или ошибок конфигурации O&M.

*Среди наиболее значимых угроз для каждого из главных компонентов сети 5G можно выделить следующие:*

Угрозы для RAN DDoS-атак и от терминальных устройств

Внедрение поддельных базовых станций

Атаки на беспроводные интерфейсы - перехват, подмена пользовательских данных

Угрозы для опорной сети и сервисов оператора

Программные и аппаратные сбои элементов ядра, ошибки конфигурации

Внедрение или эксплуатация уязвимостей компонентов инфраструктуры

Нарушение изоляции сегментов,

НСД к сегменту

Угрозы для MEC

Физический доступ нарушителя к оборудованию

Поддельное или уязвимое стороннее приложение в экосистеме Проникновение в корпоративные или операторские сети из узлов MEC

Угрозы для инфраструктуры 5G из внешних сетей

DDoS-атаки из Интернета НСД к API поставщиков сервисов НСД к интерфейсу управления из внешних сетей.

*Защита на уровне стандарта*

разделение слоев протокола передачи данных на три плоскости: User Plane, Control Plane, Management Plane. Изоляция, шифрование и контроль целостности плоскостей. Шифрование абонентского и сигнального трафика;

увеличение длины ключа шифрования трафика с 128 бит до 256 бит (в новой редакции стандарта);

единый механизм аутентификации абонентов для различных типов беспроводной связи;

поддержка гибких политик безопасности для сегментов.

Причем следует отметить, что не исключается возможность использования и ГОСТа шифрования в сетях 5G при условии, что он будет соответствовать требованиям спецификаций безопасности стандарта 3GPP. Тогда его реализация и поддержка будут обеспечиваться при участии вендора и российских разработчиков, имеющих соответствующую лицензию ФСБ России. Но для этого надо подать заявку в 3GPP и пройти процедуры одобрения.

*Защита на уровне решений, оборудования и инфраструктуры сети:*

многоуровневая изоляция и защита целостности компонентов SDN и VNF – гипервизора, виртуальных машин, ОС, контейнеров;

обеспечение высокой доступности виртуальных машин для быстрого восстановления после атак;

аутентификация приложений MEC, авторизация запросов API;

дополнительный фактор аутентификации при доступе к корпоративной сети, белый список устройств и служб;

защищенные каналы связи между базовой станцией, МЕС и корпоративной сетью;

доверенная аппаратная среда – безопасная загрузка устройств, TEE;

обнаружение атак в реальном времени на сетевых узлах и элементах виртуальной инфраструктуры с использованием алгоритмов ИИ.

*Защита на уровне управления сетью:*

многофакторная аутентификация и разграничение доступа к сегментам со стороны O&M;

средства обнаружения поддельных базовых станций на основе мониторинга событий обслуживания;

безопасное управление жизненным циклом пользовательских данных, а также аналитических и служебных данных оператора – шифрование, анонимизация, безопасное хранение и удаление;

централизованное управление уязвимостями, политиками ИБ, анализ больших данных для обнаружения аномалий и раннего реагирования на атаки (SOC).

Важно отметить, что безопасность сетей 5G не ограничивается техническими мерами защиты и складывается из совместных усилий доверяющих друг другу сторон – разработчиков стандарта, регуляторов, вендоров, операторов и поставщиков услуг. Поддерживая укрепление доверия между сторонами, компания Huawei участвует в разработке стандарта 5G в составе консорциума 3GPP, а также предлагает рынку варианты комплексных защищенных решений.

Более того, совместно с ведущими вендорами – поставщиками телеком-решений Huawei активно участвует в реализации новой схемы мобильной кибербезопасности, запущенной совместно GSMA и 3GPP с различными регуляторами кибербезопасности – NESAS/SCAS (Network Equipment Security Assurance Scheme/Security Assurance Specifications).

*Преимущества NESAS/SCAS*

Дает возможность обеспечить защиту для наиболее специфичных для промышленности точек доступа и связанных с ними угроз безопасности, таких как радио-интерфейс, NAS, веб-безопасность и т.д.

Предоставляет унифицированные спецификации, которые можно измерить, увидеть, сопоставить, понять и применить.

Снижает фрагментации требований к безопасности и сокращает ненужные затраты операторов.

Для операторов использование этих решений позволит сократить время и затраты на оценку поставщиков, определит строгие и унифицированные стандарты безопасности и обеспечит эти высокие уровни безопасности.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Электронный ресурс – [<https://www.itsec.ru/articles/bezopasnost-setey-5g>]
2. Электронный ресурс [[https://www.researchgate.net/publication/319527681\\_Overview\\_of\\_5G\\_security\\_in\\_3GPP](https://www.researchgate.net/publication/319527681_Overview_of_5G_security_in_3GPP)]

Д. А. МИШНЕВ, Н. А. СЛИТА

*mishkadanyl@yandex.ru*

Науч. руковод. – канд. тех. наук, доц. В. Е. КЛАДОВ

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## ОЦЕНИТЬ УРОВЕНЬ ЗАЩИЩЕННОСТИ ИТ-СИСТЕМ

**Аннотация.** В статье представлен обзор методов защиты ИТ-систем. Объяснен основной принцип действия технологии и ее интеграции в систему. Выявлены и описаны существующие уязвимые места и способы их устранения, рассмотрены перспективы технологии в будущем.

**Ключевые слова:** защита, пентест, red team, киберполигон, Bug Bounty, Breach & Attack Simulation.

### **Введение**

Защищенность ИТ-систем определяется как состояние устойчивости к кибератакам. Основной парадигмой в управлении информационной безопасностью является риск-ориентированный подход. В этой парадигме риск определяется как потенциальный ущерб  $\times$  вероятность атаки, которая зависит от величины уязвимости и вероятности угрозы.

Для расчета вероятности угрозы, можно использовать несколько методов. Классический метод оценки риска состоит в анализе статистики по похожим инцидентам, за определенный промежуток времени и на основании нее принимать решения, о вероятности происшествия того или иного инцидента. В случае отсутствия статистики можно опираться на экспертную оценку.

Виды уязвимости можно разделить на: уязвимости кода, архитектуры, конфигурации, многофакторные и организационные. В первую очередь необходимо обратить внимания на организационные уязвимости. Исходя из ГОСТ Р 56546-2015, организационная уязвимость возникает по причине отсутствия или недостатков организационных мер защиты информации. К ним можно отнести требование организационно-распорядительной документации, правила эксплуатации, несвоевременное выполнение должностных обязанностей, лицом ответ-

ственным за кибербезопасность. Одним из наиболее частых уязвимостей, к примеру, можно отнести отсутствие двухфакторной аутентификации при доступе к конфиденциальным данным, которая по внутреннему регламенту компании должна быть. Таким образом, можно сделать вывод, организационные уязвимости являются не менее важными, чем ошибки или уязвимости в коде, и игнорирование таких уязвимостей может повести за собой большие последствия.

Обсуждая тему управления уязвимостями, следует учесть, не только процесс поиска, но и их устранения. Тут могут возникнуть некоторые трудности. Во-первых, в информационной структуре могут находиться legacy-системы, которые могут быть не обновляемые или не поддерживаемые собственными разработчиками, также возможен тот факт, что разработчики могут просто игнорировать уязвимости, так как закончился срок поддержки ПО. Во-вторых, при обновлении операционной системы, до более свежей версии, некоторые программы могут перестать работать, в такой ситуации приходится оставаться на старой ОС. В таких ситуациях, для минимизации риска, необходимо составить бузу правил, которая компенсирует недостаток, например настройка более строгой аутентификации.

Рассмотрим несколько методов оценки: Пентест, Red Team, Киберполигон, Bug Bounty, Breach & Attack Simulation.

### ***Пентест***

Пентест делится на два вида: внешний и внутренний.

При проведении внешнего пентеста производится поиск и эксплуатация уязвимостей электронные почты, веб-сервера и других, то есть строится модель злоумышленника, пытающегося получить доступ к данным компании из сети Интернет. Основная задача внешнего пентеста, проникновение в сеть компании из вне.

Первым делом происходит сбор данных, об исследуемом объекте, из общедоступных источников информации. Для выявления доступных сетевых служб, из сети интернет, производится сканирование портов и служб при помощи сетевого сканера. В результате перед получается список открытых портов и сервисов, доступных из сети.

После выявления открытых портов и сетевых служб, происходит анализ защищенности веб-приложений. В эту процедуру входит несколько этапов:

- Анализ технологий, при помощи которых работает веб-приложение;
- Анализ взаимодействия пользователя с веб-приложением;
- Анализ обработки ошибок веб-приложения;
- Анализ возможных уязвимостей, которым может быть подвержено веб-приложение.

- Поиск уязвимостей типа «внедрение операторов SQL», «межсайтовое выполнение сценариев», «внедрение внешних сущностей XML» и т.д. с помощью автоматических сканеров уязвимостей.

В итоге создается отчет со списком уязвимостей с указанием степени критичности и методами устранения.

Также, происходит отдельный поиск уязвимостей в публичных сетевых сервисах и тестирование почтовых серверов, в ходе этого проверяется возможность проникновения таких угроз, как:

- Отправка письма с поддельным отправителем;
- Отправка письма с поддельным отправителем в домене с которого производится рассылка;
- При помощи команд VRFY, EXPN и RCPT TO, производится проверка наличия того или иного почтового ящика;
- Отсутствие механизмов защиты, таких как Sender Validation и сокрытие несуществующих адресов.

Внутренний же пентест чаще всего начинается с выбора сценария атаки. Например, выбирается модель внутреннего злоумышленника. При таком выбо-

ре, существует два типа сценария «Белый ящик» и «Серый ящик». Тестирование по сценарию «Белый ящик», заключается в том, что у предполагаемого злоумышленника имеется легитимный доступ к ИС компании. Сценарий «Серый ящик», заключается в том, что у предполагаемого злоумышленника нет легального доступа к ИС компании, но он имеет представление об ее инфраструктуре. При проведении пентеста первым делом анализируют хост и его окружение, имеющие систему защиты. Затем, после анализа данных на компьютере, проводится сканирование подсети для выявления доступных портов и служб. Далее производится поиск дыр в системе безопасности.

В ходе проведения внутреннего пентеста формируется отчет, в котором содержится информация о недостатках системы защиты, как и каким образом был получен доступ к ИС и при помощи каких уязвимостей были получены повышенные привилегии

Не менее важной частью пентеста, является атака фишинговых писем на сотрудников компании, в ходе которой выявляется список сотрудников, которые повелись на фишинговое письмо и перешли по ссылке на небезопасный источник.

Также существует отдельный вид пентеста – тестирование безопасности Wi-Fi сети. В ходе проведения такого метода, определяется возможность получения контроля над существующими точками доступа и выявление нелегитимных точек доступа.

### ***Red Team***

Различие между Red Team и пентестом состоит в том, что пентест, как правило, ограничен по срокам проведения и служба безопасности заранее сообщает заказчику о его проведении, а Red Team проводит скрытые атаки на протяжении более длительного времени, с большим арсеналом социальных средств.



### ***Киберполигон***

Задача киберполигона состоит в том, что на основе уже существующей инфраструктуры заказчика построить точно такого же цифрового двойника и уже на нем производить кибератаки. В ходе атак на цифровую копию сети, проводятся учения отдела информационной безопасности заказчика. Преимущество использования киберполигона, является максимально правдоподобное проведение кибератак на инфраструктуру заказчика, во время которой реальная ИС остается не тронутой.

### ***Bug Bounty***

Bug Bounty – это программа выплаты вознаграждения за найденные уязвимости в сервисах и приложениях компании. Крупные компании, достигшие высокого уровня защищенности ИБ и уверенные в своей безопасности, объявляют награду за нахождение уязвимости в своей информационной системе. Программы Bug Bounty запущены в настоящее время самыми разными организациями, в том числе российскими. Успешность программ определяется целым рядом факторов, например, той ценой за найденные уязвимости, которую компания готова заплатить.

### ***Breach & Attack Simulation***

Также существует метод симуляции кибератак при помощи специальных программных средств, относящимся к классу Breach & Attack Simulation. Данный метод используется в качестве дополнительной проверки настройки информационной защиты компании.

Решения BAS-класса, на данный момент, имеют высокий спрос, так как у них отсутствуют недостатки других методов. Например, пентест проводится не чаще раза в год.

### *Что выбрать?*

Какой бы подход не применяли, имеет смысл действовать поступательно. Для устранения наиболее известных и часто встречающихся уязвимостей, необходимо использовать сканеры безопасности, они в автоматическом режиме берут на себя часть задач по обновлению ПО, но при этом они не решают проблемы, связанные с организационными уязвимостями. Например, они не смогут выявить ошибки настройки средств защиты, из-за которых злоумышленникам будет проще проникнуть в ИС компании.

Чаще всего, хакеры совершают атаки на сети компаний используют комплекс программ и методов, в которые входят: уязвимость ПО; Ошибки конфигураций; социальную инженерию. Решением данных проблем является пинтест, но также и он имеет свои недостатки. На качество проведения пентеста влияет квалификация специалиста и ограниченность применяемых технологий. Самым главным недостатком пентеста, является его эпизодичность. Как правило, пентест проводится не чаще одного раза в год, и поэтому в перерывах требуется использование дополнительных методов.

Если же требуется проверить не только виртуальную систему, но и самих агентов безопасности компании, «Blue Team», то следует заказывать услугу Red Team. В случае если компания не может находится в простое, во время проведения тестов, то стоит обратить внимание на услугу киберполигон.

Red Team, как и пентест, является разовой услугой, хотя и более продолжительной, поэтому для непрерывной оценки защищенности, в том числе проверки правильной настройки средств защиты информации, оптимальным является использование решений класса Breach Attack Simulation.

Если же в процессе проведения всех тестов, в информационной системе компании не выявилось дыр, и можно смело считать, что она максимально защищена, то стоит воспользоваться программным обеспечением Bug Bounty, которое направит к ИС компании тысячи белых хакеров, с целью выявить недостатки, которые остались незамеченными.

Наличие многочисленных методов ставит компании перед выбором, тем более что каждый способ обладает как преимуществами, так и недостатками. Эксперты рекомендуют для максимально эффективной оценки защищенности сети использование комплексных мер.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. All Technical Assistance. [В Интернете]. Available: <http://allta.com.ua/nashi-resheniya/informacionnaya-bezopasnost/waf>
2. ITglobal. [В Интернете]. Available: <https://itglobal.com/ru-ru/company/glossary/waf/>
3. LWCОM. [В Интернете]. Available: <https://lwcom.ru/blog/web-application-firewall-zashchita-saytov-i-prilozheniy/>
4. Positive Technologies. [В Интернете]. Available: <https://habr.com/ru/company/pt/blog/269165/>
5. Paloaltonetworks, [В Интернете]. Available: <https://www.paloaltonetworks.com/>.
6. fortinet, [В Интернете]. Available: <https://www.fortinet.com/ru/resources/cyberglossary/w hat-is-XDR>.
7. Лаборатория касперского, [В Интернете]. Available: <https://encyclopedia.kaspersky.ru/glossary/xdr-extended-detection-and-response/>.
8. Tiger-optics, [В Интернете]. Available: <https://blog.tiger-optics.ru/2021/03/xdr/>.

УДК 004.6

А. В. МУЛИНА, И. С. ШОРИНА

*alina.mulina297@gmail.com irinaevroplaneta@yandex.ru*

Науч. руковод. – канд. тех. наук, доц. А. Ю. СЕНЦОВА

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **АНАЛИЗ УЯЗВИМОСТЕЙ БАЗ ДАННЫХ НА ОСНОВЕ УТЕЧЕК ПЕРСОНАЛЬНЫХ ДАННЫХ**

**Аннотация.** В данной статье рассматриваются уязвимости баз данных, которые могут привести к утечкам персональных данных. На основе существующих случаев провели анализ возможных решений безопасности.

**Ключевые слова:** утечки данных, информационная безопасность, уязвимость, базы данных, персональные данные.

Новости о том, что в крупной компании произошла утечка/кража информации не редкость. Особенно часто кражи/утечки направлены на персональные данные. Как бы хорошо не была продумана реализация защиты информации, каждый шаг продумать нельзя. Злоумышленники тщательно изучают каждое предприятие, и как только находят уязвимость, не упускают шанса ей воспользоваться.

4 февраля 2021 года в ТАСС было опубликовано сообщение от первого заместителя председателя Комитета Совета Федерации по конституционному законодательству и государственному строительству о том, что за январь – сентябрь 2020 года в стране утекло 96,5 млн записей персональных данных и платежной информации. В 2022 году аналитики Group-IB зафиксировали небывалый рост утечек персональных данных. Много утечек произошло в период с зимы по весну, но небывалый рост был зафиксирован летом этого года, за 3 месяца в сеть попали 140 баз, антирекорд в 100 утечек был поставлен в августе [1].

Утечка данных – это несанкционированная передача данных изнутри компании внешнему получателю. Несанкционированная передача данных может быть как цифровой, так и физической, в большинстве случаев утечки происходят по одной из двух причин:

– Кто-то внутри компании делится данными с третьей стороной.

– Сотрудник оставляет уязвимость в безопасности, которая позволяет получить несанкционированный доступ к данным.

Какие же уязвимости безопасности могут быть у баз данных?

#### 1. Сбои развертывания.

Развертывание – это сложный процесс из-за множества переменных и этапов. В дополнение к всесторонней оценке потребностей в ИТ предприятия должны систематически развертывать различные компоненты, архитектура которых интегрируется со стандартными процессами, а затем надлежащим образом анализировать и тестировать всю систему.

#### 2. Неэффективные имена пользователей и пароли.

Короткие и несложные имена и пароли облегчают возможность взлома или запоминания. Также часто люди используют повторно свои пароли для доступа к различной информации, или вовсе могут записать на листке и повесить на видное место.

#### 3. Недостатки в функциях баз данных.

Базы данных могут быть взломаны из-за недостатков их функций. Злоумышленники могут получить законные учетные данные и заставить систему запускать любые произвольные коды. Хотя это звучит сложно, на самом деле доступ достигается за счет основных недостатков, присущих функциям.

#### 4. Отсутствие разделения доступа к данным.

Системные администраторы часто предоставляют другим сотрудникам чрезмерные права доступа к базе данных, которые превышают требования их должностных функций. К сожалению, это увеличивает общий риск, поскольку некоторые сотрудники могут в конечном итоге злоупотреблять своими полномочиями и, следовательно, вызывать потенциально опасные утечки данных.

#### 5. Атаки на резервные копии

Организации обычно не слишком заботятся о защите своих файлов резервных копий. Часто они используют те же методы и средства управления, что и основная база данных. Если основное содержимое было скомпрометировано,

злоумышленнику не потребуется много времени, чтобы взломать резервную копию. Еще одна распространенная ошибка - полная неспособность защитить файлы резервных копий или неправильное отслеживание их местоположения.

#### 6. Сотрудники компании.

Хотя вредоносные программы постепенно становятся все более изощренными, более чем в двух третях случаев утечки данных виноват человеческий фактор. И ожидается, что это будет основной причиной в долгосрочной перспективе, тем более что предприятиям еще предстоит внедрить достаточно жесткие политики для защиты своих баз данных. Хотя такая мера не устраняет риск полностью, она будет все больше уменьшать уязвимости, возникающие из-за человеческих ошибок.

#### 7. Не устранение уже выявленных недоработок системы баз данных.

Ежегодно появляется от 5000 до 6000 новых уязвимостей. Это означает, что по меньшей мере 15 каждый день, все в основном нацелены на системные уязвимости. Поставщики программного обеспечения впоследствии отвечают исправлениями. Но администраторы баз данных часто слишком заняты, чтобы следить за всеми выпусками. Чем дольше база данных работает с отсутствующими исправлениями, тем более она подвержена развитию вредоносных программ.

#### 8. Уязвимости журнала аудита.

В результате безответственного отношения к аудиту возникает невозможность всестороннего мониторинга данных по всем направлениям, а это представляет собой серьезные уязвимости на многих уровнях. Даже такая простая вещь, как мошеннические действия, не может быть обнаружена вовремя, чтобы предотвратить нарушение.

#### 9. Незашифрованные данные

Несмотря на то, что шифрование стало стандартным в процессе передачи данных, некоторым предприятиям еще предстоит внедрить то же самое для информации, хранящейся в их базах данных.

## 10. SQL-инъекции

Инъекции атакуют приложения, и администраторы баз данных вынуждены убирать беспорядок вредоносных кодов и переменных, которые вставляются в строки.

Данные могут быть украдены как у небольших компаний, так и крупных фирм (банки, сервера видеоигр, сервисы доставки, такси и т.д.).

Рассмотрим громкие случаи произошедшие за последние несколько лет.

### 1. Яндекс.Еда.

В конце месяца, 22 марта, в сети появилась интерактивная карта, на которой были указаны данные пользователей «Яндекс.Еды». В мае к этой информации на карте присоединились также данные из ГИБДД, СДЭК, Wildberries, «Билайна», ВТБ, «ВКонтакте» и некоторых других компаний. Это не была новая утечка: неизвестные просто собрали информацию из разных источников.

### 2. Почта России

Информация, которая утекла, содержит номер отслеживания, ФИО отправителя/получателя, номера телефонов, город/индекс, дата/время отправки, к счастью, банковские реквизиты слиты не были. [13]

### 3. GeekBrains

Имена, телефонные номера и адреса электронной почты ста тысяч пользователей Geekbrains попали в открытый доступ. Платформа утверждает, что данные банковских карт уцелели. [14]

### 4. Гемотест

В базе данных 30,5 миллиона строк с ФИО, датой рождения, адресом, телефоном, номером паспорта.

### 5. Kari

Неизвестные выложили на продажу в даркнете базу данных пользователей бонусной программы магазина обуви и аксессуаров Kari в середине июля 2022 года. А 10 августа злоумышленники вывели эти данные в открытый доступ. В Сеть слили даты рождения, ФИО, пол, телефон, электронную почту, го-

род/регион, номера карты лояльности, баркод и Timestamp клиентов Kari CLUB. [15]

#### 6. «Умный дом» от Ростелекома

В июне в сеть утекли сразу два типа данных «Ростелекома»: информация о внутренних аккаунтах сотрудников компании и данные клиентов сервиса «Умный дом». Компания заявила, что проводит внутреннее расследование и приняла решения, чтобы исключить подобные инциденты в будущем.

#### 7. Компания EskyFun

Компания EskyFun, допустившая утечку, является разработчиком множества игр под Android. Под угрозой оказались пользователи следующих приложений: Rainbow Story: Fantasy MMORPG, Metamorph M и Dynasty Heroes: Legends of Samkok. В частности, собирались IP-адреса пользователей, IMEI-номера и другая информация об устройствах, телефонные номера, версии ОС, логи событий на устройствах вне зависимости от наличия root-доступа, информация о приобретении игр и отчеты о транзакциях, адреса электронной почты, пароли от аккаунтов в системе EskyFun (сохраненные открытым текстом), а также запросы в службу поддержки. По оценкам vpnMentor, в опубликованной базе находятся данные примерно миллиона пользователей. [16]

#### 8. Онлайн-кинотеатр «Старт»

28 августа 2022 года в СМИ попала информация о том, что данные миллионов пользователей Start утекли. Онлайн-сервис подтвердил информацию и заявил, что уязвимость уже исправлена. [17]

#### 9. СДЭК (Служба экспресс-курьерской доставки)

В августа 2022 года стало известно об очередной утечке данных 25 миллионов клиентов СДЭК. Компания подтвердила информацию и объявила о начале проверки по факту произошедшего.

#### 10. Oriflame

8 ноября 2021 года была оштрафована компания Oriflame на 30 тысяч рублей за утечку персональных данных клиентов. Компания была признана ви-



новой в совершении административного правонарушения по статье 13.11 КоАП ("Нарушение законодательства Российской Федерации в области хранения персональных данных"). База паспортных данных более чем 1,3 миллионов российских клиентов была выставлена на теневой площадке. [18]

#### 11. Epic Games Fortnite

Из-за незащищенной страницы на веб-сайте Epic Games, которая была зашифрована в 2004 году, злоумышленники смогли получить доступ к миллионам учетных записей пользователей Fortnite и использовать данные кредитных карт для совершения внутриигровых покупок. Воры также взломали миллионы учетных записей пользователей и продали их в темной сети с целью получения прибыли. Взлом произошел в 2018 году, но инцидент был признан только в январе 2019 года. [19]

#### 12. Россельхозбанк

Бывший сотрудник Россельхозбанка передал персональные данные клиентов банка. От незаконных действий пострадали крупные торговые компании и промышленные предприятия Кузбасса. Будучи еще сотрудником РСХБ, внутренний нарушитель сохранил у себя данные клиентов и часть документации, имеющей коммерческую тайну. Летом 2020 года злоумышленник был осужден кемеровским судом. [20]

#### Последствия утечек.

Предотвращение утечки данных важно, потому что таким образом можно избежать ряд как краткосрочных (затраты на смягчение последствий; штрафы и сборы; федеральные расследования), так и долгосрочных последствий (испорченная репутация; потеря доверия клиентов; снижение морального духа).

От последствий могут пострадать как владельцы данных, так и организации, в которых хранится информация.

Для первой группы существуют многочисленные риски стать жертвой злоумышленников, ведь они могут: шантажировать; разгласить информацию, касающуюся личной жизни; украсть деньги с банковских счетов.

Организации, в свою очередь, допустившие утечку персональных данных, понесут ответственность:

– гражданскую, в виде взыскания в судебном порядке понесенных гражданами убытков и морального вреда;

– административную, в виде наложения штрафа, приостановления или запрета деятельности, связанной с обработкой персональных данных;

– уголовную, в случае неправомерного распространения ПДн, причинившего существенный ущерб и передаче информации в правоохранительные органы.

Чтобы улучшить защиту Пд был создан закон 266-ФЗ (Федеральный закон от 14.07.2022 № 266-ФЗ), который внес изменения в федеральный закон о персональных данных (Федеральный закон от 27.07.2006 № 152-ФЗ). Изменения в закон о персональных данных касаются всего порядка работы с ними: от особенностей согласия и уведомления Роскомнадзора до правил трансграничной передачи, прекращения обработки и исполнения новых сроков. За нарушение этих требований грозят не только крупные административные штрафы, но и уголовная ответственность (ст. 13.11, 13.12 и 19.7 КоАП РФ, ст. 137 и 272 УК РФ).

Как же можно предотвратить утечки и обезопасить базу данных?

1. Оценка базы данных – оценка баз данных или систем больших данных на предмет уязвимостей и неправильных настроек, выявление поддельных баз данных или небезопасных сред разработки / тестирования и классификация конфиденциальных данных в инфраструктуре организации. (тестирование – для установления списка уязвимостей программы; анализ – определить источник и причину уязвимостей; оценка риска – расставление приоритетов/оценка серьезности атаки; исправление – устранение пробелов в безопасности, внедрение новых мер).

2. Фиксация в журналах учета всех действий специалистов, осуществляющих обработку данных, позволяющая понять, что конкретно они делали с охраняемыми законом сведениями.

3. Установка средств антивирусной защиты.

4. Использование средств криптографической защиты для шифрования данных при хранении и передаче. Шифрование защищает данные с помощью сложных алгоритмов. Это означает, что доступ к ключу дешифрования зарезервирован только для уполномоченного персонала, и передаваемые данные и данные, которые просто хранятся на устройствах, остаются защищенными от утечки данных. Это означает, что доступ к ключу дешифрования зарезервирован только для уполномоченного персонала, и данные остаются защищенными от утечек.

5. Предотвращение утечки данных может быть достигнуто с помощью управления привилегированным доступом, которое представляет собой подход, ориентированный на мониторинг привилегированных учетных записей, смягчающий как внешние, так и внутренние угрозы, которые основаны на злоупотреблении административными привилегиями в бизнес-сети. Она основана на принципе наименьших привилегий, который гласит, что учетные записи пользователей должны иметь минимальный набор прав доступа, необходимых для завершения задач, которые им необходимо выполнить.

6. Тестирование безопасности веб-приложений и внедрение межсетевых экранов - наилучшие варианты защиты баз данных, подключенных к сети «Интернет».

7. Регулярное создание резервных копии баз данных. Это снижает риск потери конфиденциальной информации из-за вредоносных атак или повреждения данных.

Вывод:

Таким образом, утечки персональных данных могут происходить по разным причинам. Основные уязвимости, такие как подкуп сотрудников, невоз-

можно исправить в полной мере. Но несмотря на это, необходимо проводить профилактические меры по защите баз данных.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Слив засчитан: Group-IB отмечает рекордное число утечек баз данных российских компаний [Электронный ресурс] URL: <https://www.group-ib.ru/media/database-leaks-record/>
2. Vulnerability Assessment [Электронный ресурс] URL: <https://www.imperva.com/learn/application-security/vulnerability-assessment/> (оценка уязвимости)
3. Identifying The Top 10 Most Common Database Security Vulnerabilities [Электронный ресурс] URL: <https://www.filecloud.com/blog/2018/06/identifying-the-top-10-most-common-database-security-vulnerabilities/#.Yx3VuDPP02w>
4. 10 Most Common Database Security Vulnerabilities [Электронный ресурс] URL: <https://www.securedatarecovery.com/blog/10-common-database-security-vulnerabilities-2>
5. 10 common database security issues [Электронный ресурс] URL: <https://qarea.com/blog/10-common-database-security-issues>
6. Our Complete Take on Database Security [Электронный ресурс] URL: <https://jelvix.com/blog/database-security>
7. What is Data Leakage and How to Prevent It? [Электронный ресурс] URL: <https://phoenixnap.com/blog/what-is-data-leakage>
8. Утечки персональных данных: можно ли защититься? [Электронный ресурс] URL: <https://www.cossa.ru/news/310609/>
9. Персональные данные с 1 сентября 2022: какие требования теперь предъявляет закон [Электронный ресурс] URL: <https://profkadrovik.ru/info/articles/working-conditions/personalnye-dannye-s-1-sentyabrya-2022-kakie-trebovaniya-teper-predyavlyaet-zakon-22-m9/>
10. Group-IB: в России рекордно выросло число утечек персональных данных [Электронный ресурс] URL: <https://www.kommersant.ru/doc/5548670>
11. 14 компаний, откуда утекли данные пользователей в 2022 году [Электронный ресурс] URL: <https://www.sravni.ru/text/14-kompanij-otkuda-utekli-dannye-polzovatelej-v-2022-godu/>
12. What Is Data Leakage? [Электронный ресурс] URL: <https://heimdalsecurity.com/blog/what-is-data-leakage/>
13. Рисковый поход: в Сеть утекли данные клиентов «Почты России» [Электронный ресурс] URL: <https://iz.ru/1373931/ekaterina-korinenko/riskovyi-pokhod-v-set-utekli-dannye-klientov-pochty-rossii>
14. В Geekbrains подтвердили утечку ста тысяч персональных данных [Электронный ресурс] URL: <https://www.anti-malware.ru/news/2022-06-02-118537/38808>
15. В Сеть попали данные более 1,3 млн участников бонусной программы Kari CLUB [Электронный ресурс] URL: <https://rspectr.com/novosti/v-set-popali-dannye-bolee-13-mln-uchastnikov-bonusnoj-programmy-kari-club>
16. Китайский разработчик Android-игр допустил утечку личных данных геймеров, которые не должен был собирать [Электронный ресурс] URL: <https://3dnews.ru/1047768/kitayskiy-razrabotchik-androidigr-dopustil-utechku-lichnih-dannih-geymerov-kotorie-ne-dolgen-bil-sobirat/>
17. Start признал утечку базы данных пользователей [Электронный ресурс] URL: [https://www.rbc.ru/technology\\_and\\_media/28/08/2022/630b5ba29a794714ebf876d4](https://www.rbc.ru/technology_and_media/28/08/2022/630b5ba29a794714ebf876d4)
18. Паспортные данные более миллиона российских клиентов Oriflame выставили на продажу на хакерском форуме [Электронный ресурс] URL: <https://www.forbes.ru/newsroom/tehnologii/438041-pasportnye-dannye-bolee-milliona-rossijskih-klientov-oriflame-vystavili>
19. Why Fortnite Data Breach is a Problem For All Gamers [Электронный ресурс] URL: <https://www.idstrong.com/sentinel/why-fortnite-data-breach-is-a-problem-for-all-gamers/>
20. Как облажалась кибербезопасность в 2021 году? Самые громкие утечки данных [Электронный ресурс] URL: <https://cloudnetworks.ru/analitika/samyegromkie-utechki-dannyh/>

А. В. МУЛИНА, И. С. ШОРИНА

*alina.mulina297@gmail.com irinaevroplaneta@yandex.ru*

Науч. руковод. – доц. В. Е. КЛАДОВ

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **ОБЗОР ПРОТОКОЛА AMQP ДЛЯ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ И ЕГО УЯЗВИМОСТЕЙ**

**Аннотация.** В работе рассматриваются вопросы безопасности передачи данных при использовании протокола AMQP для IoT, основные принципы работы и уязвимости.

**Ключевые слова:** интернет-вещей, протокол AMQP, информационная безопасность, информационные технологии.

Технология IoT (Internet of Things) в последние годы развивается невероятно стремительно и охватывает все больше и больше устройств. Более (54%) от всех активных соединений приходится на технологию интернета вещей, что делает ее одной из самых популярных технологий настоящего времени. [1]

Обычно устройства IoT имеют ограниченные вычислительные и энергетические мощности, поэтому для стабильной работы разрабатывают и применяют специальные протоколы передачи данных. Так, проект OWASP в своем рейтинге 10 самых уязвимых направлений для технологии IoT, разместили на 2 месте небезопасные сетевые службы. [2]

В архитектурной модели IoT-систем сетевой уровень представлен универсальной сетевой моделью TCP/IP. На прикладном уровне обычно применяются такие протоколы, как: MQTT, HTTP, CoAP, AMQP, DDS, XMPP, OPC UA [3].

Из представленных протоколов часто применяемым является AMQP. Главным его элементом выступает AMQP-брокер, который осуществляет маршрутизацию, может гарантировать доставку, а также распределение потоков данных и подписку на нужные типы сообщений. Отдельные подсистемы или независимые приложения могут обмениваться сообщениями произвольным образом через брокера.

В AMQP важны следующие понятия:

1. Сообщение (message) – это единица передаваемых данных.

2. Точка обмена (exchange) – куда происходит отправка сообщения. Также именно здесь сообщения распределяются в очереди, но сообщения не хранятся внутри точки распределения.

Точки обмена бывают трех типов: fanout — сообщение передается во все прикрепленные к ней очереди; direct — сообщение передается в очередь с именем, совпадающим с ключом маршрутизации (routing key) (ключ маршрутизации указывается при отправке сообщения); topic — сообщения передается в очереди, для которых совпадает маска на ключ маршрутизации.

3. Ключ маршрутизации – это виртуальный адрес, который сервер точки обмена может использовать для принятия решения о направлении сообщения

4. Очередь (queue) – здесь хранятся сообщения, откуда их забирает клиент.

Протокол можно разделить на два слоя:

*Functional Layer* – на котором определяется набор команд, выполняющих работу от имени приложения.

*Transport Layer* – на котором обслуживаются запросы приложения к серверу и сервера к приложению, также на нем происходит управление мультиплексированием каналов, фреймингом, кодировкой, heart-beating, представлением данных, работой с ошибками.

Кадр AMQP состоит из пяти различных компонентов:

– Тип кадра

– Номер канала

– Размер кадра в байтах

– Полезная нагрузка кадра

– Флаг конечного байта (значение ASCII 206) [4]

Тип кадра	Номер канала	Размер кадра	Полезная нагрузка	Охце
1	0	335		

Рис. 1. Кадр AQMP

Всего существует пять типов кадра AQMP: заголовка, содержимого, метода, heart-beating и тела сообщения. [6]

Фрейм заголовка протокола используется один раз для подключения к брокеру.

Фрейм метода содержит запрос или ответ грс (удаленный вызов процедур), отправленный или полученный от брокера.

Заголовок содержимого состоит из размера и атрибутов сообщения.

Фрейм сообщения содержит само сообщение.

Фреймы heart-beating передаются непосредственно между клиентом и брокером, чтобы убедиться, что оба конца соединения доступны и работают должным образом. [4]



Рис. 2. Полное сообщение

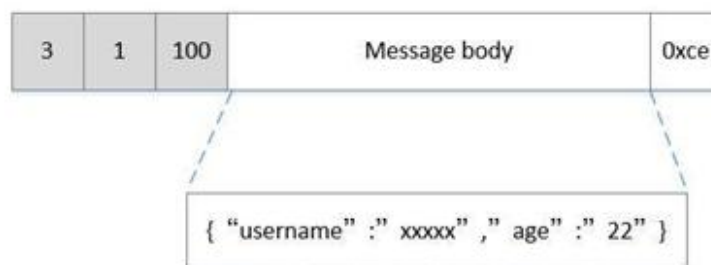


Рис. 3. Структура сообщения

В AMQP предоставляется общее пространство очередей (брокера), к которому могут получить доступ все участвующие приложения. Сообщение отправляется от клиента через издателя в обменное пространство, которое находится внутри брокера. Каждое сообщение содержит ключ маршрутизации, который используется посредником для назначения сообщения в определенную очередь, для распределения сообщения по нескольким очередям, для дублирования каждого сообщения в несколько очередей или распределения нескольких сообщений в выбранные очереди, как определено по ключу маршрутизации.

Затем подписчик получает авторизованные сообщения из очередей для доставки своему конечному клиенту. Поскольку каждое сообщение назначается одному конкретному подписчику, даже если одно и то же сообщение может быть продублировано для другого подписчика, только один может получить конкретное сообщение из любой из присутствующих очередей. Отдельные сообщения отслеживаются и учитываются, чтобы гарантировать, что все сообщения будут доставлены по назначению. Для этого все конечные точки должны подтверждать получение каждого сообщения. Методология протокола представлена на рисунке 4.

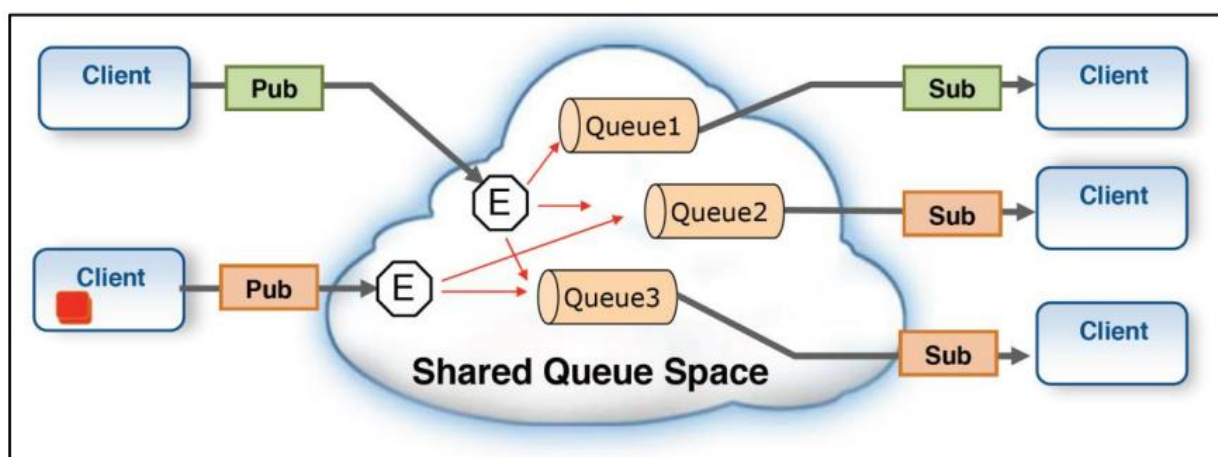


Рис. 4. Методология протокола:  
*pub* – издатель; *sub* – подписчик; *queue* – очередь; *E* – обмен

AMQP использует базовые протоколы, совместимые с TCP/IP, что обеспечивает совместимость и надежность на транспортном уровне.



## Уязвимости протокола.

Так как протокол имеет открытый код, который позволяет добавлять различные расширения, количество уязвимостей на конкретном предприятии может вырасти. В ходе исследования были изучены базы данных Common Vulnerabilities and Exposures (CVE) на предмет известных уязвимостей AMQP. Часть полученных результатов приведена в таблице 1. [5]

Таблица 1

### Уязвимости AMQP

Название	Описание
CVE-2021-22116	Все версии RabbitMQ до 3.8.16 подвержены уязвимости отказа в обслуживании из-за неправильной проверки ввода в конечной точке подключения клиента AMQP 1.0. Злоумышленник может воспользоваться этой уязвимостью, отправив вредоносные сообщения AMQP целевому экземпляру RabbitMQ с включенным подключаемым модулем AMQP 1.0
CVE-2021-22097	В версиях Spring AMQP 2.2.0–2.2.18 и 2.3.0–2.3.10 объект Spring AMQP Message в своем методе toString() десериализует тело сообщения с типом содержимого application/x-java-serialized. -объект. Можно создать вредоносный объект java.util.Dictionary, который может вызвать 100% загрузку ЦП в приложении, если вызывается метод toString().
CVE-2021-22095	В версиях Spring AMQP 2.2.0–2.2.19 и 2.3.0–2.3.11 объект Spring AMQP Message в своем методе toString() создаст новый объект String из тела сообщения независимо от его размера. Это может вызвать ошибку OOM.
CVE-2020-4931	Каналы IBM MQ 9.1 LTS, 9.2 LTS и 9.1 CD AMQP могут позволить аутентифицированному пользователю вызвать отказ в обслуживании из-за проблемы с обработкой сообщений. Идентификатор IBM X-Force: 191747.
CVE-2020-4320	IBM MQ Appliance и IBM MQ AMQP Channels 8.0, 9.0 LTS, 9.1 LTS и 9.1 CD неправильно блокируют или разрешают работу клиентов на основе настройки отличительного имени сертификата SSLPEER. Идентификатор IBM X-Force: 177403.
CVE-2020-27220	Адаптеры протоколов Eclipse Hono AMQP и MQTT не проверяют, авторизовано ли аутентифицированное шлюзовое устройство для получения командных и управляющих сообщений, если оно подписано только на команды для определенного устройства. Отсутствующая проверка включает в себя проверку того, что целевое устройство команды настроено на предоставление шлюзу разрешения действовать от его имени. Это означает, что аутентифицированное устройство определенного арендатора, в частности, устройство, не являющееся шлюзом, но действующее как шлюз, может получать сообщения управления и контроля, направленные на другое устройство того же арендатора, без проверки соответствующих разрешений.

Название	Описание
CVE-2020-27217	В Eclipse Hono версий 1.3.0 и 1.4.0 адаптер протокола AMQP не проверяет размер сообщений AMQP, полученных от устройств. В частности, устройство может отправлять сообщения, размер которых превышает максимальный размер сообщения, указанный адаптером протокола при установлении соединения. Хотя протокол AMQP 1.0 явно запрещает одноранговому узлу отправлять такие сообщения, созданный вручную клиент AMQP 1.0 может использовать это поведение для отправки адаптеру сообщения неограниченного размера, что в конечном итоге приведет к сбою адаптера с исключением нехватки памяти.
CVE-2019-4227	IBM MQ 8.0.0.4–8.0.0.12, 9.0.0.0–9.0.0.6, 9.1.0.0–9.1.0.2 и 9.1.0–9.1.2 Прослушиватели AMQP могут позволить неавторизованному пользователю провести атаку фиксации сеанса из-за клиентов, которые не отключаются как следует. Идентификатор IBM X-Force: 159352.
CVE-2019-18609	Проблема была обнаружена в <code>amqp_handle_input</code> в <code>amqp_connection.c</code> в <code>rabbitmq-c 0.9.0</code> . Существует целочисленное переполнение, которое приводит к повреждению памяти при обработке <code>CONNECTION_STATE_HEADER</code> . Мошеннический сервер может вернуть вредоносный заголовок кадра, который приводит к меньшему значению <code>target_size</code> , чем необходимо. Затем это условие передается функции <code>memcpy</code> , которая копирует слишком много данных в буфер кучи
CVE-2018-8119	Уязвимость, связанная со спуфингом, существует, когда транспортная библиотека AMQP для подготовки устройств Azure IoT неправильно проверяет сертификаты по протоколу AMQP, также известная как «уязвимость, связанная со спуфингом пакета SDK Azure IoT». Это влияет на C# SDK, C SDK, Java SDK.

### Возможные атаки.

По мере расширения Интернета вещей, охватившего миллиарды устройств по всему миру, конфиденциальность, целостность и доступность становятся как никогда важными. Также с ростом количества устройств IoT появляется все больше и больше линий связи и передач данных, как беспроводных, так и проводных. Действительно, в ситуации, когда каждое устройство способно связываться с каждым другим устройством количество каналов связи равно  $n(n-1)/2$ , где  $n$  — количество задействованных устройств. [7]

Каждый канал связи IoT так же уязвим для потенциальной кибератаки «человек посередине», как и при простом обмене электронной почтой между двумя конечными пользователями.

Существует четыре типа таких активных атак:

1. Воспроизведение — объект атаки воспроизводит данные между сеансами связи, чтобы выдать себя за пользователя и получить информацию.
2. Маскарад. Злоумышленник получает доступ к системе или совершает неправомерное действие, выдавая себя за уполномоченный орган.
3. Модификация. Злоумышленник выполняет добавление или удаление содержимого сетевых коммуникаций.
4. Отказ в обслуживании — атака, которая препятствует доступу законных пользователей к компьютерным службам. [7]

Несмотря на то, что AMQP использует шифрование на основе TLS/SSL в базовом протоколе передачи на основе TCP, злоумышленники по-прежнему смогут перехватывать и расшифровывать сообщения IoT при наличии достаточного времени («атака человек по середине»). Устройства IoT выводятся на рынок с недостаточными мерами безопасности, к тому же мы наблюдаем компрометацию сетей IoT из-за внедрения тщательно разработанных ботнетов. Рисунок 4 представляет собой теоретическую графическую интерпретацию того, как может протекать атака с использованием ботнетов.

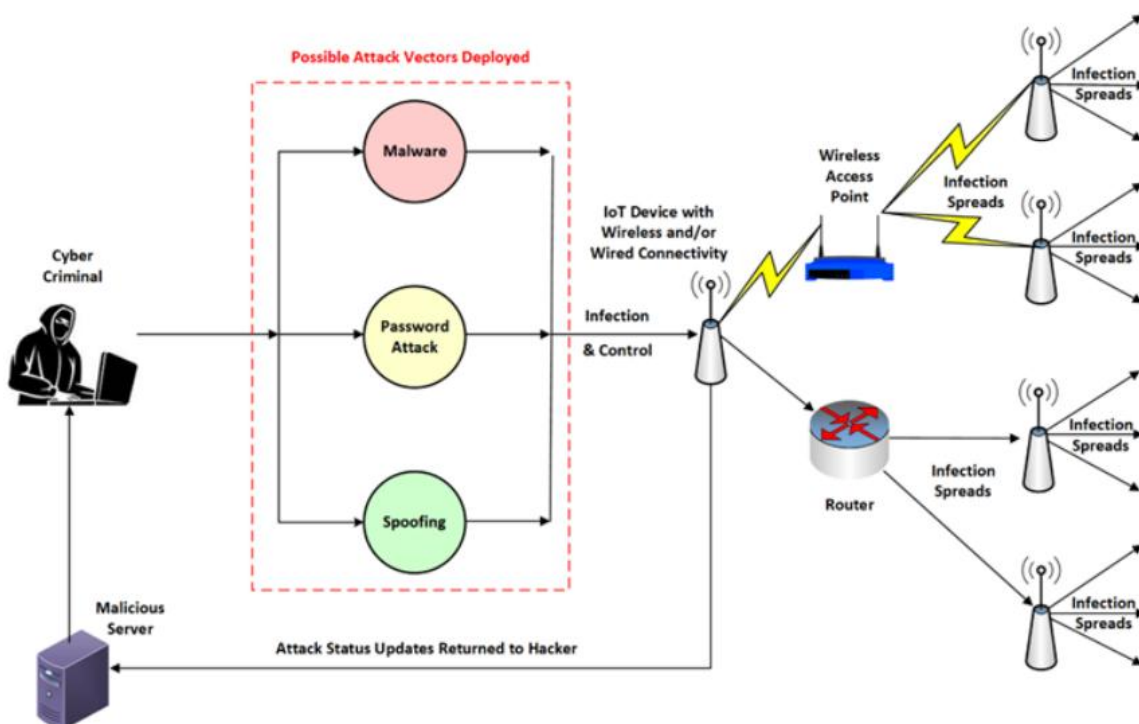


Рис. 5. Гипотетическая интерпретация вектора атаки

Вывод.

Протокол AMQP является популярным протоколом передачи данных для интернет вещей. Благодаря использованию ключей привязки/маршрутизации AMQP предоставляет мощный и гибкий механизм для отправки сообщений от издателей к подписчикам через обмены и очереди. Базовая инфраструктура AMQP, совместимая с TCP/IP, увеличивает разнообразие его приложений, но также делает его уязвимым для целого ряда известных уязвимостей и методов эксплуатации. Его использование в качестве протокола обмена сообщениями между серверами приводит к тому, что присущие ему уязвимости, основанные на TCP/IP, могут быть использованы для распространения вредоносных программ между сетями.

Основными атаками являются: атака «человек посередине»; получение несанкционированного доступа к информационным потокам; атака «отказ в обслуживании».

Текущие решения безопасности для протокола AMQP требуют доработки, особенно для устройств с ограниченными ресурсами.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Knud L. L. “State of the IoT 2020: 12 billion IoT connections, surpassing non-IoT for the first time”. [Электронный ресурс] URL: <https://iot-analytics.com/state-of-the-iot-2020-12-billion-iot-connections-surpassing-non-iot-for-the-first-time/>
2. OWASP Internet of Things Project. [Электронный ресурс] URL: [https://wiki.owasp.org/index.php/OWASP\\_Internet\\_of\\_Things\\_Project#tab=Main](https://wiki.owasp.org/index.php/OWASP_Internet_of_Things_Project#tab=Main)
3. Носов А. В. АНАЛИЗ ПРИКЛАДНЫХ ПРОТОКОЛОВ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ДЛЯ СИСТЕМ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ. [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-prikladnyh-protokolov-peredachi-dannyh-dlya-sistem-interneta-veschey/viewer>
4. Принцип очереди сообщений RabbitMQ. [Электронный ресурс] URL: <https://russianblogs.com/article/8595258634/>
5. Common Vulnerabilities and Exposures. (2022). Search results. [Электронный ресурс] URL: <https://cve.mitre.org/cgi-bin/cvekey.cgi?keyword=AMQP>
6. Как разговаривает Rabbit: протокол AMQ [Электронный ресурс] URL: <http://onreader.mdl.ru/RabbitMQInDepth/content/Ch02.html>
7. McAteer, I. N., Malik, M. I., Baig, Z., & Hannay, P. (2017). Security vulnerabilities and cyber threat analysis of the AMQP protocol for the internet of things. The Proceedings of 15th Australian Information Security Management Conference, 5-6 December, 2017, Edith Cowan University, Perth, Western Australia. (pp.70-80).

УДК 004.9

И. А. НЕКРАСОВ

*nekrulyaa@mail.ru*

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. В. А. ЧАНЫШЕВА

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **АНАЛИЗ КИБЕРАТАК НА ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ПЕРСОНАЛЬНЫХ ДАННЫХ**

*Аннотация.* В статье проанализированы виды кибератак, пути их реализации, основные цели киберпреступников и способы защиты от них.

*Ключевые слова:* кибератака; персональные данные; информационные системы.

Кибератака – это попытка получения несанкционированного доступа к информации злоумышленником с использованием компьютерных систем. Главными целями являются возможности украсть, изменить или уничтожить информацию.

Основные виды кибератак представлены использованием вредоносного программного обеспечения, атака DDoS («отказ в обслуживании»), атаки с внедрением кода SQL, фишинг и другие.

Компанией КРОК было проведено исследование (от 28.04.2022), в результате которого выяснилось, что в 2021 году количество кибератак нулевого дня (Zero day) удвоилось в сравнении с предыдущим годом. Zero day – угрозы – это кибератака, использующая еще не известную разработчикам ПО уязвимость. Тем самым у разработчиков есть ноль дней на решение вопроса безопасности. Такие атаки достаточно часто заканчиваются успехом, поэтому представляют серьезную угрозу. Так же КРОК отмечают рост общего количества кибератак на 23%, большая часть которых происходит с использованием вредоносного программного обеспечения (73%).

Главные цели киберпреступников распределяются следующим образом: персональные данные (33%), коммерческая тайна (21%), учетные данные (19%), базы данных клиентов (9%), медицинские данные (8%), информация платежных карт (5%) и другие.

При осуществлении кибератак используются следующие пути и их слабые места: операционные системы, веб-браузеры, офисные приложения, компоненты с открытым исходным кодом, аппаратное обеспечение, интернет вещей.

Одной из наиболее привлекательных целей для атак нулевого дня являются операционные системы, что связано с их широкой распространенностью и широкими возможностями управления компьютером, подверженным атаке. В случае незащищенности веб-браузера злоумышленник может реализовать загрузку вредоносных файлов в информационную систему и даже запускать данные файлы. Вредоносный код так же может быть встроен в текст документа и использован при редактировании такого документа в стандартных офисных приложениях.

При использовании программ с открытым исходным кодом необходимо быть особенно внимательным, так как не все продукты имеют должную поддержку со стороны разработчиков и могут иметь уязвимости, которые могут быть использованы для кибератаки. Так же помимо программных составляющих необходимо обеспечивать безопасность в аппаратном обеспечении – уязвимость в маршрутизаторе или коммутаторе может позволить злоумышленникам скомпрометировать эти устройства.

Необходимость обеспечения безопасности к базам данных компаний обусловлена не только важностью правильного функционирования бизнес-процессов, но и финансового – штраф за утечку данных пользователей составляет от 60 до 100 тысяч рублей, но в скором времени может быть увеличен до 1% от оборота компании, что является весьма заметной суммой для крупных компаний.

Рассмотрим способы защиты информационных систем. Для сохранения клиентов и бюджета необходимо использовать современные эффективные способы защиты: системы централизованного управления обновлениями используемого ПО; системы антивирусной защиты; SIEM-решения, позволяющие свое-

временно и эффективно реагировать на инциденты информационной безопасности; сервисы, предотвращающие DDoS-атаки.

Так же необходимо обеспечить безопасность личных данных: регулярно создавать резервные копии систем и хранить их отдельно от рабочих систем; использовать разные пароли в разных учетных записях; применять двухфакторную аутентификацию.

Не допускать использование простых паролей сотрудниками компании: использовать парольную политику относительно характеристик паролей (длина и используемые символы); ограничить срок использования пароля (не более 90 дней), сменить стандартные пароли на удовлетворяющие политике паролей.

Для контролирования безопасности систем: своевременно обновлять используемое ПО, проводить поясняющие беседы с сотрудниками в вопросах информационной безопасности; проводить инвентаризацию ресурсов с целью контроля появления небезопасных ресурсов в периметрах сети; фильтровать трафик с использованием межсетевых экранов.

Отдельно стоит позаботиться о безопасности клиентов: повышать осведомленность клиентов в вопросах ИБ: напоминать о правилах безопасной работы в интернете; предостерегать от ввода учетных данных на подозрительных сайтах.

Таким образом мы приходим к выводу, что кибератаки могут быть самыми разнообразными и их количество только растет, и единственным правильным способом их предотвращения является соблюдение правил обеспечения безопасности. Сохранность данных позволит функционировать компании в штатном режиме, поможет сохранить репутацию и уберезет бюджет от штрафов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. <https://www.tadviser.ru> - Число кибератак в России и в мире.
2. «<https://www.ptsecurity.com/ru-ru/research/knowledge-base/kak-zashchititsya-ot-kiberatak/> - Как защититься от кибератак.

Е. С. НИКОЛИНА

*Enikolina99@inbox.ru*

Науч. руковод. – канд. техн. наук, проф. А. М. ВУЛЬФИН

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## СОВРЕМЕННЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ ОБХОДА БЛОКИРОВОК

**Аннотация.** Данная статья посвящена основным методам обхода блокировок. Рассматриваются преимущества и недостатки каждого из них. Описываются трудности при столкновении с системами Deep Packet Inspection и возможные способы их обхода.

**Ключевые слова:** блокировки; расширения; Virtual Private Network; Virtual Private Server; VPN; VPS; Deep Packet Inspection; DPI; OpenVPN; Wireguard; AnyConnect; OpenConnect; ShadowSocks.

Растет техническая грамотность людей. Если раньше слова «VPN» и «прокси» были знакомы только IT-специалистам, то теперь практически все их знают, и более того – используют то, что эти слова означают.

Основных способов обхода блокировок насчитывается два:

- 1) Расширения для браузера
- 2) Сервер с VPN-туннелем

Дополнительно можно упомянуть некогда популярный способ обхода блокировок – Tor Browser. Но пользоваться им постоянно сложно из-за низкой скорости подключения. Это объяснимо: для защиты анонимности браузер пропускает трафик через несколько точек по всему миру.

Если говорить о первом способе, то количество расширений для браузера существенно сократилось. Роскомнадзор начал блокировать некоторые из них благодаря «Правилам централизованного управления сетью связи общего пользования». В число запрещенных в России вошли VyprVPN, Opera VPN, TunnelBear, Hola VPN, ExpressVPN, KeepSolid VPN Unlimited, Nord VPN, Speedify VPN и IPVanish VP. Некоторые из них частично продолжают работу.

Актуальным и рабочим является браузерное дополнение «Обход блокировок». Данное расширение использует Proxy Auto Configuration – файлы конфигурации на языке JavaScript, объясняющие браузеру, как именно стоит под-



ключиться к запрещенному сайту. В расширении PAC-скрипты периодически обновляются, чтобы соответствовать постоянно пополняемому реестру заблокированных ресурсов.

К сожалению, данный вариант обхода блокировки – угроза для безопасности пользователя. Не секрет, что бесплатные VPN-расширения сливают данные третьим лицам. Стоит обращать внимание только на сервисы, которые прошли сторонний аудит безопасности. Обычно об этом пишут прямо на сайте VPN.

Способ подключения к персональному виртуальному выделенному серверу (Virtual Private Server - VPS) гораздо надежнее с точки зрения приватности данных.

Суть этого подхода состоит в следующем: покупается VPS в Германии (к примеру), строится VPN-туннель между сервером и компьютером/сетью клиента, настраивается маршрутизация как удобно (либо сервер становится маршрутом по умолчанию, либо через него маршрутизируются только запрещенные подсети).

VPN позволяет защищать данные, передаваемые из точки «А» в точку «Б». Точка «А» – это ваш компьютер. Точка «Б» – это VPN-провайдер, или VPN-система, которую развернули вы сами, либо в облаке, либо где-то еще, например – в офисе. С VPN-сервисами можно взаимодействовать, используя множество протоколов, но их суть остается одной и той же: трафик, который путешествует между компьютером и VPN-сервисом, шифруется. Благодаря этому обеспечивается защита данных от перехвата на пути от пункта отправления к пункту назначения.

В ходе работы с VPN применимо множество сценариев, касающихся маршрутизации. Типичный сценарий заключается в перенаправлении всего трафика по VPN-соединению, но, кроме того, можно применить концепцию «раздельного туннелирования». При таком подходе некоторые данные идут че-

рез VPN, а другие – по обычному интернет-соединению в соответствии с правилами маршрутизации.

Когда дело доходит до развертывания собственного VPN-сервера, имеется множество вариантов. Можно взять чистую Linux, после чего установить и настроить необходимые пакеты. Такой подход даст максимальный уровень контроля, но потребует немалых затрат времени.

К сожалению, VPN-соединения «заметны» и попадают под блокировку, особенно если сталкиваются с DPI.

DPI (Deep Packet Inspection, углубленная проверка пакетов) - это технология накопления статистических данных о потоках и проверки и фильтрации сетевых пакетов по полному их содержимому, а также последующих действий: модификации и перенаправления сетевых пакетов. При этом решение, принимаемое системой DPI, может основываться не только на прямом анализе содержимого пакетов, но и с помощью таких методов, как проверка на соответствие заранее определенным правилам, анализ сигнатур, анализ поведения, статистический анализ. Классификация проанализированных потоков может осуществляться как по типу приложения, так и по типу конкретного протокола прикладного уровня модели OSI или, в отдельных случаях, по конкретному приложению.

Способы «определения» типа трафика у DPI можно разбить на две группы:

– Сигнатурный анализ. А именно, разбирание пакета «по косточкам», сопоставляя заголовки и структуру с образцами, и таким образом определение его предназначения. Таким образом детектируются многие туннели, например OpenVPN, L2TP/IPSec, SOCKS, и др.

– Предварительный анализ паттернов обмена трафиком, например, соотношения входящего/исходящего потока, периодичность запросов-ответов и другие критерии позволят отделить «настоящий трафик» какого-то протокола и туннель, лишь маскирующийся под него.

Способы поднятия VPN-сервера (и попытки обхитрить DPI):

– *OpenVPN* – наиболее популярная кросс-платформенная технология. Чаще всего используется на 443 порту. Для поставленной перед нами задачи слишком сложен. Его долго настраивать, легко обнаружить, а главное — есть подводные камни, не зная которых можно получить такую ситуацию, что VPN стоит, а трафик идет в обход. Все это потому, что OpenVPN задумывался больше как средство доступа к маленькой сети через Интернет, а не для доступа ко всему Интернету.

– *OpenConnect* – опенсорсная реализация протокола AnyConnect SSL от Cisco. При установлении соединения видны не только пакеты TLS (TCP), но и DTLS (UDP). DTLS широко распространен и не должен вызывать подозрений, но это уже совсем не похоже на «обычный» HTTPS. Впрочем, если порезать UDP-трафик на межсетевом экране, то OpenConnect сразу переключается обратно на TCP и со стороны выглядит, опять же, целиком и полностью как обычный TLS, и даже аутентификация внутри зашифрованного туннеля проходит почти как в HTTP.

– *WireGuard* – был спроектирован как многоцелевой VPN, который может работать на множестве платформ и подходит для всех типов использования. К сожалению, его актуальность находится под вопросом, так как периодически попадает под блокировки. (К примеру, в 2021 был заблокирован в Египте)

– *Shadowsocks* - шифрованный SOCKS-прокси. Судя по всему, может быть обнаружен при проверке DPI, однако существуют плагины, маскирующие его под «чистый HTTPS».

В чистом виде использовать настройки VPN по умолчанию не стоит. Приведем дополнительные настройки, которые могут помочь в обходе блокировок:

– Установите на VPN-сервере какое-нибудь стандартное значение MTU, например 1400;

– Назначьте вашему VPN-серверу 2 IP-адреса. На один он будет принимать подключения к VPN/прокси, а с другого будет уходить исходящий трафик;

– Для «выходного» IP-адреса закройте все порты, отключите ответ на ICMP ping;

– Пропишите для вашего сервера какое-нибудь безобидное reverse DNS имя, похожее на пул доступа интернет-провайдера, например, gateway-001.somehomeisp.net;

– Для резолва доменов клиентами вашего VPN/прокси используйте DNS-сервера проекта OpenNIC;

Все эти меры помогут пресечь выявление туннелей.

Не исключено, что пока печатается эта статья, некоторые способы уже перестали быть актуальными, или появились новые. Как на самом деле будет развиваться борьба с технологиями шифрования мы знать не можем – только предполагать.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кошепаров Д.Я. Программная реализация систем глубокой проверки пакетов// <https://cyberleninka.ru/article/n/programmnyaya-realizatsiya-sistem-glubokoy-proverki-paketov>
2. «Туннели и VPN, устойчивые к DPI» // <https://habr.com/ru/post/415977>
3. «Обход блокировки OpenVPN в Египте» // <https://habr.com/ru/post/652289/>

УДК 05.04

Р. О. САЙПУШЕВ

*r.saipusheff@yandex.ru*

Науч. руковод. – А. Ю. СЕНЦОВА

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **ЗАЩИТА ПЕРСОНАЛЬНЫХ ДАННЫХ И ЧАСТНОЙ ЖИЗНИ НА ПРИМЕРЕ TELEGRAM**

*Аннотация.* В данной статье рассматривается проблема защиты персональных данных и частной жизни на примере платформы Telegram, использующей протокол безопасности MTProto.

*Ключевые слова:* Telegram, MTProto, сетевые шпионы, вирусы.

В настоящее время невозможно представить себе практически любую сферу человеческой жизнедеятельности без участия (и интеграции) в ней мессенджеров, которые занимаются обеспечением различных функций, начиная от операций, связанных с общением обычных людей, и заканчивая использованием официальными лицами страны для способа распространения информации. Telegram поддерживается миллионами веб-серверов, расположенных по всему миру. Во всем этом множестве информационных ресурсов (систем) хранятся не только данные персонального характера, но и финансовая информация, как никто постоянно нуждающаяся в защите в процессе своего хранения, передачи и модификации.

Выход финансовых потоков за пределы банковской сферы, появление различных платежных систем и торговых операций, заключающихся удаленно, стали причиной расширения круга потенциальных злоумышленников, имеющих возможность посягнуть на эти объекты.

### *Архитектура Telegram*

Как и многие аналогичные приложения Telegram следует традиционному подходу и использует облако для хранения данных. То есть, если злоумышленник сможет получить контроль над сервером, то получит (как минимум) доступ

к незашифрованным сообщениям и ко всем метаданным. Обмен сообщениями между пользователями и сервером происходит на базе собственно разработанного протокола MTProto.

Пользователи обмениваются информацией по методу Диффи-Хеллмана для создания общего ключа, который затем используется при передаче сообщений. Коммуникация с сервером осуществляется при помощи публичного RSA-ключа, который прописан внутри клиента Telegram и меняется достаточно редко.

Telegram используется протокол собственной разработки MTProto, который не использует множество традиционных подходов при обмене сообщениями. Создатели Telegram утверждают, что подобный подход используется с целью улучшения производительности, однако у многих экспертов по безопасности на этот счет есть большие сомнения.

### ***Известные и исправленные проблемы***

Как все компании с технологическим уклоном, у Telegram были, есть и будут уязвимости, связанные с безопасностью, и нестандартные проблемы, которые имеют косвенное отношение к безопасности. Мы расскажем о некоторых из этих проблем, а в последствии рассмотрим более подробно один из таких случаев.

### ***Проблемы, связанные с технической безопасностью***

Группа исследователей в 2016 году анонсировала схему атаки на Telegram типа «челове-посередине», которая может быть осуществлена властями конкретного государства. Атака связана с генерированием общих секретов по методу Диффи-Хеллмана для двух жертв, имеющих одинаковый 128-битный визуальный отпечаток, и пользователи, которые сравнивают отпечатки, не смогут обнаружить атаку. При реализации атаки «дней рождения» потребуется всего лишь 264 операции. С того момента количество битов, используемых в отпечатках, значительно увеличилось, однако в целом проблема остается актуаль-

ной. Чтобы проверить ключи и предотвратить MITM-атаки, пользователи должны визуально сравнить сетку квадратов с четырьмя оттенками синего. Здесь сразу же всплывает человеческий фактор. Во-первых, пользователь может не заметить едва различимых отличий между сетками. Во-вторых, у пользователя вообще может не быть желания возиться со сравнением сеток.

До 2014 года протокол MTProto использовал модифицированную версию схему обмена ключами по методу Диффи-Хеллмана. Вместо генерации ключей при помощи стандартного протокола на базе алгоритма Диффи-Хеллмана, сервер отсылал пользователю ключ, обработанный операцией XOR вместе с произвольным числом (nonce). Сей факт позволяет фальшивому серверу использовать различные nonce-переменные для двух пользователей, в результате чего будет один и тот же ключ, но который будет известен серверу. Повторимся еще раз: пользователи должны доверять серверу Telegram. Несмотря на то, что этот вопрос был решен, одно только присутствие этой проблемы вызывает массу вопросов относительно компетенций разработчиков Telegram в области безопасности, поскольку проблема чрезвычайно проста.

В некоторых частях протокола при хешировании вместо SHA-256 используется алгоритм SHA-1, который, как известно, неустойчив к коллизиям. Создатели Telegram утверждают, что SHA-1 используется в тех частях протокола, где устойчивость к коллизиям не принципиальна, однако все же более сильная хеш-функция была бы уместнее. История не раз доказывала, что бреши и неучтенные моменты – довольно распространенное явление.

Даже при использовании секретного чата, мобильная версия Telegram позволяет третьей стороне просматривать информацию о метаданных. Например, злоумышленник может узнать, когда пользователи выходят в онлайн и уходят в оффлайн вплоть до секунд. Telegram не требует соглашения от обеих сторон для установления коммуникации, и злоумышленник может подключиться и получить информацию о метаданных без ведома пользователя. Кроме того, у злоумышленника есть хороший шанс обнаружить, общаются ли два

пользователя между собой посредством подключения и анализа метаданных на обоих концах провода. Мы назвали эту проблему «утечка доступности».

Как показывают предыдущие примеры, во многих случаях пользователи Telegram должны полностью доверять безопасности сервера, что немного иронично, поскольку изначальной целью основателей Telegram было создание продукта, защищенного от слежки. Даже несмотря на то, что многие уязвимости, связанные с безопасностью, были устранены, некоторых найденных проблем не должно было быть изначально.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. <https://www.ixbt.com/news/2021/12/25/telegram-signal-facebook-whatsapp.html>
2. <https://habr.com/ru/news/t/598421/>
3. <https://habr.com/ru/post/580582/>
4. <https://cyberleninka.ru/article/n/ugrozy-obespecheniyu-informatsionnogo-suvereniteta-rossii-na-primere-blokirovki-telegram>
5. <https://modos189.ru/2017/10/illyuziya-zashishyonnosti/>



УДК 004

Т. Р. САЛИМОВ

*tagir199906@mail.ru*

Науч. руковод. – канд. техн. наук, проф. А. М. ВУЛЬФИН

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **НЕЙРОСЕТЕВЫЕ МОДЕЛИ В СОСТАВЕ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ПРОМЫШЛЕННОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ**

*Аннотация.* Назначение лабораторной установки, оборудование, система управления установкой, разработка динамической модели на основе рекуррентных нейронных сетей.

*Ключевые слова:* лабораторная установка; параметры; система управления

### ***Назначение процесса***

Назначение лабораторной установки – изучение автоматического контроля и управления технологическими операциями перемещения жидкостей насосными агрегатами.

В стенде лабораторной установки входят: бак (Б-1), емкости для воды (Е-1,2), центробежные насосы (Н-1, 2), средства измерения контроля и управления. Функциональная схема автоматизации лабораторной установки представлена в приложении Б.

– Лабораторная установка позволяет производить следующие технологические операции:

- прием воды из водопроводной сети в бак Б-1;
- перекачка воды из бака Б-1 в емкости Е-1,2, бак Б-1 насосами Н-1,2;
- перекачка воды из емкости Е-1,2 в бак Б-1 и емкости Е-1,2 насосами Н-1,2;
- слив воды из бака Б-1 в канализационную сеть.

Технологическая схема лабораторной установки представлена на рисунке 1.

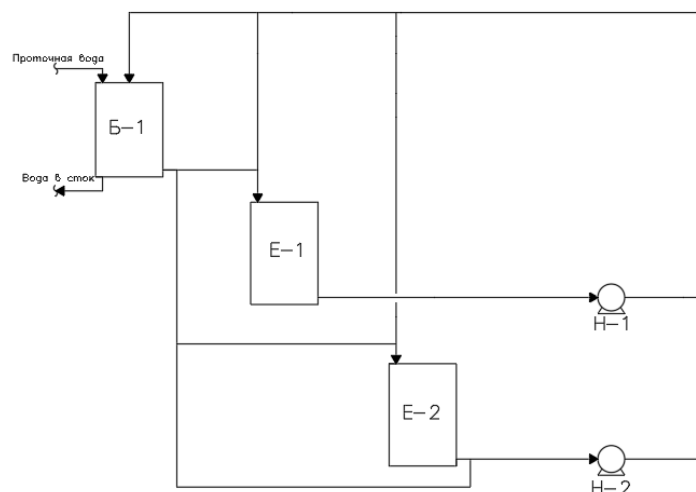


Рис. 1. Технологическая схема лабораторной установки

Исходные данные для расчета параметров технологического оборудования приняты эмпирически с учетом размещения оборудования на площадке с габаритами не более 3 x 1,5 м. и представлены в таблице 1.

Таблица 1

Исходные данные для расчетов

Наименование параметра	Значение параметра
Высота бака Б-1	3 м
Диаметр бака Б-1	0,5 м
Высота емкостей Е-1,2	1,5 м
Диаметр емкостей Е-1,2	0,5 м
Время откачки емкостей Е-1,2	10 мин (0,167 ч)
Скорость потоков на приеме насосов Н-1,2	1 м/с
Скорость потоков на нагнетании насосов Н-1,2	2 м/с

Расчет параметров технологического оборудования и диаметра трубопроводов проводился с использованием учебного пособия [3].

Расчет параметров оборудования и диаметра трубопроводов проводится по следующим формулам:

$$S = \pi * r^2; \quad (1)$$

$$V = h*S; \quad (2)$$

$$Q = V/t; \quad (3)$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 1000 \cdot Q}{\vartheta \cdot \pi}}, \quad (4)$$

где  $S$  – площадь, м.;  $r$  – диаметр оборудования, м.;  $V$  – объем оборудования, м<sup>3</sup>;  $h$  – высота оборудования, м.;  $t$  – время откачки оборудования, ч.;  $\vartheta$  – скорость жидкости, м<sup>2</sup>/с.

Диаметр трубопровода округлен до номинала.

Результаты расчетов параметров технологического оборудования представлены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты расчетов

Наименование параметра	Значение параметра
Объем бака Б-1	0,6 м <sup>3</sup>
Объем емкостей Е-1,2	0,3 м <sup>3</sup>
Расход из емкостей Е-1,2	1,8 м <sup>3</sup> /ч (0,5 л/с)
Диаметр трубопровода на входах насосов Н-1,2	25 мм
Диаметр трубопровода на выходе насосов Н-1,2	25 мм

### ***Система управления лабораторной установки***

Для контроля и управления процессом хранения и перекачки воды лабораторная установка оснащена АСУТП. В состав АСУТП входит система ПАЗ и РСУ. В функции системы РСУ входит контроль и управление технологическими операциями хранения и перемещения воды в нормальном режиме, а также предупредительная сигнализация о выходе параметра за нормируемые показатели. Система ПАЗ предназначена для формирования сигнала предаварийной сигнализации о превышении или снижении параметров контроля заданных ограничений и блокировки оборудования в случае аварийной ситуации.

Система управления лабораторной установки позволяет:

- производить дистанционный контроль уровня заполнения бака Б-1 и емкостей Е-1,2 средствами измерения с различными принципами преобразования параметра;
- контролировать уровень заполнения бака Б-1 показывающими приборами по месту;

- производить контроль расхода перемещаемой воды средствами измерения с различными принципами преобразования параметра;

- контролировать предельные значения верхнего и нижнего уровней заполнения Б-1, Е-1,2, а также наличие среды в трубопроводах на приме насосов Н-1,2;

- регулировать расход перекачиваемой жидкости изменением частоты питающего напряжения насосов Н-1,2 с помощью частотно-регулируемого привода;

- регулировать расход перекачиваемой жидкости изменением пропускной способности регулирующего клапана на линиях возврата воды в Б-1, Е-1,2.

В качестве АСУТП лабораторной установки, реализующей функции РСУ и ПАЗ, предлагается использовать SIEMENS SIMATIC PCS 7, которая, согласно официальному сайту [10], включает:

- контроллеры SIMATIC S7;

- устройства распределенного ввода-вывода SIMATIC-  
DP на базе станций ET200;

- промышленное программное обеспечение SIMATIC;

- программаторы SIMATIC PG;

- персональные компьютеры SIMATIC PC;

- устройства человеко-машинного интерфейса SIMATIC HMI;

- коммуникации SIMATIC NET PROFIBUS;

- промышленное программное обеспечение PCS 7: система разработки на языке STEP 7, включающая CFC, SFC, SCL и SIMATIC Manager, а также WinCC - CS.

Система SIMATIC PCS 7 является полностью интегрированной системой, то есть, она охватывает все уровни автоматизации, включая уровень управления производством.

Для всех уровней существует:

- согласованная система хранения данных;

- единая коммуникационная система;

- согласованное программное обеспечение для проектирования и программирования.

С помощью рабочих станций и терминалов оперативный и обслуживающий персонал может следить за ходом процесса, редактировать текущие значения параметров, формировать команды управления оборудованием.

Структурная схема SIMATIC PCS 7 представлена на рисунке 2.

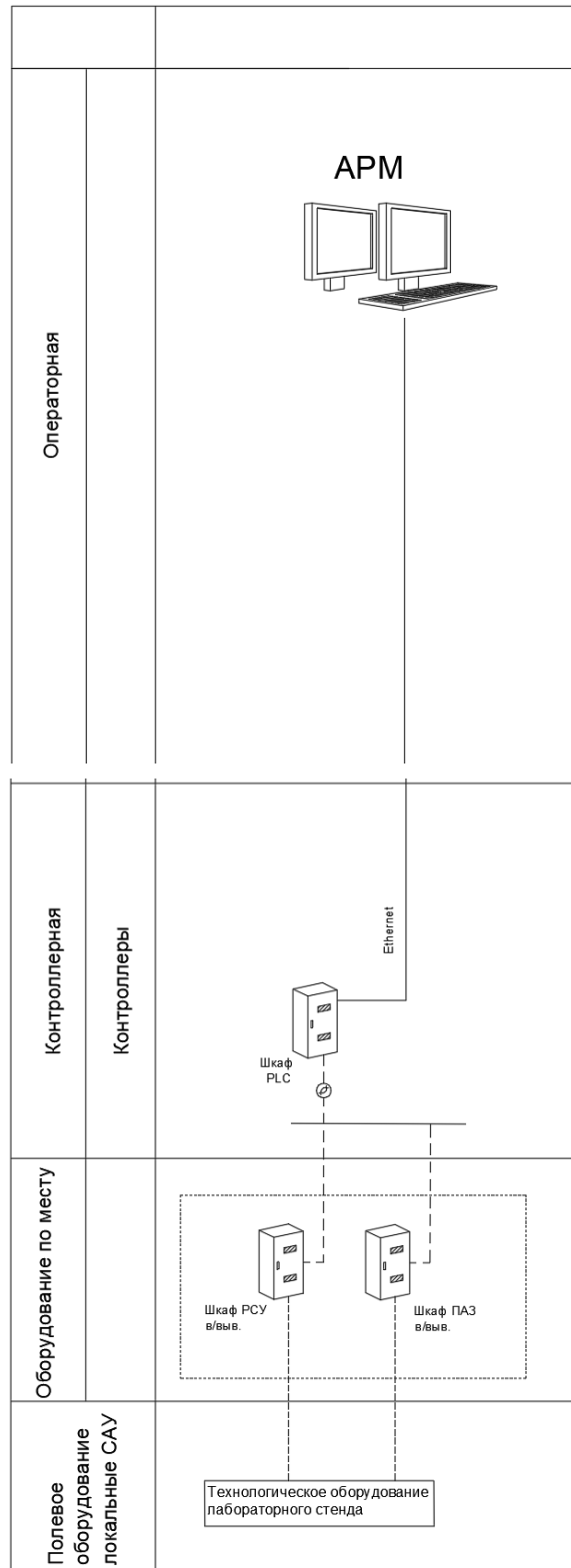


Рис. 2. Структурная схема SIMATIC PCS 7

## *Разработка динамической модели на базе рекуррентной нейронной сети*

### *Постановка задачи*

Рассматривается задача разработки динамической модели объекта.

Входные данные:

L – уровень в емкости Е-1 (40-60%);

P – рабочее давление в линии нагнетания насоса Н-1 (не более 0,52 МПа);

SC – частота питающего напряжения э/дв. насоса, 50 Гц.

Выходные данные:

F – расход воды из бака (2,7 м<sup>3</sup>/ч).

Для оптимизации режимов работы АСУТП часто требуется разработка математических моделей технологического процесса. Такие математические модели используются для расчета оптимальных настроек регуляторов, оптимизации режима ведения технологического процесса, диагностики каналов измерения, а также как часть тренажеров-имитаторов для подготовки обслуживающего персонала и т.д.

Одной из основных проблем при построении модели является получение ее параметров. Это связано с недостатком данных об измеряемых параметрах, отсутствием контроля некоторых параметров, недостатком знаний о физических и химических основах процессов и т.д.

Данный раздел посвящается разработке рекуррентной нейронной сети для моделирования динамических характеристик объекта.

### *Разработка концептуальной модели*

Модель концептуального уровня предназначена для определения векторов входных и выходных параметров и определения границ моделируемой системы [17]. Модель данного уровня для вакуумной колонны изображена на рисунке 3.

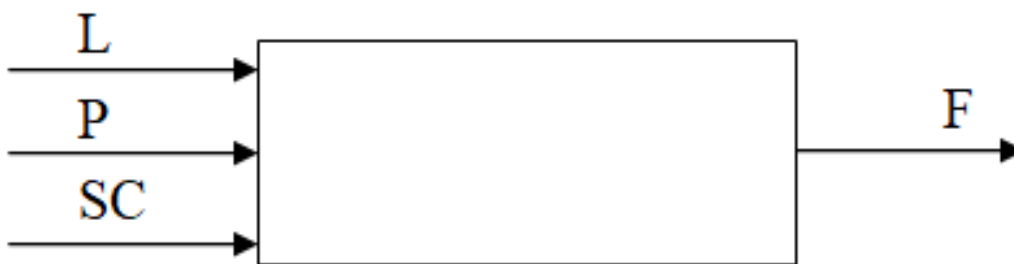


Рис. 3. Концептуальная модель вакуумной колонны

Входные данные:

L – уровень в емкости E-1 (40-60%);

P – рабочее давление в линии нагнетания насоса Н-1 (не более 0.52 МПа);

SC – частота питающего напряжения э/дв. насоса, 50 Гц.

Выходные данные:

F – расход воды из бака (2,7 м<sup>3</sup>/ч).

### *Разработка модели топологического уровня*

На топологическом уровне определяются причинно-следственные связи между входными и выходными параметрами. Данные связи представлены в виде графа на рисунке 4.

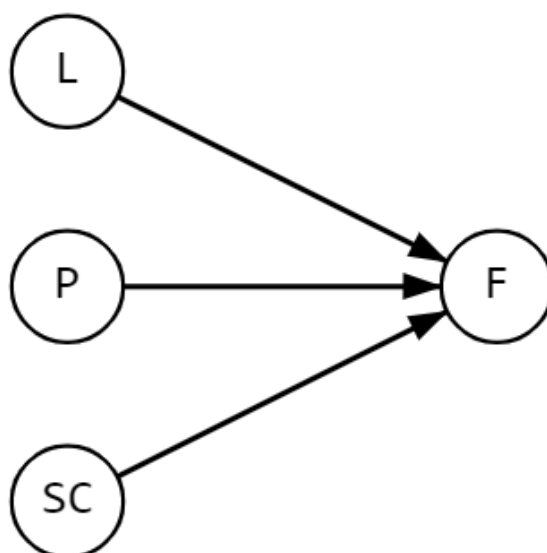


Рис. 4. Топологическая модель емкости

### *Разработка моделей структурного и параметрического уровней*

На структурном уровне описываются связи между входными и выходными параметрами в виде математических выражений, использующих алгебраические операторы. Структурная модель представлена в виде выражения (5).

$$F = k_1 \cdot L + k_2 \cdot P + k_3 \cdot SC, \quad (5)$$

где  $k_i$  – коэффициенты (параметры модели).

Для определения коэффициентов выражения для  $F$  составляется матрица  $n \times n$  ( $n = 3$  – количество входных параметров, которые влияют на  $F$ ). Каждая строка и столбец матрицы соответствует параметрам  $L, P, SC$ .

Для определения силы связей входных и выходных параметров создается матрица попарных сравнений. Матрица попарных сравнений представлена в таблице 3.

Таблица 3

Матрица попарных сравнений

	L	P	SC
L	1	1/7	1/9
P	7	1	1/2
SC	9	2	1

Параметр  $\Pi_i$  считается как произведение строк матрицы попарных сравнений, параметр  $A_i$  вычисляется по формуле (6).

$$A_i = \sqrt[4]{\Pi_i}. \quad (6)$$

Значения  $\Pi_i$  и  $A_i$  представлены в таблице 4.



Значения  $\Pi_i$  и  $A_i$ 

$\Pi_i$	$A_i$
0,0159	0,3549
3,5	1,3678
18	2,0598

Необходимо определить сумму весов для дальнейших расчетов. Сумму весов находим по формуле (7).

$$S = \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3, \quad (7)$$

$$S = 3,7825.$$

Номинальные значения параметров приняты равными:

$$L = 40 \dots 60 \% ; P = 0,52 \text{ МПа}; SC = 50 \text{ Гц}; F = 2,7 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Значения коэффициентов вычисляются по формуле (8).

$$k_i = \frac{\alpha_i \cdot F}{S \cdot x_i}. \quad (8)$$

Модель параметрического уровня с определенными коэффициентами представлено в виде выражения (9).

$$F = 0,0042 \cdot L + 1,8776 \cdot P + 0,0294 \cdot SC. \quad (9)$$

Расчетное значение  $F = 2,6983$ , абсолютная погрешность составляет 0,0013, что говорит о высокой точности и правильности построения модели.

### ***Проведение имитационных экспериментов***

Имитационная модель подразумевает компьютерную реализацию математической модели исследуемой системы для симуляции поведения реальной системы [18].

Имитационная модель создается в программе VisSim. Для создания модели использована простейшая передаточная функция, вид которой представлен в виде выражения (3.6).

$$W_i = k_i \cdot \frac{1}{a_1 \cdot s + a_0} e^{-ts}. \quad (10)$$

Начальные значения параметров для имитационной модели в VisSim представлены в таблице 5.

Таблица 5

Начальные значения параметров передаточных функций

$k_1$	$k_2$	$k_3$	$a_1$	$a_0$	$\tau$
0,0042	1.8776	0.0294	5	1	5

При построении модели в VisSim будут использованы следующие блоки:

- transferFunction для ввода передаточной функции;
- timeDelay для задания задержки;
- constant для задания входных величин и времени задержки на блок timeDelay;
- summingJunction – сумматор;
- display для отображения текущего значения выходной величины;
- plot для графического отображения значения выходной величины.

Имитационная модель представлена на рисунке 5.

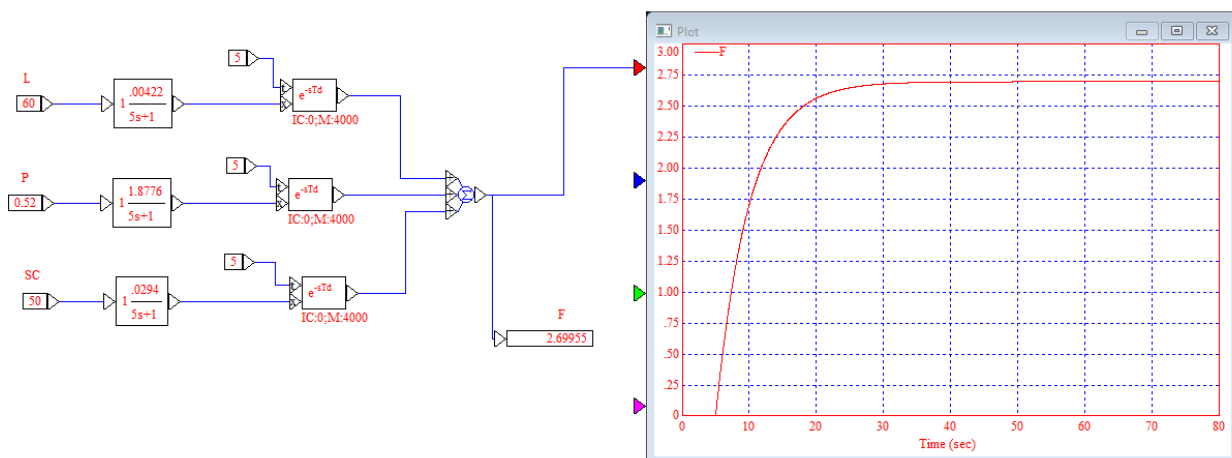


Рис. 5. Имитационная модель

Полученная имитационная модель будет использоваться для получения обучающей и проверочной выборок для обучения рекуррентных нейронных сетей. Объем выборки содержит 40 значений, 20 из которых будут использоваться как обучающая выборка, а 20 как тестирующая (см. приложение Г).

### ***Разработка разностного уравнения***

Для упрощения процесса обучающей и проверочной выборок для обучения нейронных сетей выполнено преобразование динамической модели рассматриваемого процесса в форму разностных уравнений.

Разностные уравнения связывают значение функции в некоторой точке  $k$  с одним или несколькими значениями, отстающими от точки  $k$ , на равные временные промежутки и применяются в динамических моделях с дискретным временем [19].

Для создания разностного уравнения использованы данные, применяемые в разработки имитационной модели (см. таблица 3.3).

Порядок разработки разностного уравнения

$$Y_1 = \frac{k_1}{T_{1+1}} * L + \frac{T_1}{T_{1+1}} * L(k - 1), \quad (11)$$

$$Y_2 = \frac{k_2}{T_{2+1}} * P + \frac{T_2}{T_{2+1}} * P(k - 1), \quad (12)$$

$$Y_3 = \frac{k_3}{T_{3+1}} * SC + \frac{T_3}{T_{3+1}} * SC(k - 1), \quad (13)$$

$$Y = Y_1 + Y_2 + Y_3. \quad (14)$$

На основе разностных уравнений в программе Microsoft Excel получены выборки при четырех различных задающих воздействиях (см. приложение Г). Выборки содержат 4 входных и 1 выходной параметр.

При обучении рекуррентной нейронной сети будет использоваться нейронная сеть с глубиной 3, т.е. с одним скрытым слоем.

Структура рекуррентной нейронной сети представлена на рисунке 6.

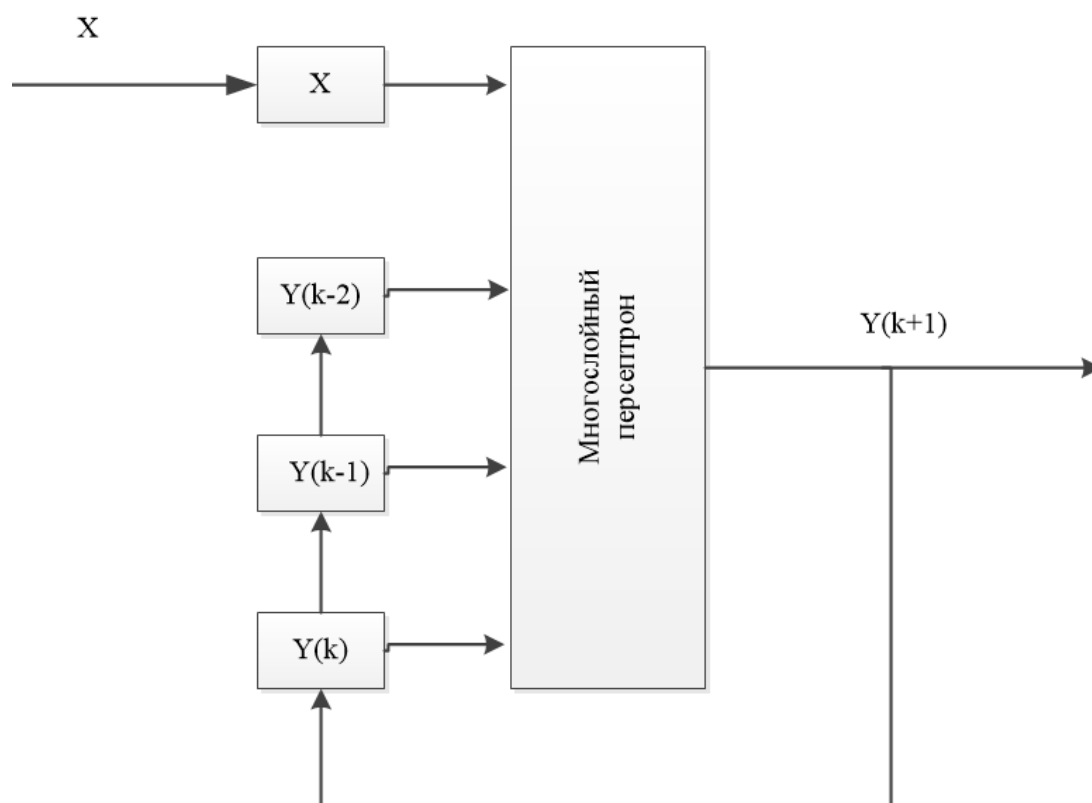


Рис. 6. Структурная схема рекуррентной нейронной сети

### ***Обучение рекуррентной нейронной сети***

Рекуррентная нейронная сеть многослойный персептрон со структурой 4-1-1.

Для обучения нейронной сети была использована программа STATISTICA и литература [20]. В качестве функции активации нейронов скрытого слоя выбрана логистическая функция, в качестве функции активации нейрона выходного слоя выбрана тождественная функция.

Структура нейронной сети изображена на рисунке 7.

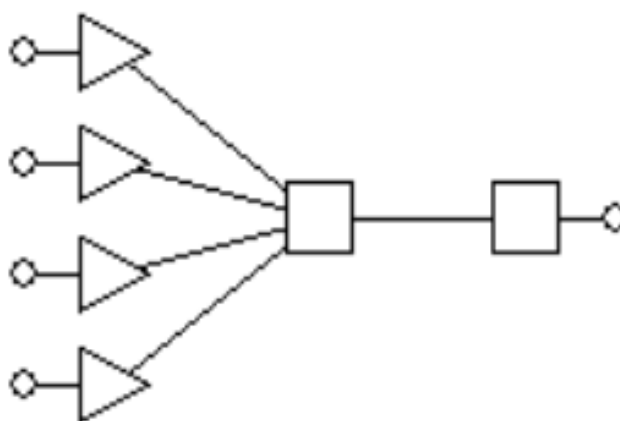


Рис. 7. Нейронная сеть со структурой 4-1-1

В результате обучения были получены весовые коэффициенты нейронной сети со структурой 4-1-1, производительность обучения составила 0,999999. Весовые коэффициенты представлены в таблице 6.

Таблица 6

Весовые коэффициенты, полученные в результате обучения нейронной сети со структурой 4-1-1

Соединения	Значения весов
x --> скрытый нейрон 1	0,001529
y-1 --> скрытый нейрон 1	0,349581
y-2 --> скрытый нейрон 1	-0,004191
y-3 --> скрытый нейрон 1	-0,005896
входное смещение --> скрытый нейрон 1	-0,236239
скрытый нейрон 1 --> y	2,972446
скрытое смещение --> y	0,689566

Расчет значений выхода нейрона скрытого слоя ведется по формуле (15).

$$H = \frac{1}{1 + e^{-(w_x * X + w_1 * Y(k-1) + w_2 * Y(k-2) + w_3 * Y(k-3) + S_{BK})}}, \quad (15)$$

где  $w_x$  – вес  $X \rightarrow$  скрытый нейрон 1;  $w_1$  – вес  $y(k-1) \rightarrow$  скрытый нейрон 1;  $w_2$  – вес  $y(k-2) \rightarrow$  скрытый нейрон 1;  $w_3$  – вес  $y(k-3) \rightarrow$  скрытый нейрон 1;  $S_{BK}$  – входное смещение;  $w_y$  – вес скрытый нейрон 1  $\rightarrow$  y;  $S_y$  – скрытое смещение  $\rightarrow$  y.

Расчет значения нейрона выходного слоя ведется по формуле (16).

$$Y = H_1 * w_Y + S_y, \quad (16)$$

где  $w_y$  – вес скрытый нейрон 1  $\rightarrow$  y;  $S_y$  – скрытое смещение  $\rightarrow$  y.

Рекуррентная нейронная сеть многослойный персептрон со структурой 4-3-1.

Структура нейронной сети изображена на рисунке 8.

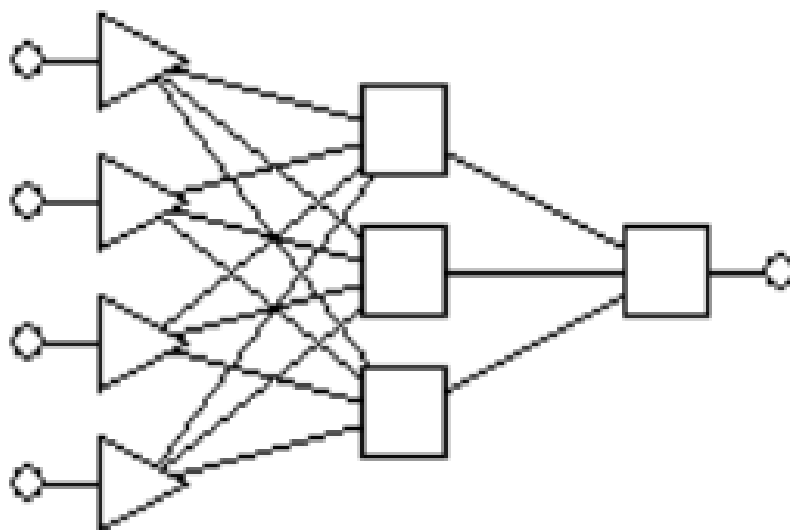


Рис. 8. Нейронная сеть со структурой 4-3-1

В результате обучения были получены весовые коэффициенты нейронной сети со структурой 4-3-1, производительность обучения составила 0,999999. Весовые коэффициенты представлены в таблице 7.

Таблица 7

Весовые коэффициенты, полученные в результате обучения нейронной сети со структурой 4-3-1

Соединения	Значения весов
x --> скрытый нейрон 1	-0,00416
y-1 --> скрытый нейрон 1	-0,95807
y-2 --> скрытый нейрон 1	0,06773
y-3 --> скрытый нейрон 1	-0,00771
x --> скрытый нейрон 2	-0,02662
y-1 --> скрытый нейрон 2	-0,32307
y-2 --> скрытый нейрон 2	-0,47066
y-3 --> скрытый нейрон 2	-0,94405
x --> скрытый нейрон 3	-0,21855
y-1 --> скрытый нейрон 3	1,31361
y-2 --> скрытый нейрон 3	1,44091
y-3 --> скрытый нейрон 3	1,17822
входное смещение --> скрытый нейрон 1	0,62350
входное смещение --> скрытый нейрон 2	1,07101
входное смещение --> скрытый нейрон 3	2,19138
скрытый нейрон 1 --> y	-1,40612
скрытый нейрон 2 --> y	0,11383
скрытый нейрон 3 --> y	-0,09850
скрытое смещение --> y	0,78474

По весовым коэффициентам ведется расчет выхода нейронов скрытого слоя:

$$H_1 = \frac{1}{1 + e^{-(w_{x1} * X + w_{11} * Y(k-1) + w_{21} * Y(k-2) + w_{31} * Y(k-3) + S_{Bx1})}}, \quad (17)$$

$$H_2 = \frac{1}{1 + e^{-(w_{x2} * X + w_{12} * Y(k-1) + w_{22} * Y(k-2) + w_{32} * Y(k-3) + S_{Bx2})}}, \quad (18)$$

$$H_3 = \frac{1}{1 + e^{-(w_{x3} * X + w_{13} * Y(k-1) + w_{23} * Y(k-2) + w_{33} * Y(k-3) + S_{Bx3})}}. \quad (19)$$

Расчет значения нейрона выходного слоя ведется по формуле (20).

$$Y = w_{y1} * H_1 + w_{y2} * H_2 + w_{y3} * H_3 + S_y. \quad (20)$$

Рекуррентная нейронная сеть многослойный персептрон со структурой 4-5-1.

Структура нейронной сети изображена на рисунке 9.

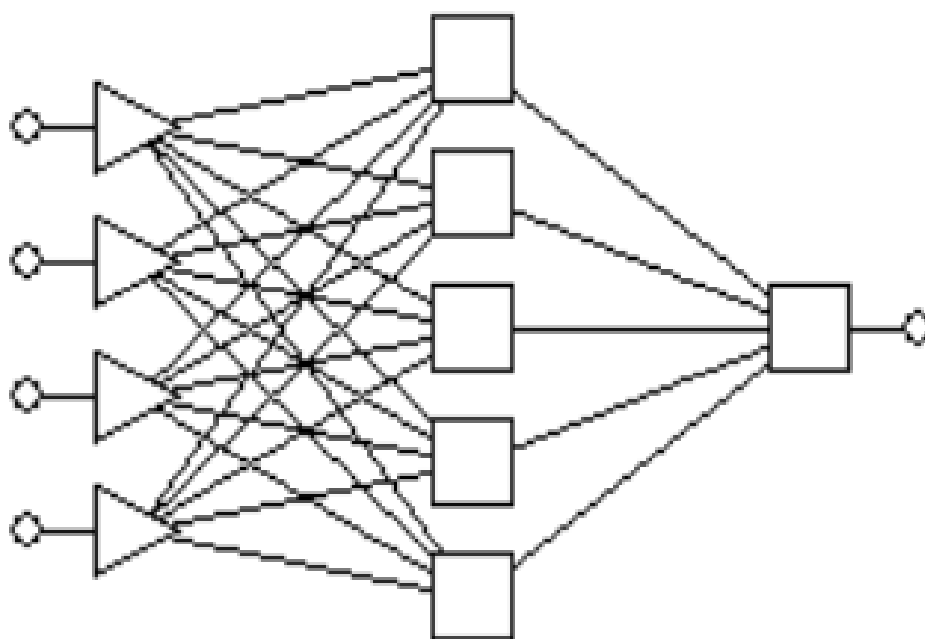


Рис. 9. Нейронная сеть со структурой 4-5-1

В результате обучения были получены весовые коэффициенты нейронной сети со структурой 4-5-1, производительность обучения составила 0,999999. Весовые коэффициенты представлены в таблице 8.

Таблица 8

Весовые коэффициенты, полученные в результате обучения нейронной сети со структурой 4-5-1

Соединения	Значения весов
x --> скрытый нейрон 1	0,00287
y-1 --> скрытый нейрон 1	1,81115
y-2 --> скрытый нейрон 1	-0,41754
y-3 --> скрытый нейрон 1	-0,11956
x --> скрытый нейрон 2	1,29745
y-1 --> скрытый нейрон 2	-0,08823
y-2 --> скрытый нейрон 2	-0,62928
y-3 --> скрытый нейрон 2	-1,21069
x --> скрытый нейрон 3	-0,00595
y-1 --> скрытый нейрон 3	-0,68412
y-2 --> скрытый нейрон 3	-0,51245
y-3 --> скрытый нейрон 3	-0,23335
x --> скрытый нейрон 4	-1,14976
y-1 --> скрытый нейрон 4	0,17153
y-2 --> скрытый нейрон 4	0,65589
y-3 --> скрытый нейрон 4	1,11080
x --> скрытый нейрон 5	0,55434
y-1 --> скрытый нейрон 5	1,45444
y-2 --> скрытый нейрон 5	0,74285
y-3 --> скрытый нейрон 5	0,12055
входное смещение --> скрытый нейрон 1	-1,69057
входное смещение --> скрытый нейрон 2	-1,72942
входное смещение --> скрытый нейрон 3	-1,06818
входное смещение --> скрытый нейрон 4	1,63975
входное смещение --> скрытый нейрон 5	0,75078
скрытый нейрон 1 --> y	3,09847
скрытый нейрон 2 --> y	0,33329
скрытый нейрон 3 --> y	-1,17987
скрытый нейрон 4 --> y	0,40471
скрытый нейрон 5 --> y	0,08502
скрытое смещение --> y	-0,62761



По весовым коэффициентам ведется расчет выхода нейронов скрытого слоя:

$$H_1 = \frac{1}{1+e^{-(w_{x1}*X+w_{11}*Y(k-1)+w_{21}*Y(k-2)+w_{31}*Y(k-3)+S_{Bx1})}}, \quad (21)$$

$$H_2 = \frac{1}{1+e^{-(w_{x2}*X+w_{12}*Y(k-1)+w_{22}*Y(k-2)+w_{32}*Y(k-3)+S_{Bx2})}}, \quad (22)$$

$$H_3 = \frac{1}{1+e^{-(w_{x3}*X+w_{13}*Y(k-1)+w_{23}*Y(k-2)+w_{33}*Y(k-3)+S_{Bx3})}}, \quad (23)$$

$$H_4 = \frac{1}{1+e^{-(w_{x4}*X+w_{14}*Y(k-1)+w_{24}*Y(k-2)+w_{34}*Y(k-3)+S_{Bx4})}}, \quad (24)$$

$$H_5 = \frac{1}{1+e^{-(w_{x5}*X+w_{15}*Y(k-1)+w_{25}*Y(k-2)+w_{35}*Y(k-3)+S_{Bx5})}}. \quad (25)$$

Расчет значения нейрона выходного слоя ведется по формуле (26)

$$Y = w_{y1} * H_1 + w_{y2} * H_2 + w_{y3} * H_3 + w_{y4} * H_4 + w_{y5} * H_5 + S_y. \quad (26)$$

### ***Оценка адекватности моделей***

По полученным нейронным сетям с архитектурами 4-1-1, 4-3-1, 4-5-1 выполнен расчет значения выходной величины  $Y$  и проведена оценка погрешности моделирования сравнением с «реальными» данными переходного процесса в качестве которых выступают значения, полученные по когнитивной модели с динамическими функциональными связями.

По результатам экспериментов определено, что все рассмотренные архитектуры НС обеспечивают высокую точность моделирования динамических характеристик объекта. Кроме того, нейронная сеть со структурой 4-1-1 имеет наименьшую среднюю относительную погрешность, равную 0,006635 %, при более простой структуре. Полученная нейронная сеть может использоваться для целей прогнозирования изменения моделируемого параметра в динамике в задачах управления технологическим объектом. Рассмотренный подход к получению нейросетевой модели также может применяться для разработки имитационной модели объекта при проектировании тренажеров-имитаторов технологических процессов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бендерская, Е.Н. Рекуррентная нейронная сеть как динамическая система и подходы к ее обучению: статья / Е.Н. Бендерская, К.В. Никитин. – СПб: Государственный политехнический университет, 2013. – 12 с.
2. Рекуррентные нейронные сети: типы, обучение, примеры и применение [Электронный ресурс]. – URL: [https://codernet.ru/articles/drugoe/rekurrentnyie\\_nejronnyie\\_seti\\_tipyi\\_obuchenie\\_primeryi\\_i\\_primenenie/](https://codernet.ru/articles/drugoe/rekurrentnyie_nejronnyie_seti_tipyi_obuchenie_primeryi_i_primenenie/) (дата обращения: 10.05.2022).
3. Чухарева, Н. В. Транспорт скважинной продукции: Учеб. пособие / Н. В. Чухарева, А. В. Рудаченко, Бархатанов А. Ф. – Томск: Изд-во ТПУ, 2011. – 354 с.
4. СП 12. 13130.2009. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200071156> (дата обращения: 10.05.2022).
5. ГОСТ ИЕС 60079-10-1-2013. Классификация зон. Взрывоопасные газовые среды [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200107188> (дата обращения: 10.05.2022).
6. ГОСТ Р 51330.5-99. Метод определения температуры самовоспламенения [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200008231> (дата обращения: 10.05.2022).
7. ГОСТ Р 51330.11-99. Классификация смесей газов и паров с воздухом по безопасным экспериментальным максимальным зазорам и минимальным воспламеняющим токам [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200008226> (дата обращения: 10.05.2022).
8. Приказ Ростехнадзора от 15.12.2020 №533. Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств» [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573200380> (дата обращения: 10.05.2022).
9. СП 44.13330.2011. Административные и бытовые здания [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200084087> (дата обращения: 10.05.2022).
10. Распределенная система управления SIMATIC PCS 7 [Электронный ресурс]. – URL: <https://new.siemens.com/ru/ru/produkty/avtomatizacia/raspredelennye-sistemy-upravleniya/simatic-pcs-7.html> (дата обращения: 12.05.2022).
11. Каталог контрольно-измерительных приборов EMERSON [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.emerson.com/ru-ru/automation/measurement-instrumentation> (дата обращения: 13.05.2022).
12. Каталог фирмы ЭМИС [Электронный ресурс]. – URL: <https://emis-kip.ru/ru/> (дата обращения: 13.05.2022).
13. Каталог фирмы ОВЕН [Электронный ресурс]. – URL: <https://owen.ru/> (дата обращения: 13.05.2022).
14. Каталог фирмы Endress+Hauser [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.ru.endress.com/ru/Tailor-made-field-instrumentation> (дата обращения: 13.05.2022).
15. Каталог фирмы ТеплоПрибор [Электронный ресурс]. – URL: <http://xn--90ahjlrccsjdm.xn--p1ai/> (дата обращения: 13.05.2022).
16. Каталог фирмы НЕМЕН [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.nemen.ru/index/our-product/catalog/> (дата обращения: 13.05.2022).
17. Пручай, В.С. Моделирование систем / В.С. Пручай, С.К. Чуракова, Хабиров Н.М.: Учебное пособие. – Уфа: УГНТУ, 2013. – 37 с.
18. Акопов, А.С. Имитационное моделирование: учебник и практикум для академического бакалавриата. – М.: Юрайт, 2017. – 38 с.
19. Коврижных, А.Ю. Дифференциальные и разностные уравнения / А.Ю. Коврижных, О.О. Коврижных: учебное пособие. – Екатеринбург: Уральский университет, 2014. – 148 с.
20. Боровиков, В.П. Программа STATISTICA для студентов и инженеров. – М.: Компьютер-Пресс, 2001. – 304 с.

УДК 004.9

Ш. Ф. САМИГУЛЛИН

*samshamil2401@gmail.com*

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. В.А. ЧАНЫШЕВА

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## ИССЛЕДОВАНИЕ VPN ТУННЕЛЕЙ

**Аннотация.** В статье проанализирована система VPN, рассматриваются VPN тоннели, а также дается анализ технологий, применяющих эту технологию

**Ключевые слова:** VPN тоннели; PPTP; L2TPK.

VPN – Virtual Private Network – это виртуальная частная сети. VPN сочетает в себе различные технологии, которые позволяют обеспечить несколько сетевых соединений поверх другой сети. В связи с расширением применения Интернет во всех сферах экономики, вопросы, связанные с использованием конфиденциальных данных и применения VPN, является актуальным.

Соединение VPN – это туннель между пользовательским компьютером и сервером. Каждый узел шифрует данные до их попадания в «туннель».

Как только произошло подключение к VPN, система определяет пользовательскую сеть и начинает процесс аутентификации (происходит сравнение введенного пароля с паролями находящихся в базе данных)

После авторизации на сервере (сервер предоставляет пользователю право на выполнение определенных действий). После успешного соединения между пользователем и сервером, весь трафик передается между ними в зашифрованном виде. У компьютера пользователя имеется свой IP-адрес, который он получает от интернет-провайдера. Именно благодаря этому IP-адресу блокируется доступ к некоторым интернет-ресурсам. VPN сервисы позволяют изменить IP-адрес пользовательского компьютера на свой. В свою очередь, запрос с VPN сервиса поступает на запрашиваемый ресурс.

Различные VPN- провайдеры используют разную степень шифрования, скрытия факта подключения к серверу, хранение журналов, в которых сохраняются данные о посещения сайта, настоящий IP адрес отправителя и передача данных 3-им лицам.

Также некоторые VPN сервисы могут предоставить возможность не записывать логин, но такая услуга встречается редко и достаточно рискованная, так как в случае нарушения соединения или некорректном подключении к серверу, может произойти утечка данных. Избежать таких случаев может помочь технология Multihop VPN, она подключается к сайту через несколько серверов.

Рассмотрим достоинства и недостатки наиболее популярных сервисов VPN, используемые на сегодняшний день.

#### 1) Point-to-Point Tunneling Protocol (PPTP).

Плюсы:

- поддерживается всеми операционными системами,
- низкие системные требования.

Минусы:

– Плохая система защиты. Устаревшие методы шифрования, несовершенная архитектура, проблемы в реализации протокола от Microsoft. Низкая взлом-устойчивость (отсутствует шифрование).

– Применяется в крайних случаях, когда конфиденциальность данных не очень важна.

#### 2) Layer 2 Tunneling Protocol (L2TP).

Плюсы:

- более эффективен для построения виртуальных сетей.

Минусы:

- требователен к вычислительным мощностям,
- по умолчанию отсутствует шифрование.

Чаще всего применяется корпоративными пользователями и интернет-провайдерами.

3) Internet Protocol Security (IPSec) – группа стандартов и протоколов для безопасных подключений.

Плюсы:

- хорошая архитектура,
- надежность алгоритмов.

Минусы:

- сложность в настройке,
- требователен к вычислительным мощностям (данный недостаток можно устранить, путем аппаратного устранения алгоритма АЕС).

Используется совместно с другими технологиями, например, L2TP.

4) Secure Sockets Layer & Transport Layer Security (SSL & TLS)– группа методов, включающая в себя другие протоколы, например SSL и TLS.

Плюсы:

- беспрепятственно пропускаются большинством публичных сетей.

Минусы:

- низкая производительность,
- сложность в настройке.

Применяется на сайтах, на который URL начинается с https.

Таким образом, все существующие VPN сервисы имеют свои достоинства и недостатки

VPN – комплекс технологий, позволяющих создать логическую сеть поверх физической. Они применяются для защиты интернет-трафика от злоумышленников и безопасных действий в интернете. VPN-сервисы позволяют получить доступ к недоступным интернет ресурсам, но при этом жертвуя скоростью передачи данных и возможными логам. Хотя большинство VPN-сервисов используют надежные алгоритмы шифрования, это не гарантирует сохранение конфиденциальности пользователя, поэтому следует внимательно относиться к выбору VPN-провайдера.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. <https://habr.com/ru/post/170895/> - VPN
2. [https://www.opennet.ru/docs/RUS/vpn\\_ipsec/](https://www.opennet.ru/docs/RUS/vpn_ipsec/) - VPN и IPSec на пальцах
3. <https://bezopasnik.info/как-работает-vpn-туннель-типы-vpn-туннелей/> - Как работает VPN-туннель? Типы VPN-туннелей. Что такое раздельное туннелирование?

М. Е. САМОЙЛОВ

*premium\_vampire1@mail.ru*

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. А. Ю. СЕНЦОВА

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ БЛОКЧЕЙН ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ВИДЕОДАНЫХ

**Аннотация.** В статье рассмотрен современный подход к защите видеоданных при использовании технологии блокчейн. Подход предполагает вычисление хэш-функции каждого кадра видео и формирование последовательной цепочки блоков. Видео записываются в децентрализованное хранилище, где доступ к нему может получить только пользователь, обладающий соответствующими правами. В качестве модельной задачи системы рассматривается обработка данных камер городского видеонаблюдения и обеспечение доступа к ним в случаях расследования или юридического оформления дорожно-транспортных происшествий. Предложенные алгоритмы были реализованы и протестированы на языке C# с использованием API Windows Media Player.

**Ключевые слова:** блокчейн, распределенный реестр, видеонаблюдение, смарт-контракт.

### **Введение**

Применение систем видеонаблюдения позволяет снизить уровень преступности, повысить эффективность деятельности по раскрытию и расследованию преступлений. С другой стороны, новая информационная технология блокчейн позволяет упростить и ускорить различные бюрократические процедуры. Важная проблема заключается в том, что обработка видеоданных сопряжена с передачей больших объемов информации, следовательно, будет нагружаться передача данных между узлами сети.

В статье рассмотрен способ применения системы блокчейн для обработки видео в системе видеонаблюдения, в качестве модельной задачи выбрано юридическое оформление дорожно-транспортного происшествием. Основная часть научной статьи организована следующим образом: в первом разделе описаны термины и определения разъясняющие значения объектов, которые будут использоваться в научной работе. Во втором разделе рассказывается о применении смарт контрактов для оформления ДТП, где подробно разобраны четыре смарт контракта, а также их алгоритмы. В третьем разделе рассматривается метод реализации.

### *Применение смарт контрактов для оформления ДТП*

Смарт-контракт - протокол взаимодействия нескольких участников, которые происходят путем записи отдельных записей протоколов блокчейн. Также обеспечивают хранение видео и предоставление видеоматериалов с различным секретным уровнем доступа. Хранение всех видеозаписей на долгосрочной основе требует существенных затрат памяти записывающих устройств. Поэтому имеет смысл хранить полный архив видеоматериалов в течение относительно короткого промежутка времени. С другой стороны, видеоматериалы, которые фиксировали происшествия, фигурирующие в юридических протоколах должны храниться в течение более длительного срока. По законодательству РФ все доказательства включая видео данные, которые использовались в судебных разбирательствах хранятся по 10 лет. В связи с этим предложено применить два блокчейн-хранилища: одно для краткосрочного хранения полных видеозаписей с камер сроком в 5 дней, другое для долгосрочного хранения юридически значимого видео сроком в 10 лет.

Рассмотрим модельную задачу оформления дорожно-транспортного происшествия. Произошло ДТП, водители заполняют протокол и разъезжаются. Далее сотрудник полиции обращается к данным видеокамеры записавшей ДТП и начинает оформление документов, по всем юридическим стандартам, которые включают в себя использование в качестве доказательств правоты невиновного, видеоматериалы, записанные камерой видеонаблюдения. Однако, бывают ситуации, когда мнения водителей о виновнике ДТП расходятся, то сотрудники полиции обращаются к записям видеокамер. Возникает вопрос – каким способом можно обеспечить взаимодействие субъектов ДТП с использованием видеоматериалов с помощью смарт-контракта?

В статье [1] предложен набор из четырех смарт контрактов для автоматизированной обработки и хранения видеоматериалов: контракт доказательств (Evidence Contract, EC) который хранит информацию, относящуюся к видео с видеорегистратора, контракт поиска (Search Contract, SC), который находит желаемое видео с соответствующими деталями, а также, контракт запроса (Request Contract, REQС) и контракт ответа (Response Contract, RESC), которые

применяются, когда провайдер передает ссылку для загрузки и ключ повторного шифрования для видео. Передаваемое видео зашифровывается и хранится в облаке, а его хеш-значение проверяется после расшифровки.

```

Evidence.sol
1: constructor(cloudAddress, policeAddress)
2:   allocate the cloud address and the police address
3: return

4: setEvidence():
5:   allocate variables(ex. Address of
                        owner, hash, time, frame etc)
6:   allocate flag variables,
      police_check and cloud_check to be false by default
6: return

7: verify():
8:   if msg.sender == policeAddress and police_check == false
9:     police_check = true
10:  if msg.sender == cloudAddress and cloud_check == false
11:    cloud_check = true
12:  if cloud_check == true and police_check == true
11:    change the verification state to verified
12:    call the Search.sol's setEvidence()
13: End if
14: return

```

Рис. 1. Algorithm 1. Evidence Contract (EC)

Рассмотрим работу алгоритма №1 приведенного выше, который передает данные с видеорегистратора в облако. Видеорегистратор создает видео отрезками по 1 мин. Затем он создает хеш для каждого кадра и отправляет его в облако для проверки видео.

```

Request.sol
1: constructor():
2:   allocate the requester's address to variable
3: return

4: requestVideo(Response, EvidenceAddr, requesterPublicKey):
5:   Save requesterPublicKey
6:   load Evidence object
7:   call Response.sol's set(Request.sol's Addr, EvidenceAddr)
8: return

9: setData(ownerPublicKey, ReEncKey, link):
10:  if (msg.sender == Evidence's OwnerAddr)
11:    Save ownerPublicKey, ReEncKey, link
12: return

13: getOwnerPuk()
14:  if (msg.sender == requesterAddr)
15:  return(ownerPublicKey, ReEncKey, link)

16: getData()
17: return(EvidenceAddr, requesterPublicKey)

```

Рис. 2. Algorithm 2. Request Contract (REQC)



В алгоритме №2 показан процесс проверки контракта доказательств, развернутого с видеорегистратора, и обновления контракта поиска. Когда видеорегистратор отправляет данные об авариях в облако, облачная система хранения и обработки проверяет контракт доказательств. Из контракта доказательств считывается хеш-значение кадра и вычисляется хеш-значение видео. Статус проверки контракта доказательств обновляется, когда проверка завершена. Только облачное хранилище может обновлять статус проверки. Когда контракт доказательств обновляется, информация об адресе, времени и местоположении контракта доказательств автоматически передается в контракт поиска для обновления контракта поиска.

```
Search.sol
1: struct Searching {
2:   string time
3:   string location
4: }
5: mapping(address=>Searching) SearchingEvidence
6: setEvidence(EvidenceAddr, time, location):
7:   push EvidenceAddr in array(Addr)
8:   mapping EvidenceAddr, time,
       location in SearchingEvidence
9: return
10: getData(EvidenceAddr):
11: return (SearchingEvidence[EvidenceAddr].time,
        SearchingEvidence[EvidenceAddr].location)
12: getAddress():
13: return Addr
```

Рис. 3. Algorithm 3. Search Contract (SC)

В алгоритме №3 показывается, как запрашивающая сторона запрашивает и извлекает видео. Запрашивающая сторона обращается к облаку, чтобы получить желаемое видео в зависимости от времени и местоположения. Затем в облаке отображается изображение аварии и адрес контракта доказательств, удовлетворяющий условию. Запрашивающая сторона может легко идентифицировать желаемое видео по изображению и запрашивать видео, развернув контракт запроса, добавив адрес контракта доказательств и свой открытый ключ. Когда

контракт запроса развернут, он автоматически отправляет адрес контракта запроса и адрес контракта доказательств контракту ответа.

```
Response.sol
1: struct A {
2:   address[] requestAddrs;
3:   mapping(address=>address) evidAddr;
4: }
5: mapping(address=>A) REQC;
6: set(RequestAddr, EvidenceAddr):
7:   allocate Evidence's Owner address to owner
8:   mapping owner and struct A
9:   push RequestAddr to A's requestAddrs[]
10:  mapping RequestAddr and evidAddr
11: return
12: get():
13: return REQC[msg.sender].requestAddrs
```

Рис. 4. Algorithm 4. Response Contract (RESC)

И наконец, в алгоритме №4 показывается процесс, в котором владелец видео проверяет доступ и делится видеоматериалом с запрашивающей стороной. Владелец получает доступ к облаку и проверяет запросы со своего адреса учетной записи. Контракт ответа сопоставляет адрес контракта запроса с адресом владельца. Облако периодически считывает данные контракта ответа, сохраняет их в базу и отображает по запросу владельца. Владелец получает адреса контракта запроса и контракта доказательств. Через контракт доказательств можно подтвердить запрос на видео и решить, одобрять ли его. Затем владелец отправляет новый ключ повторного шифрования, и ссылку для скачивания в контракт запроса с залогом. Запрашивающий может прочитать новый ключ повторного шифрования и ссылку для загрузки из контракта запроса, развернутого им самим. Запрашивающий может получить сессионный ключ используя новый ключ повторного шифрования. Затем запрашивающая сторона обновляет статус проверки контракта запроса. Если статус проверки является верным, владелец получает запрашиваемые данные. Облако проверяет этот статус и дает право доступа к ссылке для скачивания запрашивающей стороне. Запрашивающая сторона загружает зашифрованное видео из облака и расшифровывает видео с помощью сессионного ключа шифрования.

Композиция из 4-х смарт контрактов позволяет обеспечить конфиденциальность видео материалов хранящихся в блокчейне за счет того, что видео зашифровано с помощью сессионного ключа шифрования и каждый раз создается новый ключ на каждую сессию как сказано выше в алгоритме №4. Также эта композиция обеспечивает целостность видео путем обращения облачной системы хранения и обработки к контракту доказательств откуда считывается хеш-значение кадра, хранящееся в контракте доказательств, чтобы вычислить хеш-значение видео. Это значение сравнивается с ранее сохраненным значением. Если злоумышленник манипулировал видео, обнаружится изменение, когда хэш предыдущего видео не совпадет. Обеспечивается конфиденциальность местоположения. Поскольку предлагаемая схема основана на учетной записи пользователя Ethereum, никакая другая личная информация не включена, а загрузка выполняется только под псевдонимом через учетную запись Ethereum, видео можно передавать без раскрытия личности пользователя. Кроме того, местоположение пользователя не может быть отслежено, потому что пользователь загружает фрагментарную информацию о местоположении, когда происходит авария, без постоянной загрузки данных с информацией о местоположении.

### *Метод реализации*

В данном разделе статьи предложена идея программной реализации.

Перейдем к программной реализации на языке C#:

```
//конструктор генозис-блока
public Block()
{
    Id = 1;
    Data = "Max Korol";
    Created = DateTime.Parse("01.07.2021 00:00:00.000");
    PreviousHash = "111111";
    User = "Admin";
    var data = GetData();
    Hash = GetHash(data);
}
```

Рис. 5. Создание генозис-блока

Здесь рассматривается генозис-блок (первый блок, с которого и начнется блокчейн), у него есть входные параметры: id, data, время создания, заданный предыдущий хэш.

После этого мы выполняем конкатенацию данных:

```
private string GetData()
{
    string result = "";
    result += Id.ToString();
    result += Data;
    result += Created.ToString("dd.MM.yyyy HH:mm:ss:fff");
    result += PreviousHash;
    result += User;

    return result;
}
```

Рис. 6. Конкатенация данных

Получаем вот такую строку:

Имя	Значение	Тип
User	"Admin"	string
result	"1Max Korol01.07.2021 00:00:00:00011111Admin"	string
this	{Max Korol}	Blockchain.Block

Рис. 7. Результат конкатенации (соединение блоков кода)

После этого вызывается метод GetHashCode (получение хеша кода):

```
private string GetHashCode(string data)
{
    var message = Encoding.ASCII.GetBytes(data);
    var hashString = new SHA256Managed();
    string hex = "";
    var hashValue = hashString.ComputeHash(message);
    foreach (byte x in hashValue)
    {
        hex += String.Format("{0:x2}", x);
    }
    return hex;
}
```

Рис. 8. Вызов метода GetHashCode

Сюда пришла наша длинная строка с данными, далее мы переводим ее в массив байтов.

The screenshot shows the following code in the editor:

```
private string GetHashCode(string data)
{
    var message = Encoding.ASCII.GetBytes(data);
    var hashString = new SHA256Managed();
    string hex = "";
    var hashValue = hashString.ComputeHash(message);
    foreach (byte x in hashValue)
    {
        hex += String.Format("{0:x2}", x);
    }
    return hex;
}
```

The Watch window below shows the value of the variable `message`:

Имя	Значение	Тип
message	(byte[44])	byte[]
[0]	49	byte
[1]	77	byte
[2]	97	byte
[3]	120	byte
[4]	32	byte
[5]	75	byte
[6]	111	byte

Рис. 9. Значение переменной hashString

Объявляем результирующую переменную hex и после этого вызываем метод, который захэширует исходную строку в байтовом формате и на выходе мы получим зашифрованный набор данных:

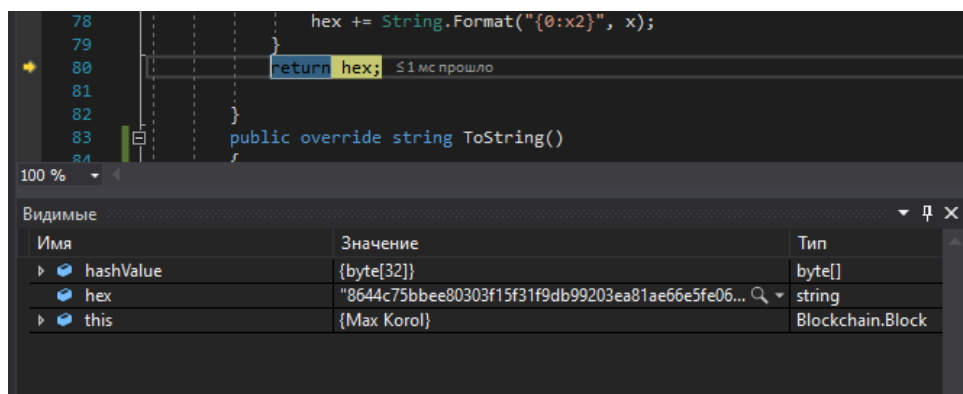


Рис. 10. Зашифрованный набор данных

Стоит обратить внимание, что если мы изменим хотя бы 1 символ в нашей входной строке, мы получим совершенно другой набор выходных данных:

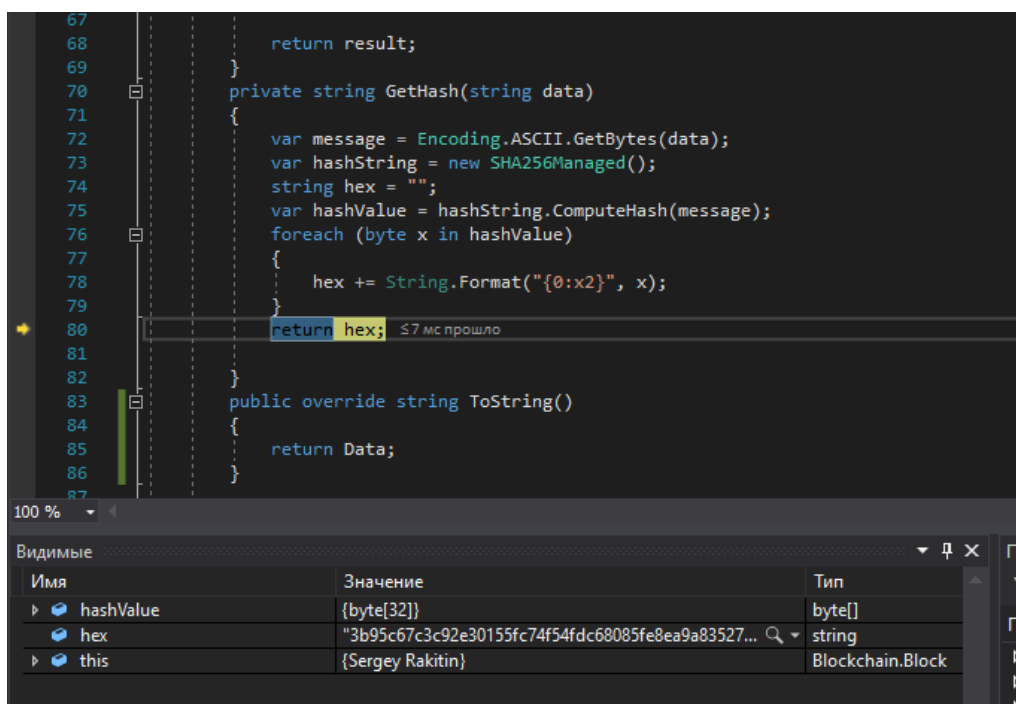


Рис. 11. Результат в случае изменения 1 символа

Это дает возможность создавать уникальный хэш, который будет защищать нашу систему.

Далее мы получили генезис-блок с таким набором данных:

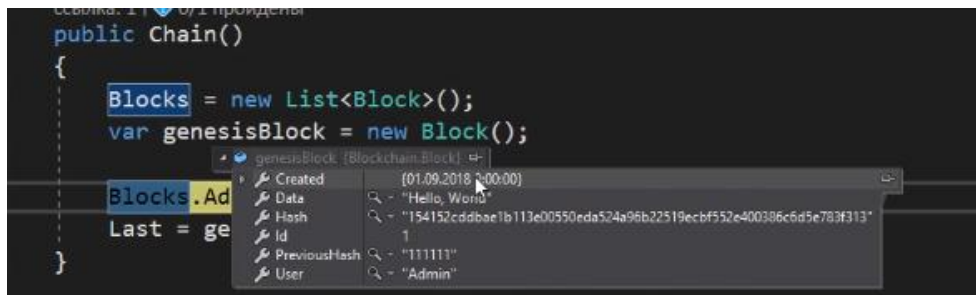


Рис. 12. Набор данных генезис-блока

Когда он был создан, его хэш, его id, далее он добавляется в массив блоков (цепь).

Далее мы вызываем добавление нового блока:

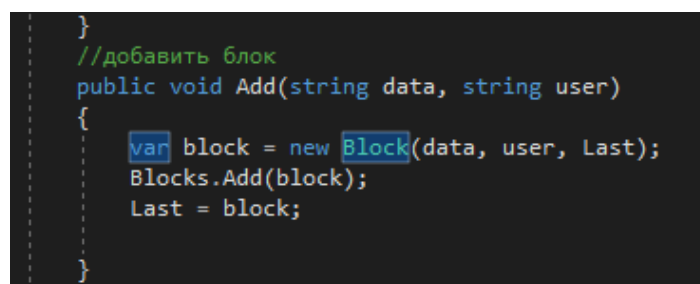


Рис. 13. Добавление нового блока

Также проверяются входные параметры и заполняются показатели блока:

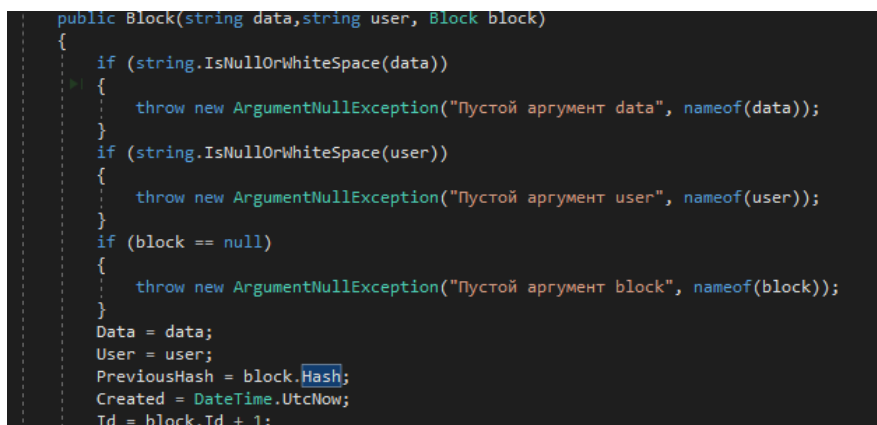


Рис. 14. Заполнение блока

И в финале происходит конкатенация, разбиение на блоки байтов и опять хэширование.

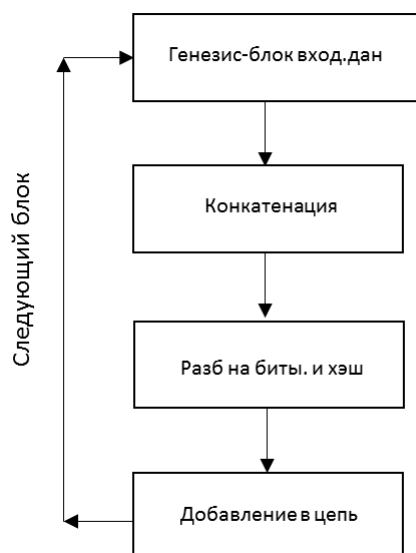


Рис. 15. Построение блока в блокчейне

### *Дополнительная реализация идеи с видео*

Идея такова: есть группа пользователей, которым доступны видео с изображениями людей, но только лица этих людей в целях конфиденциальности «заблюрены». Но, чтобы получить доступ к лицу, нужно создать запрос (например, от правоохранительных органов) и расшифровать

1) Видео отправляется в обработку в программу Adobe Premiere (профессиональная программа нелинейного видеомонтажа, отличительная особенность – редактирование материалов в любом формате и проведение любых манипуляции с видео). На выходе получаем видео с наложенным блюром (в том месте, где нам будет нужно)

2) Далее реализовали программу, работающую на языке C#:

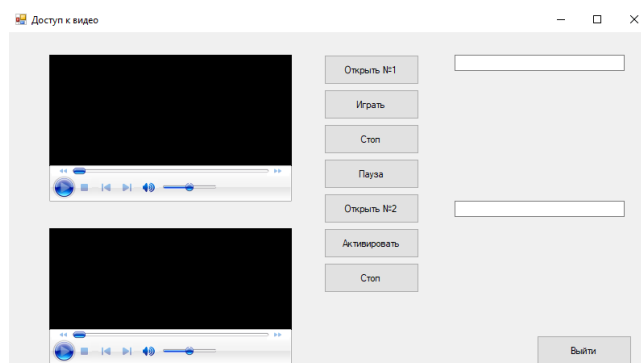


Рис. 16. Реализация программы

## ***Принцип работы***

Для просмотра первого видео (без блюра) вводится первый ключ (он доступен всем участникам процесса).

Изначально в программе задан этот ключ, поэтому при вводе программа проверяет совпадение введенного ключа и заданного: если все совпадает, то проигрывает первую видеозапись, если не совпадает, выдает ошибку и просит покинуть программу.

Далее, если участникам процесса потребуется полная версия видео (без блюра), то им потребуется ввести три ключа, итого участнику нужно будет сделать 3 запроса: Сергею, Тимуру и Максиму. Они же в свою очередь будут решать, давать данные ключи или нет. Для доступа ко 2 видео нужны все 3 ключа, если один из ключей окажется неверным, программа перенесет нас к алгоритму первого видео и попросит ввести общедоступный пароль. При введении программа проверяет все три пароля для условия «И», если все 3 совпадают, то открывается доступ ко 2 видео.

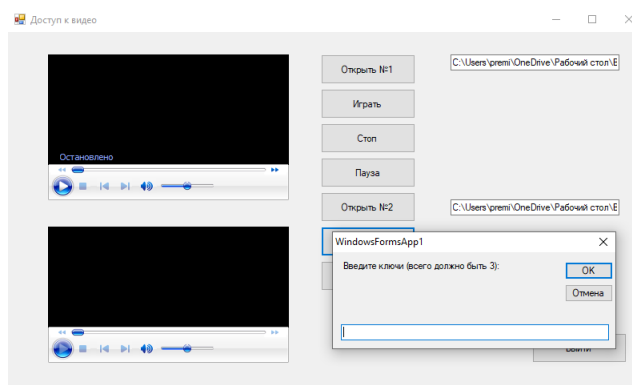


Рис. 17. Работа программы

## ***Заключение***

В статье рассмотрен современный подход к защите целостности видеоданных при использовании облачного сервиса блокчейн. Основа описанного метода заложена в хэшировании каждого кадра видео и создании последовательной цепочки блоков, которые хранятся в частном или публичном блокчейне. Преимуществом данного метода является ограничение доступа к видеоматериалам лицам, не имеющим соответствующего уровня доступа. В статье опи-



сана концепция работы, смоделирована система для расчета памяти и необходимых резервов для вычислительных ресурсов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- M. Wohrer, U. Zdun, "Smart contract: Security patterns in the Ethereum ecosystem and solidity," Int. Workshop Blockchain Oriented Softw. Eng. (IWBOSE), pp. 2 8, 2018
- K. Kim, T. Kim and I. Y. Jung, "Blockchain-based Information Sharing between Smart Vehicles for Safe Driving," 2020 IEEE 91st Vehicular Technology Conference (VTC2020-Spring), 2020, pp. 1-2, doi: 10.1109/VTC2020-Spring48590.2020.9128995
- V.H. Le, J.D. Hartog, N. Zannone, "Security and Privacy for Innovative Automotive Applications A Survey," Computer Communications, pp. 17 41, 2018 [Электронный ресурс] Cryptographic hash functions, URL: <https://bit.nmu.org.ua/ua/student/metod/cryptology/> (дата обращения: 12.07.2021)
- Blockchain C# | Реализация Блокчейн C#, internet: <https://shwanoff.ru/blockchain/> //SHWAN /07.05.2018
- V. Yatskiv, N. Yatskiv, O. Bandrivskyi, // Scientific article «Proof of Video Integrity Based on Blockchain» April 22, 2021. doi: 10.1109 / ACITT.2019.8780097
- ГОСТ 34.11-2018. «Информационная технология. Криптографическая защита информации. Функция хэширования». ИСО/МЭК 10118-3:2018, RFC 6986

УДК 05.04

М. А. САПОЖНИКОВ

*sapognicow@gmail.com*

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. А. Ю. СЕНЦОВА.

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **РОССИЙСКИЕ КОМПАНИИ В ОБЛАСТИ СЕТЕВОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

**Аннотация.** Рассматриваются проблемы российских компаний в области сетевой безопасности. Приводятся ведущие вендоры, а также их продукция на рынке.

**Ключевые слова:** сетевая безопасность; импортозамещение; российские вендоры.

В период, когда на российском рынке множество иностранных компаний покидают или приостанавливают свою деятельность – следует обратить особое внимание на то, какие альтернативы могут предложить отечественные разработчики. Так сейчас у российских разработчиков появилась возможность, как удовлетворить потребности отечественных клиентов на рынке, так и отработать новые технологии, подходы, механизмы, чтобы в дальнейшем была возможность выйти на мировой рынок.

На текущий момент удовлетворить запросы клиентов на рынке является основной и довольно трудной задачей по многим причинам. Например – некоторые зарубежные компании были способны перекрыть потребности клиентов в единой экосистеме продуктов, в то время как в отечественных решениях необходимо обращаться к нескольким вендорам для предоставления того же функционала, что и у зарубежной компании. Из чего у клиентов часто может возникнуть вопрос – следует ли пересмотреть и подобрать множество вариантов продукта от различных вендоров и сопоставить с тем, что имеется в текущей сети, или же пересмотреть топологию текущей сети и перестроить ее, опираясь на возможности, которые готовы предоставить отечественные вендоры. Также проблемой перехода на отечественные решения часто может являться смена интерфейса или же рабочей среды, но во многом российские компании уже занимаются решением данной задачи, целью является переход к более удобному и простому взаимодействию между пользователем и программой, то

есть, создание удобного интерфейса с доступом к максимально большому количеству функций.

На российском рынке информационной безопасности нет единоличного лидера, а отдельные решения, представленные на рынке, имеют как собственные достоинства, так и недостатки.

Информационным порталом «АМ Медиа» были проведены несколько опросов пользователей систем информационной безопасности:



Рис. 1. Миграция на российские средства сетевой безопасности.



Рис. 2. Недостатки российских средств сетевой безопасности.

На российском рынке нет как такового лидера в области сетевой безопасности, но в то же время можно выделить ведущие компании в данной отрасли, их специализацию и продукты на рынке. [1]

«Solar интеграция», «РТК-Солар» - является подразделением компании Ростелеком. Предоставляет комплексные решения в области информационной безопасности, а именно: анализ угроз, предотвращение вторжений, построение и эксплуатация систем кибербезопасности. [2]

«Код безопасности» - компания, являющаяся не только разработчиком программного обеспечения, но и крупный производитель сетевого оборудования. Предоставляют услуги в области сетевой безопасности, защите виртуальных сред, конечных точек, а также в создании и проверке электронных подписей. [3]

UserGate – разработчик программного обеспечения и микроэлектроники. Компания проектирует и производит собственные микросхемы. Среди продуктов компании можно выделить построения межсетевых и виртуальных межсетевых экранов, а также анализ угроз и инцидентов информационной безопасности. [4]

«Смарт-Софт» - компания, специализирующаяся на установке универсальных шлюзов безопасности с анализатором траффика нового поколения. Такой шлюз обеспечивает межсетевой экран, шлюзовый антивирус, сканер безопасности, VPN, фильтрация трафика по контенту, URL, в том числе на уровне приложений, а также мониторинг активности пользователей. [5]

«Цифровые решения» - специализируются на разработке микросхем и высокопроизводительных программно-аппаратных комплексов на базе ПЛИС, микросхем, а также процессоров различного назначения. Стоит отметить, что компания также занимается разработкой телекоммуникационного оборудования и твердотельных накопителей. [6]

Positive Technologies – крупный разработчик решений для информационной безопасности. Компания имеет огромную аналитическую базу с публика-

цией в открытый доступ различных сводок и прогнозов, статей, освещающих различные угрозы и т.д. Данный представитель занимается аналитикой, системами обнаружением уязвимостей, системами контроля защищенности и соответствия стандартам, системами управления инцидентами кибербезопасности АСУ ТП и т.д. [7]

Подводя итог можно сказать, что с уходом с российского рынка многих иностранных компаний, отечественные вендоры способны удовлетворить потребности заказчиков, а для многих компаний повышение спроса стало некоторым толчком для дальнейшего развития. Не каждая компания готова предоставить комплексное решение по той или иной конкретной задаче, что может сказаться на производительности, но в то же время разнообразие специализаций на рынке может покрыть практически весь спектр задач.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Наиболее зрелые российские средства сетевой безопасности – Anti-Malware – [Электронный ресурс] : [https://www.anti-malware.ru/analytics/Technology\\_Analysis/Russian-network-security-2022#part1](https://www.anti-malware.ru/analytics/Technology_Analysis/Russian-network-security-2022#part1) (дата обращения 11.09.2022)
2. Кибербезопасность, Обеспечение Кибербезопасности, РТК-Солар – РТК-Солар - [Электронный ресурс] : <https://rt-solar.ru/> (дата обращения 11.09.2022)
3. Код безопасности – лидер в области средств защиты информации – Код Безопасности - [Электронный ресурс] : <https://www.securitycode.ru/> (дата обращения 11.09.2022)
4. UserGate – разработчик решений в сфере интернет-безопасности – UserGate - [Электронный ресурс] : <https://www.usergate.com/ru/> (дата обращения 11.09.2022)
5. Организация информационной безопасности для бизнеса – Смарт-Софт - [Электронный ресурс] : <https://www.smart-soft.ru> (дата обращения 11.09.2022)
6. Научно-производственное предприятие «Цифровые решения» - «Цифровые решения» - [Электронный ресурс] : <https://dsol.ru/company/> (дата обращения 11.09.2022)
7. Positive Technologies – безопасность, консалтинг, compliance management – Positive Technologies - [Электронный ресурс] : <https://www.ptsecurity.com/ru-ru/> (дата обращения 11.09.2022)

С. О. САФИН

salavat01021999@gmail.com

Науч. рук. – канд. техн. наук, доц. А. Ю. СЕНЦОВА

## ПРОБЛЕМЫ АНАЛИЗА И ОБРАБОТКИ BIG DATA НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДА DATA MINING

**Аннотация.** В статье описаны основные проблемы «больших данных», перечислены риски присущие большим данным. Рассматриваются различные аспекты и особенности больших данных. Описаны основные качественные характеристики больших данных: большой объем, сложность, временные ограничения. В статье Методы, которые включает в себя DM, основные требования, которым должны обладать системы интеллектуального анализа, и основные инструменты Data Mining. Приведен сравнительный анализ различных инструментов Data Mining. Указаны плюсы и минусы каждого инструмента Data Mining. В заключение делаются выводы об эффективности инструмента DMST для аналитических проектов.

**Ключевые слова:** Big Data, анализ больших данных, кластеризация, Data Mining.

### **Введение**

За последние годы объемы создаваемых данных стремительно растут. Каждую секунду формируется более 30000 ГБ данных, и скорость их создания только увеличивается. Нам постоянно приходится иметь дело с разнообразными данными. Отмечается, что в ближайшем будущем глобальный объем данных продолжит расти — очень быстро и в то же время довольно неожиданным образом. По прогнозам экспертов, к 2025 году общий объем информации в мире достигнет  $163 \cdot 10^{21}$  байт. Это будет соответствовать примерно десятикратному росту по сравнению с 2016-м.

Человеческий мозг не в состоянии обработать настолько большие массивы информации, что способствовало экспоненциальному развитию идеи Big Data. Концепция больших данных относится к сбору и хранению больших объемов информации о пользователях или клиентах и их поведении для использования с целью предоставления, например, персонализированных услуг на основе прогнозов.

Обработка данных средствами вычислительной техники является одной из основных задач большинства информационных систем. Любая информация, структурированная определенным образом, может быть обработана как для по-

лучения непосредственных результатов вычислений, так и для подготовки к передаче по каналам связи или дальнейшей обработки. Количественное изменение массива обрабатываемой информации переходит в качественное новое состояние – большие данные.

Главными характеристиками, отличающими «Big Data» от другого рода данных - три V: volume, velocity, variety. Первая - большие объемы, вторая - необходимость в быстрой обработке и высокая скорость накопления данных, третья - разнообразие.

Использование Big Data охватывает широкий спектр областей, которые включают анализ биомедицинских данных, стратегий правительства, онлайн-торговли, образования, и это лишь некоторые из них.

Ведущие мировые IT-компании выделяют следующие факторы роста данных:

- слияние технологических разработок, в частности, увеличение повсеместного широкополосного доступа в Интернет;
- большое снижение стоимости доступа в Интернет;
- снижение затрат на хранение данных, что приводит к тому, что данные могут храниться в течение длительного времени;
- инструменты для обработки данных становятся все более мощными, сложными, повсеместными и недорогими, что позволяет легко найти и связать данные.

Один из методов анализа и обработки Big Data является Data Mining. Data mining, также называемый Обнаружение знаний в базе данных (KDD), представляет собой метод, часто используемый для анализа больших массивов данных с помощью статистических и математических методов для поиска скрытых закономерностей или тенденций и извлечения из них ценности.

Актуальность статьи заключается в том, что, автоматизируя процесс, инструменты Data Mining могут просматривать базы данных и эффективно выявлять скрытые закономерности. Для предприятий data mining часто ис-

пользуется для выявления закономерностей и взаимосвязей в данных, помогающих принимать оптимальные решения в бизнесе. В 21 веке современных технологий объемы данных незамедлительно увеличиваются и нужно уметь ими пользоваться. Уже в мае 2015 года массовая численность данных превысила 6,5 зеттабайт. С каждым годом объем Big Data растет. Это означает, что технологии «Big Data» ни в коем случае не будут стоять на месте, а вместе с тем растут и риски, связанные с их развитием.

### ***Big Data***

Под большими данными обычно подразумеваются обобщенные наборы, включающие в себя структурированные и неструктурированные данные, существенные по объему и разнообразные по структуре.

Существует 3 основных признака, по которым распределяют Big Data:

– *Масштабность* (большие данные содержат огромные потоки информации). Если обычные данные чаще всего локализованы как частные базы данных, хранящие узкие данные (бухгалтерия предприятия, списки сотрудников, отчеты о продажах) – то большие данные содержат масштабные записи, включающие в себя сведения о миллионах людей или об огромных территориях, например, общегосударственный реестр сделок с недвижимостью или база биллинга оператора сотовой сети.

– *Распределенность* (большие данные распределены по многим носителям). Традиционно конкретные данные содержатся на одном-двух носителях, обрабатываются в едином адресном пространстве приложения и не превышают размеров файловой системы. Большие данные чаще всего распределены между многими носителями.

– *Многоструктурность* (большие данные содержат множество различных структур). Классические структуры данных оформляются в виде кортежей «поля-записи» в случае реляционных таблиц, или в виде хранилища типовых документов в документо-ориентированных системах. Большие данные могут содержать сотни различных структур, часть из которых даже не имеет описания



данных на уровне хранилища, что требует перестраивать обработку данных по мере выявления новых структур.

Большие данные безусловно, применяются в розничной торговле (ритейле) [3, с. 15]. К примеру, это разнообразные сведения о потребителях, информация о том, какие они совершали покупки, детальная информация с каждого чека, сведения о привлечших внимание скидках, данные посещения различных торговых центров и тому подобное. Банки и страховые компании опять же обладают возможностью собирать информацию о своей клиентуре, их действиях, финансовых транзакциях и даже о путешествиях по миру. Банк имеет перспективу установить даты важных мероприятий в жизни своих клиентов - смена работы, бракосочетание, рождение ребенка, переезд и т.д. И потом эти сведения можно применять для наращивания продаж и работы над лояльностью клиентов.

В телекоммуникациях большие данные - это вся служебная информация с подключенных девайсов, хроника применения различных сервисов, сведения о местонахождении и, к тому же, полностью трафик, который может быть подвержен анализу, вплоть до текстов SMS. У операторов есть доступ к такому типу информации, однако, по закону «О персональных данных», они не обладают полномочиями применять ее без согласия обладателя устройства. Но они имеют все шансы проделывать, к примеру, всеобъемлющий анализ трафика, освобожденного от индивидуальных сведений.

### ***Риски и основные проблемы связанные с Big Data***

Проблемы больших данных, применяемых в разных прикладных областях требуют проведения исследований и разработок, направленных на создание масштабируемых аппаратных и программных решений проблем.

При создании приложений, работающих с большими данными, приходится сталкиваться со следующими характеристиками:

- большие объемы данных;

- интенсифицированные потоки данных;
- высокая структурная сложность;
- нелинейность моделей;
- требование существенного сокращения времени анализа или обработки данных;
- предел времени принятия решений при любом количестве данных [4];
- возрастание морфологической сложности моделей;
- возрастание структурной сложности моделей и систем, возрастание когнитивной сложности [5];
- рост слабоструктурированной исходной информации;
- относительный рост нечеткой информации;
- рост потребностей в параллельных вычислениях.

Компании обращаются к Big Data для увеличения эффективности принимаемых решений и снижения рисков неправильных решений. Но не стоит забывать, что и самим большим данным присущи риски:

- *Риск конфиденциальности* (Если потерять контроль над данными и допустить их передачу в руки конкурентов, то это может повлечь за собой серьезные экономические ошибки и нанести ущерб репутации) [2, с. 35].

- *Риск потери данных* (Утрата данных. Например, в результате проделок мошенников или чрезвычайных ситуаций. Поэтому, необходимо резервировать данные).

- *Риск переполнения хранилища* (Данный риск может произойти в результате неправильного хранения данных).

- *Риск снижения эффективности больших данных* (Из-за нагромождения маловажной информацией снижается полезность содержания данных).

- *Риск ошибок больших данных* (Даже малейшие ошибки могут повлечь за собой неприятности. Поэтому необходимо периодически производить ревизию данных и анализировать результативность инструментов).

– *Риск экономической нецелесообразности* (Не всегда в доступном объеме данных аналитики находят нужную информацию, и исключить данный риск полностью невозможно, но эффективно управляя проектом, обеспечивая его нужными ресурсами, вполне реально его минимизировать).

Кроме рисков для анализа и обработки больших данных существует ряд проблем. Основными проблемами Big Data являются:

– *Затраты на обработку Big Data* (дорогостоящее оборудование, затраты на заработную плату квалифицированным специалистам, способным обслуживать огромные массивы информации и т.д.);

– *Количество входной и выходной информации*. (Из-за большого количества результатов возникает сложность с выделением из общего потока только определенных данных);

– *Проблема конфиденциальности*. (Из-за перехода большинства сервисом на онлайн использование данных, растет шанс стать очередной мишенью для кибер-преступников);

– *Проблема потерь информации*. (Меры предосторожности требуют не ограничиваться одноразовым резервированием данных, а делать хотя бы 2-3 резервные копии хранилища. Однако с увеличением объема возрастают сложности с резервированием - и IT-специалисты пытаются найти оптимальное решение этой проблемы).

### ***Data Mining***

Data mining включает в себя следующее:

– *методы прогнозирования, моделирования и классификации* на основе применения искусственных нейронных сетей, деревьев решений, ассоциативной памяти, эволюционного программирования, нечеткой логики и генетических алгоритмов;

– *статистические методы* (факторный анализ, дисперсионный анализ, дескриптивный анализ, корреляционный анализ, регрессионный анализ, анализ временных рядов, компонентный анализ).

Итак, суть технологии Data Mining состоит в том, чтобы найти полезные на практике закономерности, которые скрыты в больших объемах данных [2]. В основе Data Mining лежит концепция шаблонов, которые представляют собой определенные закономерности. Им соответствуют задачи, которые решает технология Data Mining – классификация, прогнозирование, ассоциация, кластеризация, обнаружение и анализ отклонений, анализ связей, оценка, визуализация и подведение итогов.

Для эффективной организации поиска знаний, необходимых для поддержки принятия решений в аналитических системах, наиболее эффективным подходом является реализация комплексных DM-проектов с глубокой интеграцией аналитических инструментов в рабочие процессы. Используемые для этих целей системы интеллектуального анализа должны удовлетворять следующим требованиям:

- Поддержка экспорта/импорта данных.
- Поддержка выгрузки/загрузки данных из разных исходных областей.
- Объединение данных в хранилище данных;
- Поддержка технологии «клиент — сервер» для обработки данных на удаленных серверах;
- Поддержка/создание различных отчетов;
- Поддержка различных алгоритмов и методов интеллектуальной обработки данных (методы математической статистики, алгоритмы бизнес-анализа, машинное обучение и т. д.).
- «Дружественный», удобный графический интерфейс, который будет пригоден для целого сектора пользователей.

– Поддержка мощных средств визуализации данных. Система должна содержать широкий набор визуализаторов исходных данных, промежуточных и конечных результатов, а также структуру построенных моделей.

Под данные требования подходят 6 групп инструментов Data Mining:

– Инструменты DM (DMFT – Data Mining Field Tools) – данные инструменты направлены на особую прикладную область.

– Инструменты для бизнес-аналитики (DMBT – Data Mining Business Tools) – не ориентированы на работу с задачами Data Mining, но поддерживают методы интеллектуальной обработки данных (например, алгоритмы кластеризации, классификации для бизнес анализа).

– Инструменты DM (RDMT – Research Data Mining Tools) – данные инструменты используются для разработки новых экспериментальных алгоритмов и методов интеллектуальной разработки данных.

– Математические пакеты (DMMP – Data Mining Mat Package) – данные пакеты не были ориентированы для Data Mining, но они содержат огромное количество алгоритмов и методов, которые позволяют осуществлять функции интеллектуального анализа данных [2, с. 45].

– Инструменты DM (SDMT – Specialties Data Mining Tools) – данные инструменты используются для определенных видов или методов интеллектуальной обработки данных.

– Интеграционные пакеты (IDMT- Integration Data Mining Tool) – наборы алгоритмов, образующих либо отдельные программные средства, либо пакеты расширения.

– «Наборы» интеллектуальной обработки данных (DMST – Data Mining Suite Tools) – поддерживают целый спектр алгоритмов и методов интеллектуальной обработки данных. Ориентированы на работу с различными данными (многомерные данные, структурированные данные и неструктурированные данные).

Для более доступного восприятия данной информации сделана таблица 1, в которой произведен сравнительный анализ инструментов интеллектуальной обработки данных для реализации аналитических DM-проектов. На основе данных, указанных в таблице, можно сделать вывод, что сформулированные нами ранее требования соответствуют «наборам» инструментов DMST.

Таблица 1

Сравнительная характеристика инструментов DM

Инструменты DM	Экспорт / Импорт	Поддержка клиент- сервер	Наличие отчетов	Поддержка различных алгоритмов	Визуализация
DMFT	Да	Нет	Нет	Нет	Да
DMBT	Да	Да	Да	Нет	Нет
RDMT	Нет	Нет	Нет	Да	Нет
DMMP	Да	Нет	Нет	Да	Нет
SDMT	Да	Нет	Нет	Нет	Да
IDMP	Нет	Нет	Нет	Да	Нет
DMST	Да	Да	Да	да	да

Задачи метода Data Mining делятся на описательные и предсказательные. Описательные задачи направлены на улучшение понимания анализируемых данных, ключевой момент таких моделей – простота восприятия человеком. Предсказательные задачи решаются в два этапа: сначала на основе данных с известными результатами строится модель, а затем она используется для предсказания результатов на основании новых наборов данных.

Для решения каждой из вышеописанных задач существуют свои методы решения, например, для решения задачи классификации применяются байесовские сети, индукция деревьев решений, метод ближайшего соседа, а для решения задач прогнозирования применяются методы математической статистики и нейронные сети. Также существуют базовые методы решения задач Data Mining, которые используются в большом количестве задач.

К базовым методам Data Mining относят основанные на переборе алгоритмы. Простой перебор всех объектов требует  $2 \cdot N$  операций, где  $N$  – это количество объектов. Очевидно, что при большом объеме данных применить простой перебор невозможно, поэтому для задач с высокой вычислительной слож-

ности используют разного рода эвристики. Достоинства таких методов – это простота понимания и реализации, а недостатками является отсутствие формальной теории и сложности, связанные с исследованием и развитием.

Методы решения разбиваются на две большие группы: «обучение с учителем» и «обучение без учителя». Методы «обучения с учителем» работают в два этапа. Строится модель анализируемых данных, называемая классификатор, затем классификатор подвергается обучению, то есть проверяется качество его работы, и, если оно неудовлетворительное, проводится дополнительное обучение классификатора. Так продолжается до тех пор, пока не будет достигнут требуемый уровень качества. «Обучение без учителя» включает задачи, которые выявляют описательные модели и закономерности.

В настоящее время в технологии Data Mining используются методы нечеткой логики, генетические алгоритмы и нейронные сети. Очень часто исходные данные по тем или иным причинам содержат неполную или неточную информацию. Недостоверность бывает физической, источником которой является внешняя среда, и лингвистической, которая возникает в результате словесного обобщения. Для обработки физических неопределенностей используются методы теории вероятностей и теория множеств, а для решения задач с лингвистической неопределенностью используются методы нечеткой логики. Нечеткая логика позволяет представить мышление человека. Человек не использует формальное моделирование на основе математических выражений, он пользуется нечетким естественным языком, и в процессе принятия решения он разделяет ситуацию на отдельные события, используя большое количество различных критериев. Именно таким образом работают методы нечеткой логики, позволяя оперировать со множеством частных правил вместо одного четкого обобщенного правила. Нейронные сети — это модели, которые основаны на биологической аналогии с человеческим мозгом. После прохождения этапа обучения на основе имеющихся данных они используются для решения различных задач анализа данных. В результате обучения нейронная сеть находит закономерности

сти в данных, однако в отличие от классических моделей, эти зависимости не могут быть записаны в явном виде. Нейронные сети могут выдавать прогноз очень высокого качества. Их главная особенность в том, что с их помощью можно аппроксимировать любую непрерывную функцию [4].

Генетические алгоритмы можно отнести к числу универсальных методов решения задач различных типов. В области Data Mining – это поиск наиболее оптимальной модели и определение значимых параметров операционного базиса. Очень эффективным является интеграция генетических алгоритмов и нейронных сетей. Такой подход позволяет решить проблемы поиска оптимальных значений весов входов нейронов. Интеграция генетических алгоритмов и нечеткой логики дает более оптимизированную систему продукционных правил, которые используются для управления операторами генетических алгоритмов.

### ***Заключение***

Итак, Data Mining – это процесс поддержки принятия решений, который основан на поиске в больших объемах данных скрытых закономерностей. У этой технологии есть свои достоинства и недостатки, но у нее, очевидно, есть перспективы развития. На данный момент самым серьезным недостатком является цена. Средства Data Mining относятся к очень дорогим программным инструментам и основные потребители – это крупные торговые предприятия, банки, страховые и финансовые компании. Однако, постепенная популяризация технологии должна привести к появлению более бюджетных программных средств, которыми сможет пользоваться каждый.

Для комплексной реализации аналитических проектов нужно использовать инструменты Data Mining Suit Tools, так как DMST дают возможность использовать полный набор средств интеллектуального анализа данных. Они организуют эффективный поиск знаний в базах данных, поддерживают техноло-



гию «клиент-сервер», которая позволяет проводить эффективный поиск знаний в базах данных (в локальных, удаленных).

Современное состояние технологии анализа больших веб-данных позволяет эффективно обрабатывать объекты данных, выявлять закономерности, получать скрытые данные и получать полноценные статистические данные. Развитие Big Data позволяет наиболее полно учитывать все факторы и риски, влияющие на развитие конкретной компании. Более того, значительный массив информации дает возможность действовать на опережение - проанализировав множество факторов, опередив при этом конкурентов. Вопрос лишь в правильной трактовке, как скоро и верно можно превратить информационный хаос в ценный «информационный ресурс», выяснить, что дает использование этого инструмента экономике в целом. То есть анализ больших данных позволяет нам достичь:

- снижение финансовых рисков;
- увеличение гибкости;
- стремление к большей автоматизации;
- увеличение уровня удовлетворенности клиентов и т.д.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Data mining [Электронный ресурс] // Википедия. — Режим доступа : [https://ru.wikipedia.org/wiki/Data\\_mining](https://ru.wikipedia.org/wiki/Data_mining) (дата обращения: 15.09.22).
2. Луньков, А. Д. Интеллектуальный анализ данных [Электронный ресурс] / А. Д. Луньков, А. В. Харламов // Саратовский национальный исследовательский университет. — Режим доступа : [elibrary.sgu.ru>uch\\_lit/1141.pdf](elibrary.sgu.ru>uch_lit/1141.pdf) (дата обращения : 15.09.22).
3. Барсегян, А. А. Анализ данных и процессов / А. А. Барсегян. — Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2009. — 512 с.
4. Искусственная нейронная сеть [Электронный ресурс] // Википедия. — Режим доступа (дата обращения : 15.09.22). : [https://ru.wikipedia.org/wiki/Искусственная\\_нейронная\\_сеть](https://ru.wikipedia.org/wiki/Искусственная_нейронная_сеть)
5. Барсегян А. А., Куприянов М. С., Холод И. И., Тесс М. Д., Елизаров С.И Анализ данных и процессов 3-е изд. перераб. и доп. СПб.: БХВ-Петербург, 2009. — 512 с. Курейчик, В. М.
6. Об интеллектуальном анализе баз данных для экспертной системы / В. М. Курейчик, Н. А. Полковникова. // Информатика, вычислительная техника и инженерное образование. — 2013. — 2. — С. 39–50. Паклин Н. Б., Орешков В.И Бизнес-аналитика от данных к знаниям — СПб.: Питер ISBN, 2016. — 706

В. С. СЕМЕНОВ, Р. А. ГИЗИТДИНОВ

6591211@mail.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук А. Ю. СЕНЦОВА

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ ОС В ГОСУДАРСТВЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ С УЧЕТОМ НЫНЕШНЕЙ ГЕОПОЛИТИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ**

**Аннотация.** В связи с указом Президента Российской Федерации от 1 мая № 250 «О дополнительных мерах по обеспечению информационной безопасности Российской Федерации» и уходом западных компаний, возникла необходимость перейти на «отечественные» операционные системы, входящие в реестр Минкомсвязи на настоящий момент.

**Ключевые слова:** защита информации; операционная система; импортозамещение; государственные информационные системы.

Сфера информационной безопасности в России пережила за последнее время тектонический сдвиг – наша страна столкнулась со всеми видами атак, многочисленными утечками данных, уходом западных компаний, и даже с угрозой устойчивого функционирования Интернета на территории страны. Текущую ситуацию на российском рынке ИБ можно сравнить с игрой в шахматы, когда ферзь, ладья и другие сильные фигуры вдруг исчезли с доски защищающейся стороны. И эти фигуры надо спешно заменить, одновременно пытаясь какими-то способами увидеть атаки и отбить их пешками. Российский софт сейчас под микроскопом у хакеров и крайне важно, чтобы разработчики ответственно подходили к исправлению уязвимостей.

Разбор возможных атак на ГИС.

Госучреждения традиционно находятся на первом месте по количеству атак – 15% от числа всех атак нацелено именно на них. В основном злоумышленники использовали методы социальной инженерии (50% атак), хакинг (около 25%) и эксплуатацию веб-уязвимостей (17%). По сравнению с прошлым годом заметно увеличилась доля атак, направленных на веб-ресурсы: если ранее они составляли 14%, то сейчас уже 25%. Вероятно, это связано с ростом числа услуг, которые предоставляются онлайн, и увеличивающимся объемом данных в государственных информационных системах.

Объем данных в государственных информационных системах постоянно растет, и в каждом втором случае злоумышленники преследовали цель получе-

ния данных. Одной из наиболее громких атак можно назвать взлом инфраструктуры правительства Аргентины, в ходе которого были украдены персональные данные всего населения страны.

С ростом информатизации и объема данных, которые обрабатываются в государственных информационных системах, вероятнее будет происходить и дальнейшее увеличение числа атак на госучреждения.

Отдельные всплески нелегитимной активности в отношении государственных IT-ресурсов оживляется в преддверии и во время значимых для страны событий, например, в России стимуляция роста в единый день голосования в сентябре. Это могут быть как попытки проникновения в сеть госучреждений и получение доступа к государственным системам, так и DDoS-атаки, атаки с использованием социальной инженерии. В связи с уходом зарубежных компаний из России по причине санкций, 2022 год концептуальное изменение подхода к защите информации, а именно, к обеспечению безопасности персональных данных в сегменте ГИС т.к. число атак, по сравнению с предыдущими годами, увеличилось в несколько раз. Статистика событий, зафиксированных центром мониторинга информационной безопасности представлена на рисунке 1.



Рис. 1. Статистика событий нарушений ИБ

Меры по обеспечению безопасности персональных данных принимаются для защиты персональных данных от неправомерного или случайного доступа к ним, уничтожения, изменения, блокирования, копирования, предоставления, распространения персональных данных, а также от иных неправомерных действий в отношении персональных данных.

Касательно указа Президента Российской Федерации от 1 мая № 250 «О дополнительных мерах по обеспечению информационной безопасности Российской Федерации» органам (организациям) запрещается использовать средства защиты информации, странами происхождения которых являются иностранные государства с 1 января 2025 г. Следовательно, необходимо осуществить переход на отечественное ПО. Так как большинство государственных учреждений использует ОС Windows у которого отозвали лицензию ФСТЭК, что означает наличие недеklarированных возможностей, нужно определить отечественный аналог операционной системы входящий в реестр Минкомсвязи на настоящий момент.

Выбор ОС по методу линейной свертки.

В связи с тем, что вышел Указ Президента РФ от 30 марта 2022г. N 166 “О мерах по обеспечению технологической независимости и безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации” необходимо сделать переход на отечественный софт. Теперь нужно определить «отечественную» операционную систему, входящих в реестр Минкомсвязи на настоящий момент, а именно:

- 1) Astra Linux.
- 2) Base alt.
- 3) Calculate Linux.
- 4) ROSA Linux.

В качестве рассматриваемых показательных критериев были выбраны:

- 1) Стоимость.
- 2) Цена поддержки руб./год.

3) Удобство использования.

4) Требования к Оперативной памяти Гб.

На основе данных приведенных выше составим таблицу 1.

Таблица 1

Критерии и альтернативы

Критерии Название средств	Стоимость	Регистрация событий безопасности	Требования к оперативной памяти	Цена поддержки руб./год
A <sub>1</sub> : «Astra Linux»	11700	1,00	4	5850
A <sub>2</sub> : Base alt	10000	1,00	4	24000
A <sub>3</sub> : «Calculate Linux»	0	0,00	1	Нет поддержки
A <sub>4</sub> : ROSA Linux	12250	1,00	2	8000

Для того, чтобы вычисления были более объективными, необходимо перевести значения критериев в относительные единицы

Пример вычисления  $K_{Cn}$  для функции «удобство использования» для ОС «Astra Linux»:

$$K_{Cn} = (a - \min) / (\max - \min) = (1 - 0) / (1 - 0) = 1.$$

Пример вычисления  $K_{Cn}$  для функции ОС «стоимость» «Astra Linux», приведен ниже:

$$K_{Cn} = (\max - a) / (\max - \min) = (12250 - 11700) / (12250 - 0) = 0,04.$$

Выразим значения характеристик, выбранных «отечественных» операционных систем в относительных единицах. Данное представление показано в таблице 2.

Численные значения критериев в относительных единицах

Критерии Название средств	Стоимость	Регистрация событий безопасности	Требования к оперативной памяти	Цена поддержки руб./год
A <sub>1</sub> : «Astra Linux»	0,04	1	0	1
A <sub>2</sub> : Base alt	0,18	1	0	0
A <sub>3</sub> : «Calculate Linux»	1	0	1	Нет поддержки 0
A <sub>4</sub> : ROSA Linux	0	1	0,66	0,88
$\alpha$	0,2	0,2	0,1	0,5

Рассчитаем обобщенные показатели по операциям агрегатирования по формуле:

$$f = \sum_{n=1}^N \alpha_n K_{Cn} \quad (1)$$

$$f_1 = 0,708 = 0,04 * 0,2 + 1 * 0,2 + 0 * 0,1 + 1 * 0,5$$

$$f_2 = 0,236 = 0,18 * 0,2 + 1 * 0,2 + 0 * 0,1 + 0 * 0,5$$

$$f_3 = 0,3 = 1 * 0,2 + 0 * 0,2 + 1 * 0,1 + 0$$

$$f_4 = 0,706 = 0 * 0,2 + 1 * 0,2 + 0,66 * 0,1 + 0,88 * 0,5$$

На основании метода линейной свертки критериев с весами рациональным вариантом решения является альтернатива A<sub>1</sub>: Astra Linux по обобщенному показателю агрегатирования ( $f_1 = 0,708$ ).

В ОС Astra Linux Special Edition реализованы три уровня защиты:

1) Базовый – «Орел», соответствует действующим условиям лицензирования ОС Astra Linux Common Edition и рекомендуется для обработки и защиты общедоступной информации и информации ограниченного доступа, в том чис-

ле в составе значимых объектов КИИ, ГИС 3 класса защищенности и информационных системах персональных данных 3-4 уровня защищенности.

2) Усиленный уровень защищенности - «Воронеж», рекомендуется для обработки конфиденциальной информации в ГИС, в информационных системах персональных данных, а также в составе значимых объектов КИИ любого класса (уровня, категории) защищенности. Дополнительно используется в других информационных (автоматизированных) системах для обработки информации ограниченного доступа без содержания сведений, составляющих гостайну.

3) Максимальный уровень защищенности - «Смоленск», рекомендуется для обработки информации любой категории доступа в ГИС, в информационных системах персональных данных, в составе значимых объектов КИИ, иных информационных (автоматизированных) системах, обрабатывающих информацию ограниченного доступа, в т.ч. содержащую сведения, составляющие гостайну до степени «особой важности» включительно. В ВКР для целесообразности использования предложено использовать ОС Astra Linux Special Edition с базовым уровнем защищенности Орел.

СМИ сообщают, что в первой половине 2022 года зафиксирован рост количества поставленных в государственные и образовательные организации лицензий на Astra Linux. По сравнению с прошлым годом показатели выросли на 514%.

Эксперты сферы сообщают, что если раньше государственные и образовательные организации только тестировали Astra Linux, то в этом году активно закупают лицензии и переводят ПК на отечественную ОС. Те, кто успел перейти ранее, теперь занимаются закупкой профессионального ПО для Astra Linux.

Как заявляют СМИ, переход на Astra Linux начался не только в высших учебных заведениях, но и в школах. Активнее всего лицензии закупают школы в Смоленской, Белгородской, Орловской, Курской и Свердловской областях, Забайкалье и Пермском крае, а также в Татарстане, Удмуртии и Республике Саха.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный Закон №152. О персональных данных. // Принят Гос. Думой 08.07.2006 г. [Электронный ресурс]. URL: Федеральный закон от 08.07.2006 г. N 152-ФЗ "О персональных данных" (с изменениями и доп... | Система ГАРАНТ (garant.ru).
2. Иванов М.А. Криптографические методы защиты информации в компьютерных системах и сетях. – М.: КУДИЦ–ОБРАЗ, 2001. – 368 с.
3. Климов С.М., Михайлов Р.А., Пальчун Б.П. Техническое регулирование в области обеспечения информационной безопасности // Известия Южного федерального университета. Технические науки. 2003. № 4 (33). С. 40-44.
4. [https://astralinux.axoft.ru/solutions/astra\\_linux\\_special\\_edition\\_os\\_obshchego\\_naznacheniya](https://astralinux.axoft.ru/solutions/astra_linux_special_edition_os_obshchego_naznacheniya)
5. <https://www.ptsecurity.com/ru-ru/research/analytics/kiberbezopasnost-2021-2022-trendy-i-prognozy/>
6. Официальный сайт Федеральной службы по техническому и экспортному контролю [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://fstec.ru>,



**МЕТОДИКА ЗАЩИТЫ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЙ  
С ПОМОЩЬЮ СИСТЕМЫ WAF**

**Аннотация.** В статье представлен обзор технологии WAF. Объяснен основной принцип действия технологии и ее интеграции в систему. Выявлены и описаны существующие уязвимые места и способы их устранения, рассмотрены перспективы технологии в будущем.

**Ключевые слова:** WAF; web-приложения; межсетевой экран; HTTP/HTTPS; Firewall; программно-аппаратные средства защиты.

В связи с быстрым развитием web-сервисов, брандмауэры, такие как Next Generation Firewalls (NGFW) или Intrusion Prevention Systems (IPS), выступающие, как шлюзы для доверенных сегментов сети не обеспечивают полную защиту сетевой инфраструктуры. Также web-приложение довольно легко скомпрометировать используя всего лишь браузер, из-за отсутствия единого стандарта безопасного программирования web-приложений. Самые распространенные атаки на web-ресурсы в основном используют стандартные HTTPS порты (80 и 443), но заблокировать весь трафик нельзя, тогда доступ к web-приложению будет закрыт.

Данную проблему безопасности web-приложений одной из первых смогла решить компания Positive Technologies выпустив Web Application Firewall (WAF). Это межсетевой экран, заточенный конкретно для защиты web-приложений. Он работает на прикладном уровне и анализирует трафик HTTP/HTTPS и семантики XML/SOAP. Устанавливается на физический или виртуальный сервер и позволяет обнаружить различные виды атак.



Рис. 1. Web Application Firewall

Принцип действия этого межсетевого экрана схож с прокси-сервером, также благодаря возможности изучения HTTPS-трафика методом проверки сертификата конкретного сервера, он может выполнять другие полезные операции, например балансировку нагрузки на сервер или терминацию трафика SSL. [1]

### ***Модели безопасности и режимы развертывания***

WAF, как и многие межсетевые экраны работает по принципу двух общепринятых моделей безопасности – отрицательной и положительной.

Предоставляет базовую защиту, как IPS, но использует более высокий уровень оценки безопасности приложений, для этого помимо использования общеизвестных сигнатур наиболее распространенных атак, дополнительно применяет специфические сигнатуры, которые нейтрализуют уязвимости конкретно web-приложений. Например: отрицать определенный потенциально опасный HTTP запрос GET и разрешить все остальное.

В WAF используются правила, которые определяют, что явно разрешено. Например: разрешить только HTTP GET запросы для определенного URL и запретить все остальное.

Для развертки WAF используются два основных режима – Gateway (режим моста или прозрачного прокси) и Monitor (режим сетевого мониторинга через SPAN порт). [2]

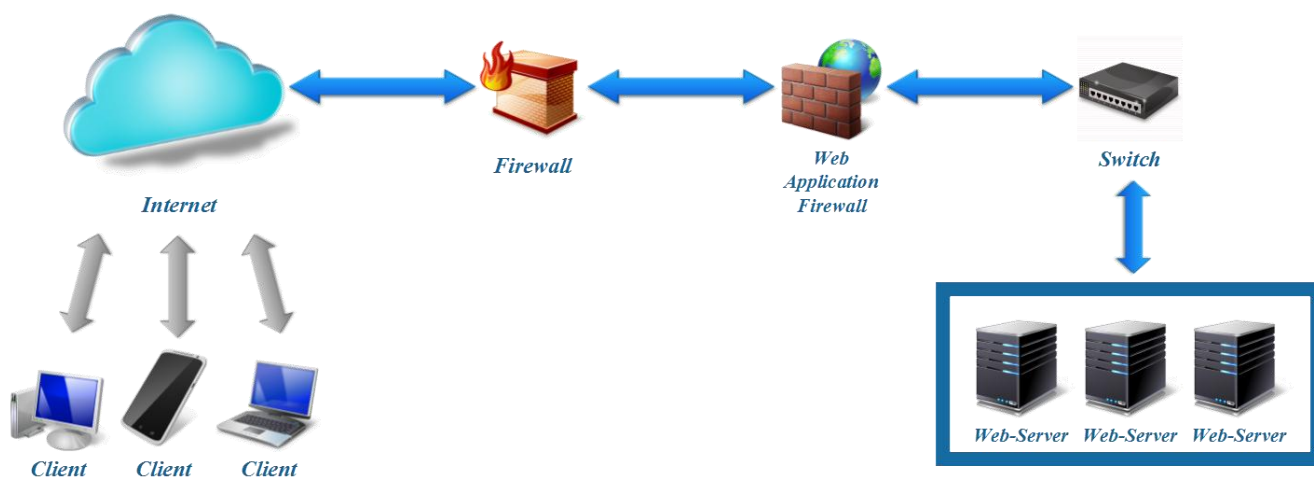


Рис. 2. Типичная схема развертывания WAF в режиме Gateway

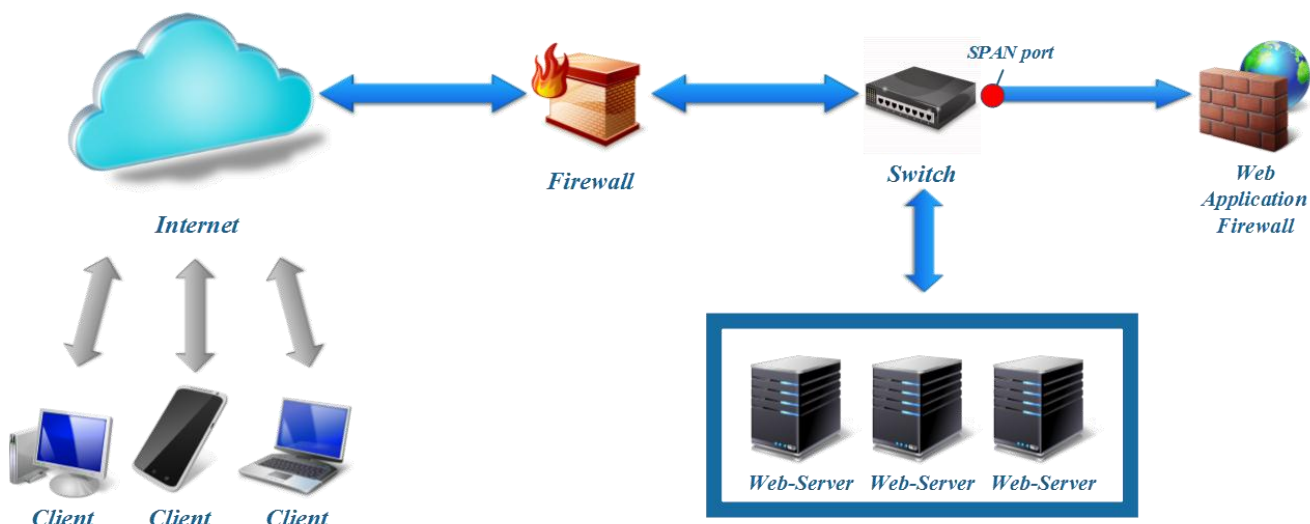


Рис. 3. Типичная схема развертывания WAF в режиме Monitor

### ***Принцип работы***

В WAF данные проходят через все базовые уровни: firewall web-приложений, который позволяет обнаружить уязвимость, проанализировать ответы серверов, опросить конечные точки, сигнатурный анализ и защиту от DDoS-атак. Также WAF способен обнаружить неправомерную активность в браузере.

Если WAF обнаружил атаку, он начинает проверять информацию в конкретных запросах, исследовать поведение с помощью специальных алгоритмов.

Firewall web-приложений может работать в форме контейнера, интегрируясь с шиной передачи данных, а может быть внедрен и другими методами, к примеру, в формате фильтра запросов на вход в среду виртуализации, то есть в роли IP-шлюза.

WAF можно развернуть используя формат SaaS, то есть в облаке, при этом сохраняется полный доступ к приложению и его администрирование. [3]

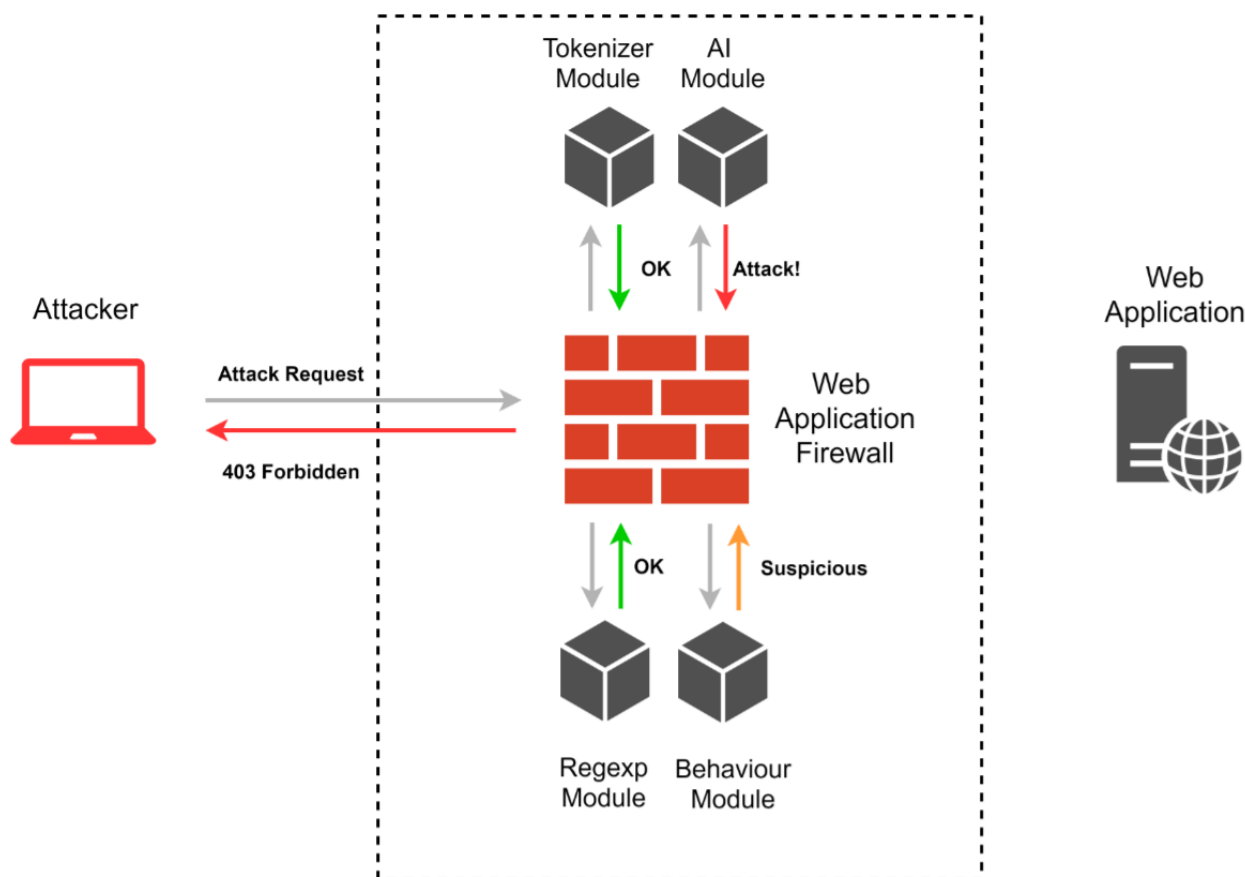


Рис. 4. Структура работы WAF

### ***Ключевые возможности***

- Имеется поддержка PCI DSS Requirements, используемые для обработки данных банковских карт.
- С помощью активной политики или набором правил моментальная реакция на всевозможные угрозы и атаки
- Полная проверка всего трафика HTTP/HTTPS с последующим принятием решения – разрешить, заблокировать, предупредить
- Поддержка проверки множества форматов web-контента: HTML, DHTML, CSS и т.д. и протоколов доставки web-контента.
- Протоколирование событий в журнале, предотвращение утечки данных посредством проверки исходящего трафика
- Проверка сообщений от web-сервисов, использует проверки SOAP, XML, RPC.

- Проверка любого протокола или конструкции данных, которые используются для передачи данных в/из web-приложения.
- Защита от угроз, направленных на WAF
- Терминация SSL и/или TLS (расшифровка и проверка трафика перед отправкой к web-приложению). [4]

### ***Интеграция в систему***

Для поэтапного внедрения в систему необходимо выбрать провайдера и определить архитектуру, определить способ резервирования данных и только после этого выполнить развертывание WAF, оно может быть программным или программно-аппаратным.

После успешного развертывания необходимо провести тестирование, обычно эти мероприятия занимают месяц, далее проводится статистический анализ и окончательно калибруется WAF, для предотвращения блокировки безопасного трафика.

Для тонкой настройки фильтров необходимо провести анализ «хороших» входов, для пропускания их в приложения и «плохих» входов, для блокировки. Фильтры очень эффективны, особенно по борьбе с XSS-атаками и SQL-инъекциями, но необходимо их постоянно корректировать при каждом изменении приложения.

После окончательной настройки необходимо определить степень задержки трафика, если она будет критичной, производительность будет крайне мала и нужно будет оптимизировать задачи.

WAF может работать в комплексе с другими системами защиты: DLP-системы (Data Loss Prevention, предотвращение утечки данных), NGFW, SIEM-системы (Security information and event management), песочницы, сканеры уязвимостей, антивирусные ядра, а также средства безопасности внутри платформы Kubernetes. [5]

## Способы обхода

Как и любая система WAF имеет свои недостатки и методы обхода, хакеры постоянно ищут новые способы и самым популярным является метод, при котором запрос необходимо привести к виду, когда он понятен для web-приложения, но не понятен или кажется «хорошим» для WAF.

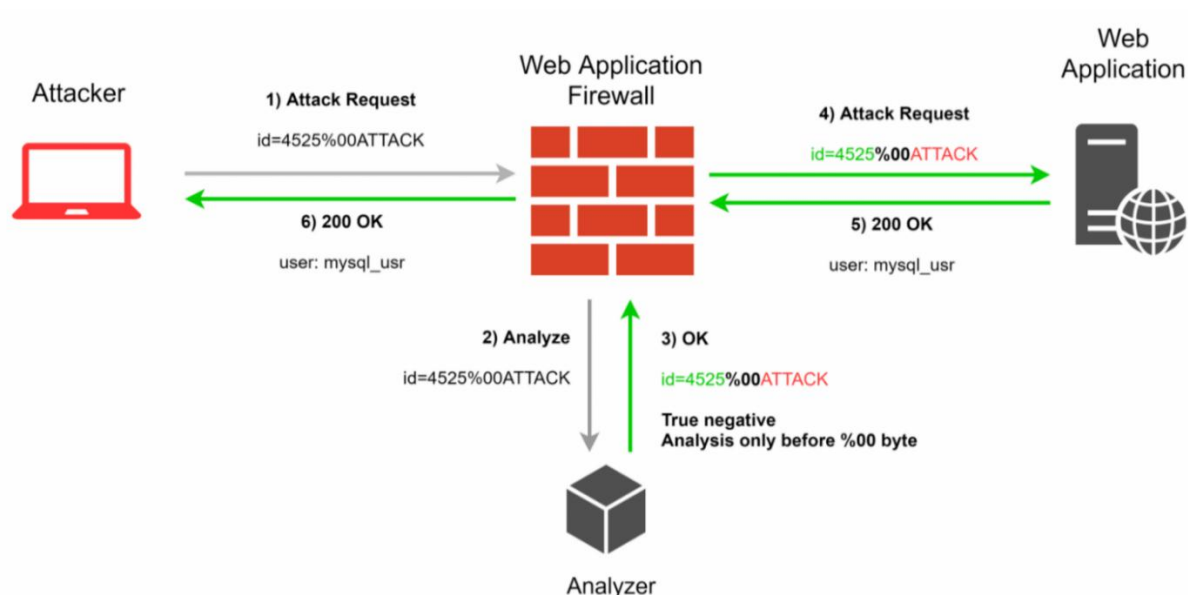


Рис. 5. Пример классической атаки

Специальные символы из ASCII-таблицы и кодировка может сбить с толку WAF, но успешно атаковать web-приложение, например кодировка `urlencode` игнорировалось WAF, но эта проблема уже давно устранена.

Замена пробельных символов на похожие символы нарушает логику WAF. Например, вместо символа `0x20` (Space) можно везде ставить `0x0B` (Vertical Tab), `0x09` (Horizontal tab). Используя SQL, можно подменять пробелы на разделяющие конструкции.

Можно кодировать части кода различными кодировками, возможно WAF раскодирует только одну часть, а оставшуюся пропустит, с толку сбивает и экранирование некоторых специальных символов, среди которых можно засунуть вредоносный код.

Использование экзотических синтаксических конструкций, который мог не учесть разработчик WAF, либо вектор отсутствовал в обучающей выборке

для машинного обучения. В качестве простых примеров можно привести некоторые функции javascript: this, top self, parent, frames, свойства тэгов: data-bind, ontoggle, onfilterchange, onbeforescriptexecute, onpointerover, srcdoc и операторы SQL: lpad, field, bit\_count. Большинство WAF для защиты от данной атаки внесли в черные списки ключевые слова url, capacity, label которые использовались в большинстве статей о уязвимостях.

Атаки NPP и HPF с которыми WAF не всегда удачно справляется. В атаке NPP используется особенность обработки сервером параметров с одинаковыми именами. Атака HPF заключается в том, что если логика веб-приложения объединяет в запросе два и более параметра, то злоумышленник может разбить свой запрос на части, и тем самым обойти некоторые проверки WAF.

У WAF также могут быть проблемы с пониманием Unicode-символов. Из-за большого разнообразия Unicode-символов, многие символы нормализуются к одному типу, WAF можно запутать, используя разные такие, вот символы в одинаковых конструкциях.

Атаки, направленные на токенайзеры, связаны с попытками нарушить логику разбиения запроса на токены с помощью так называемых токен-брейкеров. Это такие символы, которые позволяют влиять на выбор соответствия элемента строки определенному токenu, и тем самым обойти поиск по сигнатурам. [6]

### ***Перспективы развития***

Постоянное появление новых алгоритмов поведенческого анализа, который позволяет отличать обычных пользователей от ботов. Улучшение машинного обучения для WAF, позволит научиться распознавать новые способы обхода и сразу их блокировать. Также планируется появление WAF для конкретных типов приложения, что позволит сконцентрироваться на конкретных уязвимостях в одной сфере: банковские системы, ERP-системы, приложения телекоммуникации и т.д. [7]

## ***Вывод***

WAF на рынке является самым главным элементом безопасности всех web-ресурсов. С развитием и постоянным усложнением web-ресурсов растет и количество задач по обеспечению их безопасности, в наше время WAF это не просто отдельный межсетевой экран, а целый комплекс из различных программно-аппаратных средств. Но полагаться только на WAF нельзя, проблема в том, что невозможно заложить все варианты входных и выходных данных, хакеры постоянно находят новые методы обмануть WAF, для полноценной защиты своих web-ресурсов, необходимо еще и грамотно писать программный код, чтобы минимизировать возможные риски.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

- 1.. All Technical Assistance. [В Интернете]. Available: <http://allta.com.ua/nashiresheniya/informacionnaya-bezopasnost/waf>
2. ITglobal. [В Интернете]. Available: <https://itglobal.com/ru-ru/company/glossary/waf/>
3. LWCOM. [В Интернете]. Available: <https://lwcom.ru/blog/web-application-firewall-zashchita-saytov-i-prilozheniy/>
4. Positive Technologies. [В Интернете]. Available: <https://habr.com/ru/company/pt/blog/269165/>
5. Tadviser. [В Интернете]. Available: <https://www.tadviser.ru/>
6. Digital Security. [В Интернете]. Available: <https://habr.com/ru/company/dsec/blog/340144/>
7. Anti-Malware. [В Интернете]. Available: [https://www.anti-malware.ru/analytics/Technology\\_Analysis/Web-Application-Firewall-Choice-and-Perspectives#part2](https://www.anti-malware.ru/analytics/Technology_Analysis/Web-Application-Firewall-Choice-and-Perspectives#part2)



УДК 004.056.52

Д. С. ГУМАНОВ

*duck102rus@gmail.com*

Науч. руковод. – Л. Е. РОДИОНОВА

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **СТРУКТУРА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ УЧРЕЖДЕНИИ**

*Аннотация.* В статье представлен анализ понятия вычислительной техники, защита информации, а также их эволюция и использование.

*Ключевые слова:* защита информации, аппаратное обеспечение, шифрование, информационная безопасность,

### ***Введение***

Вычислительная техника – комплекс инженерных и математических средств, способов и приемов, применяемых с целью облегчения и форсирования постановления сложных задач, связанных с обработкой информации, в частности числовой, путем неполной либо абсолютной автоматизации вычислительного процесса. По степени универсальности средства вычислительной техники подразделяют на многоцелевые и специализированные. По степени автоматизации разделяются на вычислительные инструменты и приборы и комплексные машины. Находят собственное использование в различных областях научной деятельности, в системах автоматического и автоматизированного вычисления, при планировании и учете, в информационно-поисковых системах. Вычислительной техникой называют науку о принципах построения, воздействия и проектирования перечисленных средств. Возникновение экономичных микропроцессоров и компьютерная революция гарантировали проникновение вычислительной техники практически во все сферы человеческой деятельности, совершив ее приоритетным направлением научных и прикладных исследований. Обычно в информатике и вычислительной технике разделяют вопросы аппаратного обеспечения и программного обеспечения, при этом они неразделимо объединены, так как аппаратные возможности формируют их микропро-

граммным обеспечением, а исполнение программ возможно только с использованием техники. Кроме ПК(персональный компьютер), в современной вычислительной технике представляют немаловажную значимость телекоммуникации и вычислительные сети, позволяющие создавать сложные вычислительные системы, наиболее масштабной из которых является Интернет.

### ***Аппаратное и программное обеспечение***

Аппаратное обеспечение, - это обобщенное название оборудования, на котором работает компьютер, в широком смысле это, электронные и механические части вычислительного устройства, вступающие в структуру системы или сети, за исключением программного обеспечения и данных. Аппаратное обеспечение включает: компьютеры и логические устройства, внешние устройства и диагностическую технику, энергетическое спецоборудование, батареи и аккумуляторы. К аппаратному обеспечению принадлежат устройства, образующие конфигурацию компьютера. Различают внутренние и внешние устройства. Согласование между отдельными узлами и блоками выполняется с помощью аппаратно-логических устройств, называемых аппаратными интерфейсами; стандарты на аппаратные интерфейсы называют протоколами. Персональный компьютер – многоцелевая техническая система, форму которой можно изменять по мере необходимости.

Программное обеспечение (ПО) – программа или множество программ, применяемых с целью управления компьютером. Существуют и другие определения из международных и российских стандартов: комплекс программ системы обработки данных и программных документов, требуемых с целью эксплуатации этих программ без исключения либо часть программ, операций, законов и надлежащей документации системы обработки информации компьютерные программы, процедуры и, возможно, соответствующая документация и данные, относящиеся к функционированию компьютерной системы. Программное обеспечение считается одним из типов обеспечения вычислительной системы,

наравне с техническим (аппаратным), математическим, информационным, лингвистическим, организационным, методическим и правовым обеспечением.

### ***Принцип работы вычислительной техники. Понятие и Основные виды ЭВМ***

Главным различием вычислительной машины от подобных счетных устройств, как счеты, арифмометр, калькулятор, состоит в том, что вся очередность команд на расчет заранее заносится в память вычислительной машины и производится поочередно автоматически. Впервые принцип вычислительной машины с автоматическим исполнением команд предложил американский ученый Джон фон Нейман. Он описал главные участки, которые обязана включать в себя такая машина: память, представлявшей собой набор регистров, арифметико-логическое устройство (АЛУ), аппарат ввода-вывода и устройства управления (УУ)

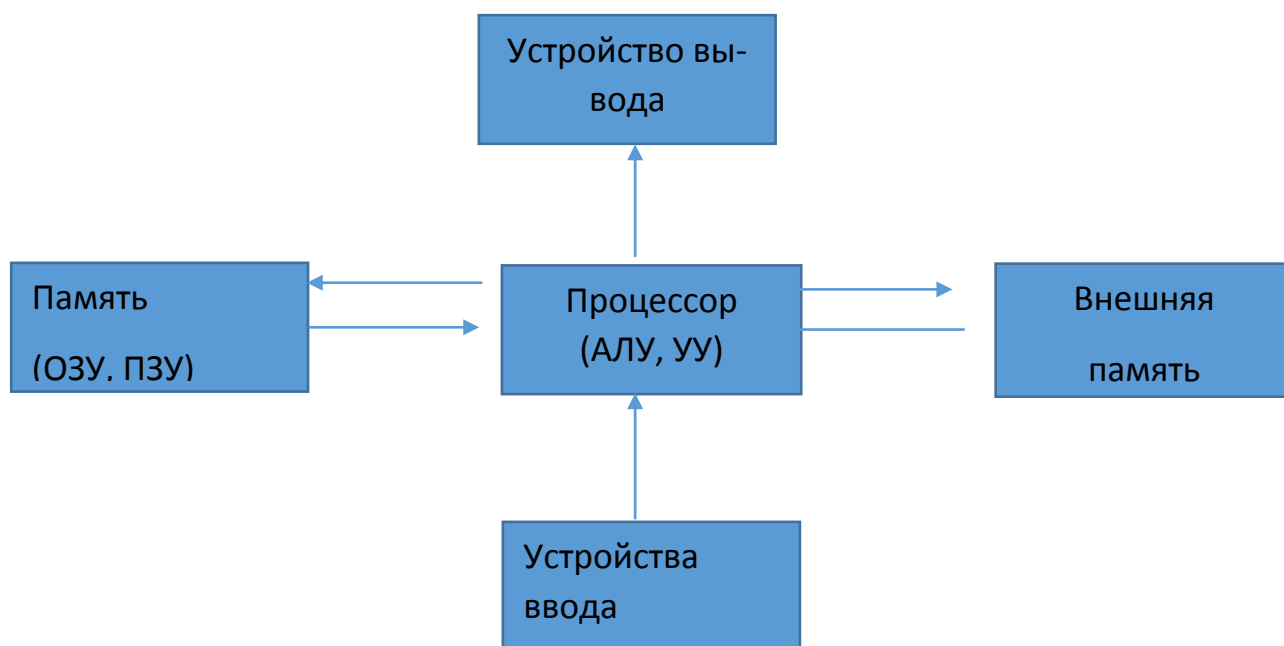


Рис. 1. Архитектура ЭВМ, построенная на принципах фон Неймана.

В выстроенной согласно по описанию схеме ЭВМ совершается поочередное считывание команд из памяти и их осуществление. Номер (адрес) следующей ячейки памяти, из которой будет извлечена последующая команда про-

граммы, указывается особым устройством - счетчиком команд в устройстве управления (УУ).

Шинная (магистральная) архитектура ЭВМ – Отличается наличием программируемых контроллеров внешних устройств, что послужило значимой отличительной чертой машин третьего и четвертого поколений. Контроллер можно расценивать как специализированный микропроцессор, руководящий работой внешнего устройства. Такого рода процессор имеет собственную систему команд. К примеру, контроллер накопителя на гибких магнитных дисках (дисковода) умеет позиционировать головку в необходимую дорожку диска, читать или фиксировать сектор, форматировать дорожку и многое другое. Итоги исполнения каждой операции записываются во внутренние регистры памяти контроллера и могут быть в дальнейшем прочитаны центральным процессором. Центральный процессор при потребности произвести обмен, выдает задание на его реализацию контроллеру. Последующий обмен информацией способен исполняться под управлением контроллера без участия центрального процессора. Последний получает возможность «заниматься своим делом», т.е. выполнять программу дальше (если по данной задаче до завершения обмена ничего сделать нельзя, то можно в это время решать другую).

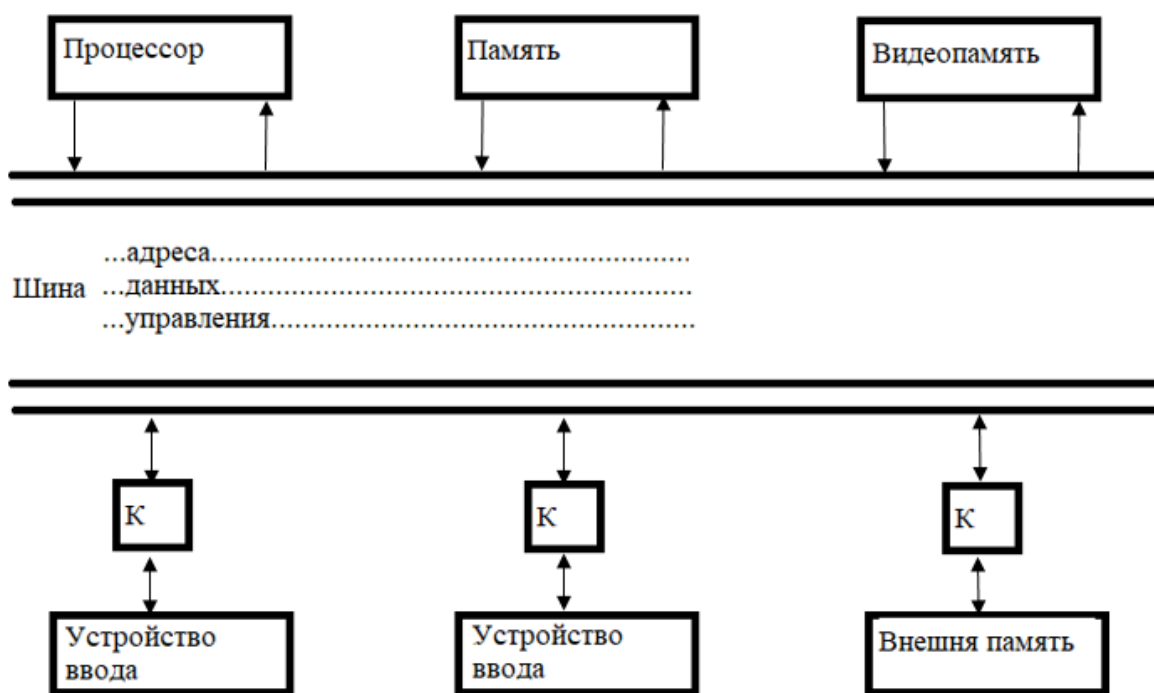


Рис. 2. Шинная (магистральная) архитектура ЭВМ

Изображенную схему легко дополнять новыми устройствами – данное свойство называют открытостью архитектуры. Для пользователя открытая архитектура - значит возможность свободно выбирать состав внешних устройств для своего компьютера, т.е. настраивать его в зависимости от области разрешаемых вопросов.

В результате рассмотрев понятия вычислительной системы, сформулируем определение. Вычислительная система - комплекс аппаратно программных средств, образующих единую среду, специализированную с целью решения задач и обработки информации. В целях избегания утечки данных и обеспечением информации безопасности, надлежит защищать информационные данные и поддерживать инфраструктуру от ненамеренного или преднамеренного вмешательства, что способно стать причиной потери данных или их несанкционированного изменения.

### ***Защита информации***

Применительно к компьютерной обработке данных под информацией подразумевают определенную последовательность символических обозначений, несущую смысловую нагрузку и представленную в понятном компьютеру виде. Каждый новый символ в такой последовательности символов повышает информационный объем сообщения.

Основные виды информации по ее форме представления, способам ее кодирования и хранения:

– графическая или изобразительная - первый вид, для которого был реализован способ хранения информации в виде картин, фотографий, схем, чертежей на бумаге, холсте и др. материалах, изображающих картины реального мира.

– звуковая - ее разновидностью является музыкальная информация - для этого вида был изобретен способ кодирования с использованием специальных

символов, что делает возможным хранение ее аналогично графической информации.

– текстовая - способ кодирования речи человека специальными символами, буквами, причем разные народы имеют разные языки и используют различные наборы букв для отображения речи.

– числовая - аналогично текстовой информации для ее отображения используется метод кодирования специальными символами – цифрами.

– видеоинформация - способ сохранения картин и видео окружающего мира, появившийся с изобретением кино.

Информационная безопасность, как и защита информации, задача комплексная, направленная на обеспечение безопасности, реализуемая внедрением системы безопасности. Проблема защиты информации является многоплановой и комплексной и охватывает ряд важных задач.

### ***Основные методы защиты информации***

– Технические средства защиты. Подразделяется на аппаратный и физический. Способ физической защиты и препятствования доступу злоумышленников к информационному ресурсу, его носителям, аппаратуре при помощи разнообразных приспособлений. К техническим средствам относятся всевозможные замки, пломбы, источники бесперебойного питания и т.д. К Аппаратным средствам относятся: генераторы шума, сетевые фильтры, сканирующие радиоприемники и множество других устройств, «перекрывающих» потенциальные каналы утечки информации или позволяющих их обнаружить.

– Организационные методы защиты информации. Разработка внутренней нормативной документации, в которой должны быть установлены правила работы с конфиденциальной информацией и компьютерной техникой. Внедрение программных комплексов и иерархии пользователей, которые защищают информацию от редактирования или удаления любым пользователем. Разграниче-

ние зон ответственности для исключения ситуаций, когда наиболее важная информация находится в доступе только одного сотрудника.

– Идентификация и Аутентификация. Идентификация - установление тождественности неизвестного объекта известному на основании совпадения признаков; распознавание. Аутентификация - процедура проверки подлинности, пользователя путем сравнения введенного им пароля с паролем, сохраненным в базе данных.

– Шифрование. Какой-либо файл подвергшийся шифрованию представляет собой закрытый текст или графическое изображение документа.

Разобрав основные методы защиты, в целях сбора статистики об осведомленности людей о методах защиты информации, был составлен и проведен опрос в образовательном учреждении высшего образования.

### **Статистика**

По итогам проведения опроса, был выявлен уровень знаний защиты информации. Количество принявших участие – 71.

На диаграммах ниже представлены соотношения полов и возраст участников

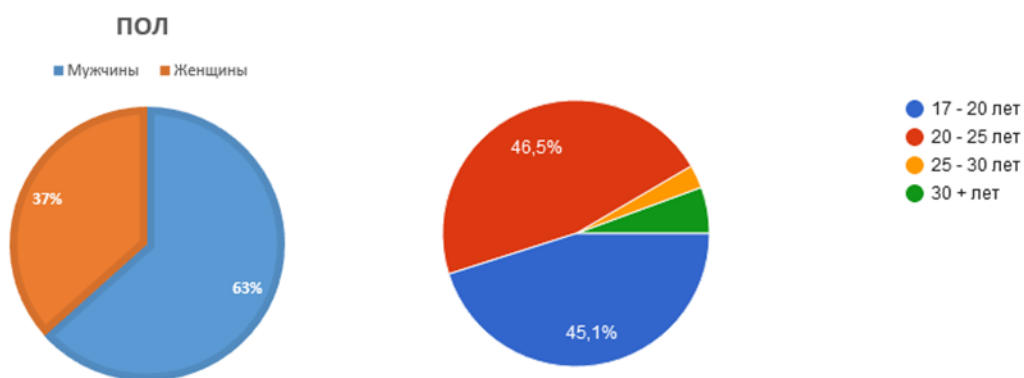


Рис. 3. Пол и возраст

Исходя из данных, большее количество участников – мужчины, среднего возраста 20 – 25 лет.

Следующая диаграмма отображает знание базовых методов защиты информации.

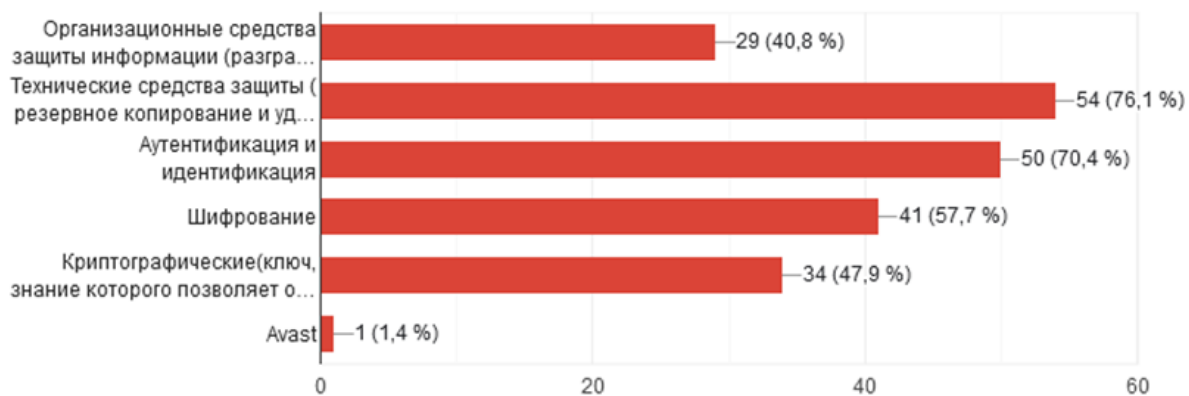


Рис. 4. Основные методы защиты информации

Самыми популярными из методов оказались технические средства защиты и Аутентификация и идентификация.

На нижеуказанной диаграмме показаны способы защиты информации которые используют участники

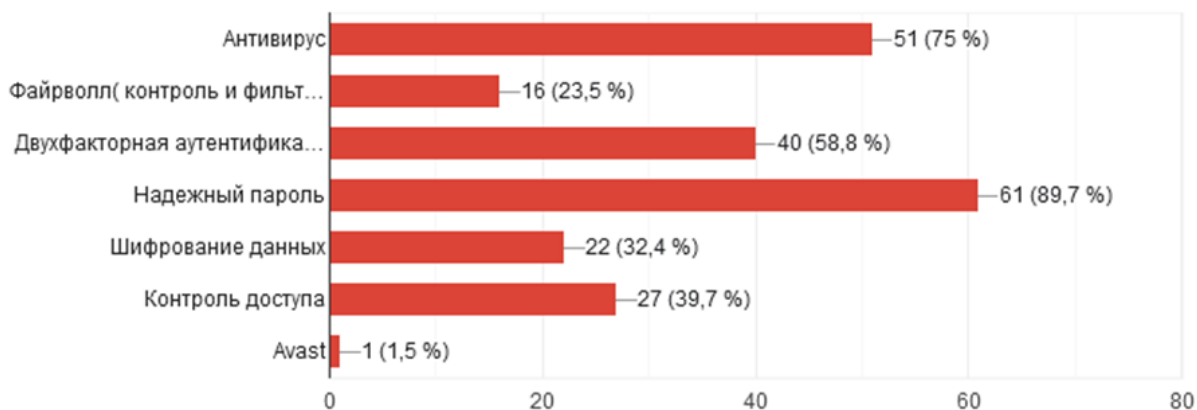


Рис. 5. Способы которые используют участники

Большее количество участников пользуются лишь надежным паролем и антивирусом.

Далее представлены данные, что понимают под надежным паролем





Рис. 6. Сложность пароля

Это пароль повышенной сложности состоящий из комбинации строчных и заглавных букв с цифрами и символами.

Говоря о безопасности необходимо обратить внимание на использование одного и того же пароля на нескольких ресурсах сразу

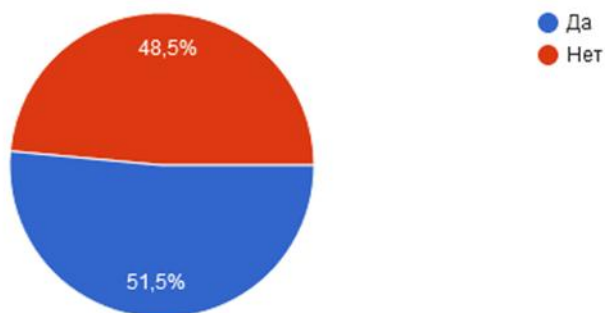


Рис. 7. Использование пароля на нескольких ресурсах сразу

Большинство пользователей использует один и тот же пароль на нескольких ресурсах сразу.

### ***Заключение***

Таким образом следует сделать вывод, что защита информации является неотъемлемой частью работы с вычислительной техникой, позволяющая скрыть от похищения либо раскрытия, как личных данных, так и данные компаний.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Павел Хорев. Программно-аппаратная защита информации.
2. Методы и средства защиты информации. Режим доступа: <http://krotpovorot.narod.ru/mszki.pdf>
3. Защита информации. Защита файлов и папок: маскирование и указание неверного пути. Режим доступа: [https://studref.com/441529/informatika/zaschita\\_informatsii\\_kurs\\_lectsiy](https://studref.com/441529/informatika/zaschita_informatsii_kurs_lectsiy)
4. Методы и способы защиты информации. Режим доступа: <https://www.anti-malware.ru/practice/methods>
5. Вычислительная техника. Режим доступа: <https://otus.ru/journal/elektronno-vychislitel'naya-tehnika-s-chego-vse-nachalos/>
6. Валерий Гуров. Информационные основы вычислительной техники.
7. Основные типы средств вычислительной техники. Режим доступа: <https://studfile.net/preview/7497329/page:12/>
8. Илья Тюрин. Вычислительная техника и информационные технологии. Учебное пособие.

УДК 004.056

В. В. УРАЗАЕВ

*v.urazaev@yandex.ru*

Науч. руковод. – д-р техн. наук, доц. А. М. ВУЛЬФИН

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **РАСШИРЕНИЯ БРАУЗЕРОВ: ОЧЕРЕДНАЯ УГРОЗА ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

**Аннотация.** В статье рассматриваются риски использование расширений браузеров и угрозы, которые они могут нести.

**Ключевые слова:** расширение, угроза безопасности, уязвимость браузера, учетные данные, рекламное ПО, троянское ПО.

Расширение браузера – это полезный инструмент, расширяющий возможности пользователя. Но за полезными функциями может скрываться большой риск информационной безопасности.

Под видом популярных и проверенных дополнений могут распространяться вредоносные, которые, помимо показа рекламных объявлений, могут нести угрозу учетным данным пользователя.

Часто зловредные расширения можно найти в официальном интернет-магазине браузера. В 2020 году из интернет-магазина Google Chrome было удалено 106 расширений, установленных в общей сумме 32 миллиона раз. Они собирали пользовательские данные, среди которых учетные данные, cookie файлы, история просмотра веб страниц и, даже, сделанные скриншоты экрана.

Помимо отдельных пользователей, от зловредных расширений пострадали также ряд компаний. Расширение на компьютере одного из работников может стать точкой входа, которую злоумышленники используют для дальнейшего распространения по корпоративной сети.

Одним из способов защиты от зловредных расширений является проверка запрашиваемых разрешений. Тем не менее, даже базовые расширения могут потребовать право на «просмотр и изменение ваших данные на всех сайтах». Разрешение подобных прав дает разработчикам потенциальную возможность

собирают огромные объемы данных по действиям пользователя в Интернете, чтобы затем продать их третьим лицам или передать в рекламные агентства. Еще больший риск несут пользователи, чьи данные не были обезличены.

Однако, даже принятие минимальных разрешений расширения может не спасти пользователя от зловредов. Автоматические обновления, не запрашивающие согласия пользователя, могут превратить легитимное дополнение в нежелательное или, даже, опасное. Если разработчик популярного расширения продаст его новым владельцам, существует риск, что в него может быть встроен вредоносный код, что приведет к установке рекламного ПО большому количеству пользователей.

### ***Распространение вредоносных расширений***

Опираясь на исследование «Лаборатории Касперского», можно сделать вывод об уменьшении количества загружаемых нежелательных расширений в сравнении с 2020 годом: 3 660 236 пользователей в 2020 году, 1 823 263 пользователей в 2021 году и 1 311 557 пользователей в первом полугодии 2022 года. Тем не менее, вероятно, в 2022 году количество вредоносных программ, распространяемых под видом расширений, будет в 1.5 – 2 раза больше чем годом ранее.

По данным «Лаборатории Касперского» наиболее распространенная угроза, скрывающаяся под видом расширений – рекламное ПО. Такие программы анализируют действия пользователей в сети, в том числе историю поиска и посещенных веб-страниц, для того чтобы показывать таргетированную рекламу. Также некоторые зловреды перенаправляют пользователей на реферальные сайты, увеличивая таким образом заработок своих владельцев. По данным исследования, в первом полугодии 2022 года свыше 1 миллиона пользователей установили себе рекламное ПО под видом расширения браузера.

Менее популярным оказалось вредоносное ПО. С 2020 по 2022 год более 2.6 миллионов пользователей установили его под видом расширений. Такие

расширения собирают учетные данные, cookie файлы и буфер обмена, а некоторые, даже, считывают нажатия клавиш.

Распространенные нежелательные расширения можно условно разделить на 4 семейства: WebSearch, DealPly, AddScript, FB Stealear

### ***WebSearch***

За первое полугодие 2022 года лидерство среди рекламных программ по распространению заняли зловред семейства WebSearch. KIS детектирует такие угрозы как not-a-virus:HEUR:AdWare.Script.WebSearch.gen. 876 924 уникальных пользователя столкнулись с представителями семейства WebSearch. Обычно они маскируются под инструменты для работы с документами, например, инструменты для конвертации документов различных форматов или объединения файлов. После установки, зловреды WebSearch сразу меняют домашнюю страницу браузера. Вместо стандартной поисковой страницы Google пользователи сталкиваются с мини-сайтом, содержащем поисковую строку и реферальные ссылки на сторонние ресурсы, такие как, AliExpress или Farfetch. Такие ссылки являются частью партнерской программы, что позволяет злоумышленникам получать прибыль за счет пользователей, загрузивших нежелательное расширение.

Кроме того, расширения изменяют в браузере поисковую систему по умолчанию, вместо нее пользователь видит поисковую строку search[.]myway[.]com. При ее использовании пользователю будут показываться результаты поиска, связанные с партнерскими сайтами. Такое поведение поисковой системы может не только мешать пользователю, но и представлять непосредственную угрозу для его учетных данных, так как партнерские сайты могут вполне оказаться фишинговыми.

Наиболее подвержены угрозам данного семейства сотрудники, которые устанавливают расширения для просмотра или конвертации PDF-файлов, так как именно под этими функциями чаще всего маскируется WebSearch. Для того

чтобы закрепиться в браузере и не быть удаленными, часто такие расширения, даже, выполняют заявленные легитимные функции, необходимые пользователю.

Расширения, принадлежащие к семейству WebSearch и их идентификаторы:

– EasyPDFCombine: *kpсjрoifmоtтmоiiаtеrоmbрeоaеhfh*;

– PDF Viewer & Converter by FromDocToPDF: *mаllрeјgеаfdаhhlmlі-іаhјdрgbeрk*;

– EasyPDFCombine: *fnсbkmmlсeһһірmmоfdһeјсggdарсmоn*;

– OnlineMapFinder: *сeрoaldсnmһeсһасafgаgdkklсogkgd*;

– EasyDocMerge: *mаblоidgоdmbnmnhоenmһlcјkfelomgp*.

Они уже удалены из официального магазина, но могут быть установлены из сторонних ресурсов.

### ***DealPly расширения***

DealPly – это семейство рекламного ПО, за которым ведется наблюдение с 2018 года, однако и на сегодняшний день оно широко распространено. KIS детектирует семейство угроз следующими форматами: HEUR:AdWare.Script.Generic и HEUR:AdWare.Script.Extension.gen.

За первое полугодие 2022 года расширения этого семейства были загружены 97 515 уникальными пользователями.

Если в случае семейства WebSearch вредоносные расширения устанавливались самими пользователями, то расширения семейства DealPly устанавливаются рекламной программой DealPly, детектируемой KIS как not-a-virus:AdWare.Win32.DealPly. Наиболее распространенный способ попадания DealPly в систему – загрузка вместе со взломанными версиями ПО из непроверенных источников. Начальные действия расширений рассматриваемого семейства такие же как у расширений семейства WebSearch: замена стартовой стра-

ницы браузера, поисковой строки по умолчанию, а также установка ссылок на партнерские сайты.

Расширения анализируют все запросы, введенные пользователем в новую строку поиска и сопоставляют их с наборами ключевых слов, после чего направляют пользователя на релевантные партнерские сайты. Для того чтобы перехватывать запросы пользователей, расширения подменяют поисковую систему, используемую по умолчанию.

Закрепляет DealPly свои расширения изменяя реестр windows. Новая запись в реестр со значением `juwaka[.]com/update` позволит браузеру загружать обновления с сайта злоумышленника. Это позволит закрепиться нежелательному расширению: даже, если пользователь удалит его, расширение будет повторно загружено браузером с сервера злоумышленника.

DealPly часто маскируется под KMS-активаторы и читы для компьютерных игр, а также распространяясь под видом взломанных установщиков различного ПО.

Расширения, принадлежащие к семейству DealPly и их идентификаторы:

- Internal Chromium Extension: *bifdhahddjdbjmiেকcnmeiffabcjgh;*
- Internal Chromium Extension: *ncjbeingokdeimlmolagjaddccfdlkbd;*
- Search Manager: *nahhmpbckpgdidfnmfkgiflpjijlce;*
- Search Manager: *pilploabdedfmialnfchjomjmpjcoej.*

### ***AddScript***

Следующее семейство угроз – AddScript – также скрывается под видом расширений. Известные с 2019 года, в первой половине 2022 года они были установлены 156 698 уникальными пользователями.

Представители этого семейства обычно маскируются под расширения загрузки видео и музыки с веб-страниц, маскируя свою вредоносную деятельность легитимными функциями. KIS детектирует расширения семейства как `HEUR:Trojan.Script.Generic`.

В обфусцированном коде расширения прописан адрес командного сервера злоумышленника. Обращаясь к командному серверу, расширение загружает вредоносный JavaScript код и запускает его незаметно для пользователя.

Сам вредоносный скрипт способен выполнять различные действия, нацеленные на принесении прибыли злоумышленнику. Среди таких функций есть скрытый просмотр видеороликов, а также загрузка cookie файлов на устройство пользователя. В первом случае автор зловреда зарабатывает в зависимости от количества просмотров, полученных с помощью расширения. Во втором случае схема заработка немного усложняется: поддельные cookie файлы сигнализируют сайту, что пользователь попал на него используя партнерскую ссылку. Таким образом злоумышленник зарабатывает на действиях пользователя, имитируя свое участие в реферальной системе.

Расширения, принадлежащие к семейству AddScript и их идентификаторы:

- friGate3 proxy helper: *hdbipekpdpggjaipompmnomhccfemaljm;*
- SaveFrom.net: *lfedlgnabjompjngkpddclhgcmeklana;*
- Helper (поиск товаров по выгодным ценам): *aonedlchkbicmhepimi-ahfalheedjgbh;*
- Y2Mate – загрузка видео: *oobppndjaabcdladjeehddkkgccfcfn.*

### ***FB Stealer***

Очередное семейство вредоносных расширений – FB Stealer. Однако, помимо нежелательного воздействия, это семейство также несет риск безопасности учетных данных пользователя. Расширения семейства не только подменяют поисковую систему, но и пытаются украсть учетные данные пользователя от Facebook. За первую половину 2022 года под воздействие FB Stealer попали 3077 уникальных пользователей.



Обычно FB Stealer попадает на устройство через троянское ПО NullMixer, распространяемое под видом взломанных программ в архиве, защищенном паролем.

Активация расширения происходит следующим образом: из раздела ресурсов исполняемого файла NullMixer в директорию %AppData%\Local\Google\Chrome\User Data\Default\Extensions копируются файлы расширения, после чего установщик модифицирует файл Secure Preferences, тем самым изменяя настройки браузера и, как следствие, информацию о расширениях.

FB Stealer, аналогично другим семействам, подменяет поисковую систему cтcodeinfo[.]com. Помимо этого, зловред извлекает идентификационные данные - cookie файлы сеансов Facebook и отправляет их на свои серверы. С помощью них злоумышленник может попасть в аккаунт пользователя, изменить учетные данные и под видом пользователя рассылать сообщения с целью заработка на доверии людей.

Расширения, принадлежащие к семейству AddScript и их идентификаторы:

- Google Переводчик: *colgdlijdieibnaccfdcdbpddffofkfeb;*
- Google Переводчик: *fdempkefdmgfcogieifmnadjhohaljcb.*

### **Выводы**

Расширения браузеров представляют удобный инструмент, успешно помогающий пользователям решать повседневные задачи, однако в условиях слабого контроля за их распространением и простотой установки, для злоумышленника расширения становятся удобным способом заработка. Не обязательно отказываться от использования доступного функционала расширений, но следует каждый раз обращать внимание на репутацию разработчика расширения и на разрешения, которые это расширение запрашивает.

Также стоит придерживаться следующих правил, чтобы сделать работу с расширениями не только удобной, но и безопасной:

– Следует загружать расширения только из доверенных источников и официальных интернет-магазинов браузеров;

– Перед установкой необходимо проверить какие права запрашивает расширение:

– Необходимо контролировать состав установленных расширений, хорошей практикой является периодическая проверка установленных дополнений и удаление неиспользуемых расширений;

– Хорошим решением будет использование защитных решений, поддерживающих блокировку подозрительных соединений.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Опасные расширения браузеров: как распознать угрозу: [Электронный ресурс] // URL: <https://securelist.ru/threat-in-your-browser-extensions/105774/>. (Дата обращения 09.09.2022).
2. Web of Trust browser extensions yanked after proving untrustworthy: [Электронный ресурс] // URL: <https://www.pcworld.com/article/410966/web-of-trust-browser-extensions-yanked-after-proving-untrustworthy.html>. (Дата обращения 12.09.2022).
3. "Particle" Chrome Extension Sold to New Dev Who Immediately Turns It Into Adware: [Электронный ресурс] // URL: <https://www.bleepingcomputer.com/news/security/-particle-chrome-extension-sold-to-new-dev-who-immediately-turns-it-into-adware/>. (Дата обращения 12.09.2022).
4. Google Yanks 106 'Malicious' Chrome Extensions: [Электронный ресурс] // URL: <https://threatpost.com/google-yanks-106-malicious-chrome-extensions/156731/>. (Дата обращения 13.09.2022).

УДК 005.00

Н. Ю. ФУРСОВ

*nikitafursov117117@gmail.com*

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. А. М. ВУЛЬФИН

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## СИСТЕМА ПРЕДИКТИВНОГО АНАЛИЗА ДОСТУПНОСТИ ВЕБ-СЕРВИСОВ

**Аннотация.** Целью статьи является повышение эффективности прогнозирования доступности веб-сервисов на основе методов интеллектуального анализа метрик доступности. Теоретическое исследование проводилось методом анализа литературы и нормативных источников. Собственные исследования проводились методами анализа полученных результатов.

**Ключевые слова:** сверточная нейронная сеть, многослойный персептрон; метрики доступности; предиктивный анализ; мониторинг доступности веб-сервисов; веб-сервисы;

Каждая организация принимает меры для обеспечения бесперебойного функционирования своих систем. К таким мерам можно отнести и создание веб-сервисов.

Для успешной работы веб-сервиса должен применяться комплекс мер, который включает в себя: мониторинг состояния веб-сервиса и предиктивный анализ его доступности. Система предиктивного анализа доступности веб-сервисов не только подтверждает работоспособность сайта в реальном времени, но и предсказывает возможные проблемы в его работе заранее для пользователей из различных автономных систем с возможностью для организации перенести нагрузку на резервные мощности («теплый» или «холодный» резервный центр обработки данных). Для этого используются различные методы. Например, регулярная проверка работоспособности веб-сервиса, мониторинг доступности, мониторинг работоспособности.

Совершенствование подходов к решению данной задачи и расширение возможностей систем анализа позволят повысить эффективность прогнозирования работы веб-сервисов снизить вероятность возникновения инцидентов на этапах их создания, разработки и внедрения.

Следовательно, для обеспечения эффективного функционирования системы предиктивного анализа доступности веб-сервисов необходима разработка модуля интеллектуального анализа данных на основе методов мониторинга доступности веб-сервисов.

Целью работы является повышение эффективности прогнозирования доступности веб-сервисов на основе методов интеллектуального анализа накапливаемых данных о взаимодействии пользователей с сервисом.

Для достижения указанной цели необходимо решить следующие задачи:

1. анализ существующих решений мониторинга доступности и анализа состояния веб-сервисов на основе метрик;
2. разработка структурной и функциональной организации системы предиктивного анализа и прогнозирования доступности веб-сервисов;
3. разработка алгоритмов предобработки значений метрик и анализа доступности веб-сервиса;
4. разработка программного обеспечения, реализующего предложенные алгоритмы с оценкой их эффективности.

Предиктивный анализ – это класс методов анализа данных, который сосредоточен на прогнозировании поведения объектов и субъектов в будущем с целью принятия оптимальных решений [1]. Данный метод анализа данных позволяет предсказывать поведение объектов исходя из их поведения в прошлом. Благодаря этому данный метод имеет огромную область применения. Для того чтобы можно было строить различные модели предиктивного анализа доступности веб-сервисов, нужны данные о реальном взаимодействии клиентов и сервисов, а именно: времени отклика сервера и объема переданных данных в рамках сессии. В нашем случае был выбран датасет WSDREAM. Данный набор был широко использован в научных работах [2-8]. Этот набор данных описывает реальные результаты оценки доступности 4500 веб-сервисов для 142 пользователей в 64 последовательных временных интервалах (длительностью 15 минут). Исследовательский анализ информации решает задачи:

1. Классификация. Присвоение одного элемента к группе других по определенным параметрам;
2. Регрессия. Выявление зависимости результатов от исходных данных;
3. Кластеризация. Объединение объектов в группы по различным параметрам;
4. Ассоциация. Определение закономерностей между событиями;
5. Последовательная ассоциация. Определение, через какое время после одного события случится другое;
6. Анализ отклонений. Определение некоторого количества исключений из правил.

Система предсказательной аналитики нужна для создания высокоточных прогнозов. Вначале работы нам нужно сформулировать и поставить задачу перед аналитикой, выбрать математическую или статистическую модель.

Мониторинг доступности веб-сервисов – это процесс тестирования и проверки того, насколько конечные пользователи могут функционировать на нашем веб-сайте или веб-приложении должным образом.

Мониторинг необходим для обеспечения доступности веб-сайта для пользователей, минимизации времени простоя и оптимизации производительности.

Онлайн-прогнозирование качества помогает определить ухудшение качества веб-сервиса в ближайшем будущем. Для повышения точности прогнозирования качества обслуживания в [9] строится многомерная модель временных рядов с учетом нескольких процессов вызова пользователей. После анализа взаимной корреляции и сходства исторических данных о качестве веб-сервисов от разных пользователей модель временных рядов оценивается с использованием многомерной сети LSTM и используется для прогнозирования данных о качестве для следующих нескольких точек временного ряда. Были проведены эксперименты для сравнения многомерных методов с одномерными методами. Результаты показали, что многомерная модель LSTM превзошла одномерные

модели как в MAE, так и в RMSE и достигла наилучшей производительности в большинстве тестовых случаев, что доказало эффективность нашего метода. В статье [10] предлагается новая модель рекомендаций веб-сервисов с учетом QoS, основанная на кластеризации пользователей и сервисов (RMUSC), чтобы повысить рекомендуемую точность.

Структурная схема включает в себя следующие основные блоки:

Блок подготовки исходных данных RT и Th предназначен для получения исходных данных

Блок фильтрации RT и Th и нормализации данных

Блок подготовки данных с помощью скользящего окна анализа

Блок кластерного анализа

Блок построения моделей-предикторов

Блок контроля и управления построением моделей машинного обучения

Блок предсказания доступности

Целью работы является интеллектуальный анализ параметров в задаче мониторинга доступности веб-сервисов. Для этого нам необходимо:

1. Выполнить анализ предметной области: рассмотрены различные метрики доступности (потери, задержки, джиттер, неупорядоченная доставка, полуса пропускания, время отклика, три модели обеспечения QoS (Best Effort, IntServ, DiffServ)).

2. Анализ исследуемых данных процесса: в выбранном датасете представлены реальные измерения QoS от 142 пользователей до 4500 веб-служб в течение 64 последовательных временных срезов (с интервалом в 15 минут).

3. Подготовка данных: было проведено сворачивание сессий доступа пользователей к ресурсам.

4. Моделирование: при моделировании оставшиеся данные были разделены на 12 кластеров

5. Оценка результатов анализа: выбран один из кластеров, построены две нейросетевые регрессионные модели и проанализирована ошибка прогнозирования на тестовой выборке.

6. Внедрение результатов анализа: предложенные модели, согласно описанной выше структурной схеме, используются для прогнозирования доступности веб-сервисов при поступлении новых данных.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Эрик Сигель. Просчитать будущее: Кто кликнет, купит, совет или умрет с. 31
2. <https://ieeexplore.ieee.org/document/8904992>
3. <https://www.hindawi.com/journals/complexity/2020/8572161/>
4. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7721135/>
5. <https://www.mdpi.com/2079-9292/9/5/740/htm>
6. <https://dl.acm.org/doi/10.1145/2430545.2430548>
7. [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050916314193?ref=pdf\\_download&fr=RR-2](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050916314193?ref=pdf_download&fr=RR-2)
8. <https://www.hindawi.com/journals/mpe/2019/2153027/>
9. Guo L. et al. Runtime Quality Prediction for Web Services via Multivariate Long Short-Term Memory //Mathematical Problems in Engineering. – 2019. – Т. 2019.
10. Ding F. et al. Performance Analysis of a Clustering Model for QoS-Aware Service Recommendation //Electronics. – 2020. – Т. 9. – №. 5. – С. 740.

Е. В. ХОМУТОВ

*KapitanMGN@yandex.ru*

Науч. руковод. – д-р техн. наук, доц. А. М. ВУЛЬФИН

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПО ДЛЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ПОТ С ПОМОЩЬЮ СРЕДЫ ЭМУЛЯЦИИ QEMU**

**Аннотация.** В данной статье рассматривается возможность тестирования работоспособности и эффективности различного ПО с помощью среды эмуляции QEMU. Представлен наглядный пример сравнительного анализа параметров функционирования двух алгоритмов машинного обучения: Леса случайных решений (RFC) и многослойного персептрона (MLP)  
**Ключевые слова:** программное обеспечение, машинное обучение, кибербезопасность, Industrial Internet of Things, АСУ ТП.

Указом президента Российской Федерации от 7 мая 2018 года № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» цифровая трансформация энергетической инфраструктуры является приоритетным направлением развития российской экономики [1]. Это возможно благодаря развитию области промышленного интернета вещей (Industrial Internet of Things – IIoT). Основная концепция промышленного Интернета вещей (IIoT) заключается в использовании преимуществ технологии Интернета вещей (IoT) в системе управления производством (ICS), она же АСУ ТП. АСУ ТП являются неотъемлемой частью критических инфраструктур и долгое время использовались для контроля промышленных машин и процессов. Они выполняют мониторинг и взаимодействие с устройствами в реальном времени, сбор и анализ данных в реальном времени, а также регистрацию всех событий, происходящих в промышленных системах. Использование технологии IoT в этих системах улучшает сетевой интеллект и безопасность при оптимизации и автоматизации производственных процессов.

Система диспетчерского управления и сбора данных (SCADA) является самым большим подмножеством ICS. Она предоставляет графический интерфейс пользователя (GUI) через человеко-машинный интерфейс (HMI). HMI



упрощает операторам наблюдение за состоянием системы, взаимодействие с устройствами ПоТ и получение сигналов тревоги, указывающих на ненормальное поведение. Развитие индустрии 4.0 ускорило процесс интеграции исполнительных устройств и систем управления. ПоТ становится неотъемлемой частью цикла производства в промышленности.

АСУ ТП – это в основном критически важные системы с высокими требованиями к доступности. Их непрерывная работа приводит к созданию огромного количества данных. В прошлом эти системы были автономными и изолированными от мира, что делало их невосприимчивыми к внешним злонамеренным атакам. В последнее время возросшее количество соединений АСУ ТП с корпоративными сетями и использование Интернет-коммуникаций для более удобной передачи информации сделало эти системы уязвимыми для злонамеренных атак.

Из-за чувствительности многих промышленных приложений безопасность стала главной задачей в системах SCADA. В частности, отсутствие сообщений безопасности в их протоколах связи напрямую ставит под угрозу доступность, безопасность и надежность этих систем. Одним из ключевых направлений обеспечений энергетической безопасности является повышение состояния защищенности таких объектов как: критические информационные инфраструктуры (КИИ), топливно-энергетические комплексы (ТЭК) и др. Эти объекты являются наиболее вероятными целями для проведения спланированных компьютерных атак, так как энергетика обеспечивает функционирование социально значимых объектов. При осуществлении кибератак на ТЭК могут возникнуть риски нарушения нормальной работы других отраслей экономики.

Целями злоумышленников могут быть как промышленный шпионаж и финансовая выгода, так и попытки саботировать производственный и другие процессы. Системы являются достаточно уязвимыми перед атаками из-за использующихся в них протоколов передачи данных. Такие протоколы как Modbus, Building Automation and Control Network (BACnet), Distributed Network Pro-

protocol версии 3 (DNP3) и Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) разрабатывались без учета киберрисков или механизмов безопасности для противодействия им.

Рост количества уязвимостей, найденных в оборудовании автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) способствует этому. По данным отчета Claroty в 2020 году их число выросло почти на 25% по сравнению с 2019 годом. Обнаруженные уязвимости, в основном, затрагивают сектора промышленного производства, энергетики и водоснабжения. В первом полугодии 2020 года, по сравнению с 2019 годом, число уязвимостей в сфере промышленности выросло на 87,3%, в секторе водоснабжения – на 122%, в энергетическом секторе – на 58,9%.

С начала 2020 года количество атак на промышленные и энергетические предприятия в России держится на высоком уровне. По данным аналитических отчетов Positive Technologies промышленность уже на протяжении двух лет входит в тройку наиболее часто атакуемых отраслей. Количество атак на промышленность увеличилось почти в 2 раза по сравнению с 2019 годом: прирост составил 91%.

В IV квартале 2020 года треть всех инцидентов в промышленной отрасли были совершены с помощью хакинга, в 84% атак применялось вредоносное ПО

Таким образом, охрана периметра и точек входа в промышленные системы становится критически важной задачей. Для промышленного оборудования и пограничных систем, точек входа в промышленную сеть необходимо обеспечить глубокий анализ трафика на наличие попыток сетевых атак и аномалий с поддержкой анализа промышленных протоколов. Совершенствование средств защиты сетевой инфраструктуры направлено на развитие инструментов интеллектуального мониторинга сетевого трафика и состояния объектов и узлов промышленной сети.

Учитывая вышесказанное, можно сделать вывод об актуальности темы и необходимости совершенствования систем обнаружения сетевых атак на осно-

ве применения методов искусственного интеллекта, как ключевого элемента обеспечения кибербезопасности SCADA систем в концепции развития цифровой экономики.

Обеспечение конфиденциальности, целостности и доступности данных в АСУ ТП является одной из приоритетных задач специалистов по информационной безопасности. При решении данной задачи возникают 2 основные проблемы. Первая – с помощью каких средств качественно собирать и анализировать огромные объемы данных, находящихся в системе, для того чтобы обеспечить специалистам по безопасности точное представление о состоянии всех уровней безопасности. Вторая – как сократить время оперативного реагирования на возникающие угрозы и минимизировать ущерб, наносимый атаками злоумышленников.

Если первая проблема может быть частично решена системами SI-EM\SOC, то вторая все еще остается открытой, потому как почти вся информация о системе поступает с различных журналов и логов физических устройств, таких как маршрутизаторы и брандмауэры, но анализируется непосредственно специалистами по информационной безопасности.

В данном вопросе могут помочь различные системы обнаружения вторжений (СОВ), в составе которых будут реализованы методы обнаружения сетевых атак, такие как: Поведенческие методы [2], методы машинного обучения [3], методы вычислительного интеллекта [4] и т.д.

Однако, встает вопрос о том, какой метод покажет себя более эффективно при практическом применении.

АСУ ТП отличаются от иных информационных систем тем, что из 3 основных свойств «целостность, доступность, конфиденциальность», доступность является наиболее критичной. В «классических» системах, как правило острым аспектом становится конфиденциальность данных, обеспечение защиты от перехвата, компрометации и прочих неправомерных действий, но в промышленных системах огромное значение имеет доставка и получение управляющих

и прочих сигналов для своевременного воздействия на узлы системы. Велика вероятность возникновения техногенной катастрофы только из-за того, что произойдет задержка выполнения определенных действий таких как банальное открытие или закрытие клапана подачи топлива. В связи с этим возникает большая проблема использования современных криптографических средств, потому как они порождают избыточность вычислений и могут привести к большим нагрузкам на систему, которые могут повлечь за собой замедление доставки управляющих сигналов, в итоге провоцируя нештатную ситуацию

Для того, чтобы обеспечить доступность необходимо использовать наиболее эффективные методы, использующие минимальное количество ресурсов системы.

Одним из вариантов выбора самого эффективного решения является сравнение с прочими аналогами при модулировании различных штатных и нештатных ситуаций, которые теоретически могут возникнуть в ходе эксплуатации системы

Далее будет представлен один из доступных способов сравнительного анализа эффективности работы алгоритмов.

С помощью транслятора с языка Python были созданы заголовочные файлы и файлы реализации на языке C с выгрузкой коэффициентов моделей алгоритмов машинного обучения леса случайных деревьев (RFC) и многослойного персептрона (MLP). Дальнейшая компиляция с помощью кросс-компилятора gcc позволила собрать исполняемые модули для платформы ARM семейства специализированных процессорах NXP LX2160A.

Процессор LX2160A построен на программно-зависимой, независимой от ядра архитектуре DPAA2 от NXP, которая обеспечивает масштабируемые элементы ускорения, рассчитанные на потребности приложений. Интегрированный в устройство многоядерный процессор объединяет шестнадцать процессорных ядер Arm Cortex®-A72 с высокопроизводительной логикой ускорения тракта данных, а также интерфейсами сетевой и периферийной шины, необхо-

димыми для работы в сети, хранения, телекоммуникации / передачи данных, беспроводной инфраструктуры, автомобильных и военных / аэрокосмических приложений. в LX2160A можно выделить следующие основные характеристики:

Данный процессор по своим характеристикам подходит для обеспечения быстродействия ранее сгенерированных программных модулей за счет возможности распараллеливания работы программ, высокой тактовой частоты и огромного количества поддерживаемых интерфейсов.

Для того, чтобы провести сравнительный анализ алгоритмов было принято решение эмулировать работу данного процессора. Использование эмуляции позволяет достигнуть 2 важные цели: упростить доработку программного обеспечения под эмулируемое устройство и иметь возможность тестирования различного ПО, не имея самого устройства в наличии. Зачастую при embedded разработке необходимо дорабатывать или адаптировать имеющееся ПО под конфигурацию различных устройств из-за различия в тактовых частотах, количестве ядер и потоков и прочих характеристик. Эмуляция же позволяет провести все необходимые тестирования в безопасной для устройства среде, потому как часто бывает, что в процессе интеграции каких-либо приложений, не прошедших тестирования, возникают поломки, например, перегорают резисторы и конденсаторы. При разработке новых решений эмуляция позволяет освоиться разработчикам с нюансами новых архитектур, операционных систем и т.д.

В качестве среды для эмуляции была выбрана QEMU – свободная программа с открытым исходным кодом позволяющая эмулировать аппаратное обеспечение различных платформ. Неоспоримым преимуществом QEMU перед прочими программами виртуализации является возможность эмулировать работу платформ с архитектурой ARM. Для начала необходимо сконфигурировать характеристики эмулируемого устройства. Были выбраны следующие основные характеристики:

- 4 гигабайта оперативной памяти
- 8 виртуальных процессоров

- Процессор Arm Cortex®-A72
- 30 гигабайт внешней памяти формата HDD

Для функционирования эмулируемого устройства была выбрана серверная ОС Linux Ubuntu версии 2020 года. После установки и настройки серверной ОС эмулируемый стенд готов к работе.

Прежде чем использовать специализированное ПО, необходимо провести подсчет ассемблерных команд в исполняемых модулях. С помощью дизассемблирования были получены dump файлы, которые были проанализированы на команды ассемблера, использующиеся в полученных программах. К основным использованным командам можно отнести:

- ADD – сложение
- SUB – вычитание
- MOV – пересылка данных
- LDR – команда загрузки значения в регистр
- STR – команда выгрузки значения в регистр
- NOP – пустая операция
- RET – возврат из ближайшей процедуры
- BL – организация перехода по фиксированному адресу
- STP – команда выгрузки двух значений в регистр
- LDP – команда загрузки двух значений в регистр
- LSL – команда логического сдвига влево.

Таблица 1

Сравнение количества ассемблерных команд в двух программных модулях

	ADD	SUB	MOV	NOP	LDR	STR	CMP	RET	BL	STP	LDP	LSL
R	251	16	950	5	655	84	265	22	27	14	11	193
M	84	16	76	5	308	116	59	24	36	19	18	30

Общее количество строк ассемблерного кода в классификаторе RFC составило 2986, в классификаторе MLP 1046. Можно наблюдать, что выполнение работы RFC на ассемблерном уровне почти в 3 раза больше, чем MLP. Это связано с большим количеством условных переходов, которые используются в ансамбле деревьев решений.

Для того, чтобы проверить имеются ли проблемы при работе с оперативной памятью воспользуемся Valgrind. Он позволит нам проверить, имеются ли утечки памяти во время работы программы, а также как часто программа отсылается к уровням кэша оперативной памяти. Так же с помощью инструмента cachegrind – модуля, встроенного в valgrind, можно оценить общее количество обращений к кэшу инструкции (I), количество обращений к кэшу инструкции первого (I1) и последнего уровня (LLi) уровня оперативной памяти, а также общее количество обращений к кэшу данных (D), количество обращений к кэшу данных первого (D1) и последнего уровня (LLd) оперативной памяти. Последняя часть вывода cachegrind суммирует информацию о LL как для инструкций, так и для данных. Таким образом, он дает количество обращений к памяти и процент запросов к памяти, обслуживаемых кешем. Такой подход обращений к памяти соответствует конфигурации многих современных машин.

Для начала проверив работу классификатора RFC. На рисунке 1 можем наблюдать, что утечки при работе с оперативной памятью отсутствуют, все блоки оперативной памяти освобождаются по завершению работы. На рисунке 2 мы можем наблюдать отчет о количестве обращений к кэшам оперативной памяти.

```
==2916== Memcheck, a memory error detector
==2916== Copyright (C) 2002-2017, and GNU GPL'd, by Julian Seward et al.
==2916== Using Valgrind-3.15.0 and LibVEX; rerun with -h for copyright info
==2916== Command: ./rfc_cc.exe
==2916==
0
==2916==
==2916== HEAP SUMMARY:
==2916==   in use at exit: 0 bytes in 0 blocks
==2916== total heap usage: 1 allocs, 1 frees, 1,024 bytes allocated
==2916==
==2916== All heap blocks were freed -- no leaks are possible
==2916==
==2916== For lists of detected and suppressed errors, rerun with: -s
==2916== ERROR SUMMARY: 0 errors from 0 contexts (suppressed: 0 from 0)
```

Рис. 1. Результаты проверки классификатора RFC на наличие утечек оперативной памяти

```

==2936== Cachegrind, a cache and branch-prediction profiler
==2936== Copyright (C) 2002-2017, and GNU GPL'd, by Nicholas Nethercote et al.
==2936== Using Valgrind-3.15.0 and LibVEX; rerun with -h for copyright info
==2936== Command: ./rfc_cc.exe
==2936==
--2936-- Warning: Cannot auto-detect cache config, using defaults.
--2936--      Run with -v to see.

      0
==2936==
==2936== I  refs:      153,443
==2936== I1 misses:    1,045
==2936== L1i misses:     932
==2936== I1 miss rate:  0.68%
==2936== L1i miss rate: 0.61%
==2936==
==2936== D  refs:      53,242 (40,587 rd + 12,655 wr)
==2936== D1 misses:    3,315 ( 2,618 rd +   697 wr)
==2936== L1d misses:    2,577 ( 1,984 rd +   593 wr)
==2936== D1 miss rate:  6.2% (  6.5% +  5.5% )
==2936== L1d miss rate: 4.8% (  4.9% +  4.7% )
==2936==
==2936== LL refs:      4,360 ( 3,663 rd +   697 wr)
==2936== LL misses:    3,509 ( 2,916 rd +   593 wr)
==2936== LL miss rate:  1.7% (  1.5% +  4.7% )

```

Рис. 2. Результаты проверки классификатора RFC на количество обращений к кэшам оперативной памяти

Общее количество обращений к кэшу инструкций классификатора RFC составило 153443, из которых было потеряно 1045 обращений первого уровня и 932 обращения последнего уровня кэша, что составляет 0.68% и 0.61% от общего количества соответственно. Количество обращений к кэшу данных составило 53242 из которых было потеряно 3315 обращений первого уровня и 2577 обращений последнего уровня, что составляет 6,2% и 4,8% от общего количества соответственно. Общее количество обращений к кэшам последнего уровня составило 4360 из которых 3509 было потеряно. Общее количество потерянных обращений к кэшам последнего уровня в процентном соотношении составило 1.7%

Проведем проверку классификатора MLP. Можно отметить (рисунок 3) утечек работы с памятью не наблюдается. На рисунке 4 имеется отчет о количестве обращений к кэшам оперативной памяти.



```

==2917== Memcheck, a memory error detector
==2917== Copyright (C) 2002-2017, and GNU GPL'd, by Julian Seward et al.
==2917== Using Valgrind-3.15.0 and LibVEX; rerun with -h for copyright info
==2917== Command: ./mlp_cc.exe
==2917==

-1
==2917==
==2917== HEAP SUMMARY:
==2917==   in use at exit: 0 bytes in 0 blocks
==2917==   total heap usage: 1 allocs, 1 frees, 1,024 bytes allocated
==2917==
==2917== All heap blocks were freed -- no leaks are possible
==2917==
==2917== For lists of detected and suppressed errors, rerun with: -s
==2917== ERROR SUMMARY: 0 errors from 0 contexts (suppressed: 0 from 0)

```

Рис. 3. Результаты проверки классификатора MLP на наличие утечек оперативной памяти

```

==2935== Cachegrind, a cache and branch-prediction profiler
==2935== Copyright (C) 2002-2017, and GNU GPL'd, by Nicholas Nethercote et al.
==2935== Using Valgrind-3.15.0 and LibVEX; rerun with -h for copyright info
==2935== Command: ./mlp_cc.exe
==2935==
--2935-- Warning: Cannot auto-detect cache config, using defaults.
--2935--      Run with -v to see.

-1
==2935==
==2935== I  refs:      172,614
==2935== I1 misses:    1,044
==2935== L1i misses:    899
==2935== I1 miss rate:  0.60%
==2935== L1i miss rate: 0.52%
==2935==
==2935== D  refs:      61,042 (46,281 rd + 14,761 wr)
==2935== D1 misses:    3,646 ( 2,910 rd +   736 wr)
==2935== L2d misses:    2,727 ( 2,101 rd +   626 wr)
==2935== D1 miss rate:  6.0% ( 6.3% + 5.0% )
==2935== L2d miss rate: 4.5% ( 4.5% + 4.2% )
==2935==
==2935== LL refs:      4,690 ( 3,954 rd +   736 wr)
==2935== LL misses:    3,626 ( 3,000 rd +   626 wr)
==2935== LL miss rate:  1.6% ( 1.4% + 4.2% )

```

Рис. 4. Результаты проверки классификатора MLP на количество обращений к кэшам оперативной памяти

Общее количество обращений к кэшу инструкций классификатора MLP составило 172614, из которых было потеряно 1044 обращения первого уровня и 899 обращения последнего уровня кэша, что составляет 0.60% и 0.52% от общего количества соответственно. Количество обращений к кэшу данных составило 61042 из которых было потеряно 3646 обращений первого уровня и 2727 об-

ращений последнего уровня, что составляет 6,0% и 4,5% от общего количества соответственно. Общее количество обращений к кэшам последнего уровня составило 4690 из которых 3626 было потеряно. Общее количество потерянных обращений к кэшам последнего уровня в процентном соотношении составило 1.6%

Результаты тестирования работы с оперативной памятью можно наблюдать в таблице 2. Можно говорить о незначительной разнице в работе двух классификаторов с оперативной памятью

Таблица 2

Сравнение количества обращений к различным уровням кэша оперативной памяти

	D	I	Потери D1	Потери I1	Потери LLd	Потери LLi	Потери LL
RFC	531	153	3315	1045	2577	932	3509
MLP	610	172	3646	1044	1044	899	3626

По итогу хоть и RFC показал гораздо большее время работы на ассемблерном уровне чем MLP, количество обращений к оперативной памяти у него, как ни странно, немного меньше. Однако разница незначительна, что позволяет говорить о эффективности и лучшей производительности классификатора на основе многослойного персептрона.

В заключении хотелось бы отметить, что разработка и тестирование новых средств для защиты информации является одной из приоритетных задач. Данный вопрос требует тщательнейшего подхода и применение различных средств для моделирования и эмулирования работоспособности тех или иных модулей в значительной степени улучшает качество программных продуктов и в то же время сокращает время на их разработку и проектирование.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Указ президента № 204: [Электронный ресурс] // Министерство энергетики РФ. URL: <https://minenergo.gov.ru/view-pdf/11246/84473>. (Дата обращения 13.09.2022)
2. Debar H., Dacier M., Wespi A. Towards a taxonomy of intrusion-detection systems //Computer networks. – 1999. – Т. 31. – №. 8. – С. 805-822.
3. Heckerman D. A tutorial on learning with Bayesian networks //Innovations in Bayesian networks. – 2008. – С. 33-82.
4. Браницкий А. А., Котенко И. В. Анализ и классификация методов обнаружения сетевых атак //Информатика и автоматизация. – 2016. – Т. 2. – №. 45. – С. 207-244.

УДК 004

M. O. ZAID ALKILANI

*muhannad.killani@gmail.com*

Scin.Direct. – Tech. Scin, Prof. I. V. MASHKINA

*Ufa State Aviation Technical University*

## **DEVELOPMENT OF THE ACCESS CONTROL MATRIX IN THE INDUSTRIAL CONTROL SYSTEM**

**Abstract.** The purpose of this study is to Develop the access control matrix in the Industrial control system; constructing Formation of information objects and subjects, a hierarchical scheme of roles; and access control matrix in the Industrial control system; We present the results of the analysis of threats of violation of information security of automated control systems of technological processes. An access control matrix is a table that defines access permissions between specific subjects and objects. A matrix is a data structure that acts as a table lookup for the operating system, a matrix has specific access permissions defined by user and detailing what actions they can enact. User has read/written access to the data file as well as access to the data creation application. User can read the data file and still has access to the application. User has no access within this data access matrix ...ETC.

### ***Introduction***

An Industrial control system (ICS) is a human-machine control system that provides automated collection and processing of information necessary to optimize the control of a technological object in accordance with the accepted criterion. For the control criterion of the process control system, a ratio is taken that characterizes the quality of the functioning of the technological control object as a whole and takes specific numerical values depending on the control actions used. The main task of most process control systems is to obtain certain technical and economic results: increasing labor productivity; reducing the cost of human labor and labor intensity of production; saving energy resources, auxiliary materials, containers, etc.; ensuring the safety of the operation of the facility; improving or stabilizing the quality of products or ensuring the specified values of the parameters of finished products; achievement of optimal loading of equipment; optimization of operating modes of technological equipment. When setting optimization problems, along with the criteria, restrictions must be set on all parameters and variables of the technological process, i.e., permis-

sible changes that determine the functioning of the technological process. Achievement of the set tasks is carried out by the implementation of functions.

### ***ICS classification***

When planning, conducting and generalizing the development of process control systems, it should be born in mind that these systems are very diverse. To solve a number of scientific, technical and organizational issues, it is necessary to use the general classification of process control systems, i.e., the rules for dividing the entire set of these systems into such subsets (classification groups) within which all the process control systems included in them are the same, close or similar in one way or another respect. Process control systems as objects of classification are characterized by many significant factors and indicators, each of which can act as a classification feature. Therefore, the general classification of process control systems consists of a number of particular classifications carried out according to one of these features.

### ***ICS architecture***

Any automatic process control system (ICS) can ultimately be divided into 3 main levels of hierarchy:

- Enterprise zone/tier: This zone consists of enterprise systems and business networks. In most enterprises, this zone is connected to the internet, other business networks and isolated from operational networks. As this zone is very similar to traditional IT environments, most of the cyber security solutions can be applied.

- Control zone/tier: This zone consists of systems that supervise and control the production process. For example, SCADA is one such controlling system. The systems that are in this zone are expected to run without disruption for a long time and are subject to strict timing constraints. This means that security updates to these systems cannot be applied frequently.

- Field zone/tier: This zone consists of devices that control automation. These devices have strict safety, reliability, availability, and timing requirements. The net-

works in this tier use proprietary industrial protocols and physical devices, so the cybersecurity solutions from the IT cannot be applied.

Each of these tiers has different security requirements. The effects of cyber-attacks are different from tier to tier.

### ***Data access control***

Data access control is a technique used to regulate employees' access to files in an organization. It involves leveraging the principle of least privilege (POLP), i.e., managing employees' access rights based on their roles in the organization, and defining and limiting what data they have access to. There is a wide variety of policies that can be used to control access to corporate information. The most common today is Selective access control, Mandatory access control, and Role-based access control (RRD).

The general approach for all models is precisely the division of the set of entities that make up the system into sets of subjects and objects, although the definitions of the concepts "object" and "subject" in different models may differ.

An *access subject* is an active entity that can change the state of the system by spawning processes on objects, including spawning new objects and initializing the spawning of new subjects.

An *access object* is a passive entity, the processes on which can, in certain cases, be a source of generation of new subjects.

A stream can be performed in the form of various operations on objects: reading, modifying, deleting, creating, etc.

Role hierarchy is an organizational term most commonly used in databases and computer security systems. Users have an ascending role that branches upward like the branches of a tree. How system users progress through these roles. They inherit the additional attributes, responsibilities, and associated variables of the role they assume without losing any of their attributes from their former roles. This has the advantage that it allows for a simple organizational standard for database design and se-

curity permissions. The disadvantages arise because the individual roles often do not fit neatly together, causing clumsy or incorrect constructs in the system design.

In practice, the most widely used are discretionary models based on the access matrix. In these models, the safe access area is built as a rectangular matrix (table), the rows of which correspond to access subjects, the columns correspond to access objects, and the allowed operations (rights) of the subject on the object are recorded in the cells. The following designations are used in the matrix: w - "write", r - "read", e - "execute".

The paper proposes a modernized methodology for developing a private security policy in relation to process control systems using a formal model based on a mathematical model of role-based access control, as a result of research in the work, a set of access information objects for process control systems has been developed and proposed.

<i>Name</i>	<i>Notation</i>	<i>Name</i>	<i>Notation</i>
<i>Multiple Access Objects</i>		<i>Multiple Access Subjects</i>	
Public information about the company	o1	operators	O
Information about ongoing projects in the company	o2	field observer	M
monitoring data	o3	production and distribution	P
planning and logistics	o4	quality engineer department	IK
production and quality (Organizational support)	o5	maintenance engineer	IM
emergencies and natural disasters	o6	industrial engineer	II
maintenance (Technical support)	o7	Technical programmers	IT
Information Support	o8	Maintenance and repair	IS
Software & Programing	o9	Head of Organizational Support Department	R2
supervisory system	o10	Head of Quality Department	R1
Organizational support	o11	Head of Department of Architecture of the Control System	R3
Reliability of ICS.	o12	Supervisory Management and Data Acquisition Engineer	ID
legal support	o13	Controller and data monitor	K
		Protection Systems Engineer	IC
		Director	D

Fig. 1. A set of information objects and subjects of access

To implement the RRD model on the protection object under consideration, it is necessary to define a set of objects and access subjects specific to the ICS.

Access objects (Public information about the company, Information about on-going projects in the company, monitoring data, planning and logistics...), A set of information objects and subjects of access shown in (Fig. 1).

Based on a study, a hierarchical structure of roles in the process control system has been developed in (Fig. 2).

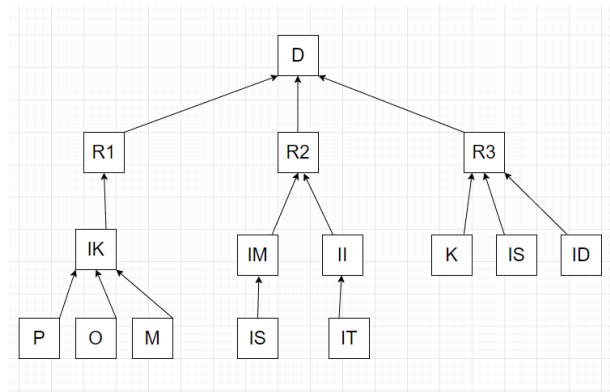


Fig. 2. Hierarchical structure of roles in ICS

On the set of ICS user roles and the set of ICS access objects, an access matrix has been developed, the elements of which are the features listed (Fig. 3).

	o1	o2	o3	o4	o5	o6	o7	o8	o9	o10	o11	o12	o13
O	R	R		R	R	R	R			R			R
M	R	R		R	R	R	R			R			R
P	R	R		R	R	R	R			R			R
IK	R	RW		RW	RW	RW	R			RW	R	R	R
R1	RW	RW	R	RW	RW	RW	R	RW		RW	R	R	RW
IM	R	R	RW	R		R	RW		RW	R	R	R	
II	R	R	RW	R		R	RW		RW	R	R	R	
IT	R	R	R	R		R	R		R	R	R	R	
IS	R	R	R	R		R	R		R	R	R	R	
R2	R	RW	RW	RW		R	RW		RW	RW	R	RW	
ID	R	RW	RW	R	R	R	R	RW		R	RW	R	
K	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	
IC	R	R	R	R		R	R	R		R	R	R	
R3	R	RW	RW	RW	R	R	R	RW	R	RW	RW	R	
D	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW

Fig. 3. Access matrix and the set of ICS access objects

## ***Conclusion***

In this paper we discussed all the tasks set to achieve the goal, solved basic information about the purpose, architecture and used information services in the industrial control system and discussed data access control policies, technique has been developed for formalizing the rules for the interaction of information subjects and objects in the ICS using the mathematical model of RRD, based on grouping the access rights of IS subjects to objects, taking into account the specifics of their application. The proposed technique is distinguished by the definition of a set of access objects specific to ICS, the introduction of a detailed hierarchical structure of access subjects, the definition of a set of opportunities for ICS and the formation of a hierarchical structure on the specified set.

## REFERENCES

1. V. VOSTRETSOVA ‘FOUNDATIONS OF INFORMATION SECURITY Yekaterinburg ‘Ural University Press 2019 .
2. A.V. Masloboev, INTEGRATED CONTROL SYSTEMS, Petrozavodsk State University, Apatity 2009.
3. List of amending documents (as amended by the Orders of the FSTEC of Russia dated February 15, 2017 N 27, dated May 28, 2019 N 106).
4. Court S.S. Theoretical foundations of information security. Study guide M: Helios ARV, 2004, 240s.
5. Eric Conrad, Seth Misener, Joshua Feldman , CISSP Study Guide, Third edition ,Domain 3, Boston , Technical Editor Bryan Simon, Elsevier.



## СЕКЦИЯ 5.5 ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

УДК 004.048

И. А. АЙКАШЕВ, П. А. ШЕРСТНЕВ

*benz112@mail.ru, sherst.pavel@yandex.ru*

Науч. руковод. – д-р техн. наук, доц. О. И. ХРИСТОДУЛО

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

### ВЛИЯНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ НА РАЗВИТИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

**Аннотация.** В статье рассмотрено развитие геоинформационных систем, а также нейронных сетей. Рассмотрены предпосылки к внедрению нейронных сетей в области обработки данных в геоинформационных системах (ГИС). Приведены конкретные примеры использования нейронных сетей в ГИС.

**Ключевые слова:** ГИС, нейронные сети, развитие ГИС, применение нейронных сетей, геоинформационные системы.

#### ***Введение***

С древних времен человечество столкнулось с проблемой сбора и хранения информации о геоинформационном пространстве, окружающем его. Одной из первых таких попыток стала карта древних территорий, изображенная на бивне мамонта около 24-27 тысяч лет назад [1].

С развитием цивилизации, методы познания, записи и анализа мира совершенствовались и уже во времена Древней Греции философ Эпикур писал, что все вокруг человека зависит не от суеверий, и только познав окружающий мир мы сможем их избежать.

К середине 20 века технологии достигли достаточного уровня развития, чтобы заложить основы для начала исследований проектов и теоретических работ в области геоинформационных систем (ГИС). [2]

#### ***Развитие ГИС***

Одним из первых масштабных проектов, давших огромный толчок в развитии ГИС, является создание цифровой карты в США в конце 60-х годов.

Заметив успех новой технологии, государственное бюро, занимающееся переписью населения, решило применить ее, организовав более эффективный способ работы при оцифровке бумажных карт. Последствиями внедрения данной технологии стало введение системы идентификации важных объектов на оцифрованных картах.

Начиная с этого времени можно считать начало становления ГИС в форме незаменимого инструмента помощи при работе с пространственными данными.

В качестве примера можно привести запуск проекта, осуществленный в 1995 году, целью которого стало улучшение жизни людей путем внедрения картографического планирования для осуществления различных целей в развитии окружающего жизненного пространства человека. При этом предполагалось решить такие задачи, как:

- планирование капитального строительства;
- исследования по зонированию и жилому сектору;
- слежение за историей земельных участков;
- демографические исследования;
- сверка адресов и геокодирование;
- налогообложение;
- общественная безопасность;
- производство отчетов. [3]

Параллельно с осуществлением вышеприведенного проекта, ГИС стали удобным инструментом для изучения территорий в целях получения информации для ученых и исследователей. Геоинформационные системы позволили проще определять интересующие объекты информационного поля, находящиеся на недостижимой, в определенный момент времени, территории. [4]

К концу 20 столетия было создано большое количество программных решений в области ГИС, доступных широким массам пользователей персональных компьютеров.

### *Внедрение технологии нейронных сетей в ГИС*

Параллельно с развитием ГИС технологий, росли требования к техническим средствам, применяемым для анализа данных, собираемых средствами ГИС, что усложняло работу с пространственными объектами на оцифрованных картах при использовании устаревающих методов. Например, для подобной работы приходилось решать ряд определенных задач: определение координат на электронной карте [5], самостоятельная оцифровка бумажных карт, изучение и анализ источников информации для ведения баз данных [6-7] и подобные сложности. В связи с данным обстоятельством в ГИС технологиях начали использовать набирающую популярность в качестве метода обработки данных технологию нейронных сетей.

В отличие от ГИС, нейронные сети начали широко распространяться лишь в последние десятилетия. Нейронные сети, используемые в области ГИС, являются широко направленным и достаточно обширным инструментом, позволяющим решать широкий класс задач, который допускает повышение эффективности в определении и выборе решения для выполнения требуемых действий, в зависимости от необходимости. На вход данный метод может принимать широкий объем данных, входящий в спектр терминологии географических информационных систем. Программное обеспечение, построенное на основе метода решения задач с использованием нейронных сетей, может добавлять изменения на слои электронной карты, изменять атрибуты объектов. В результате обработки массива данных допускается возникновение новых слоев карты [8]. Пример простейшей нейронной сети (перцептрон) представлен на Рис. [14].

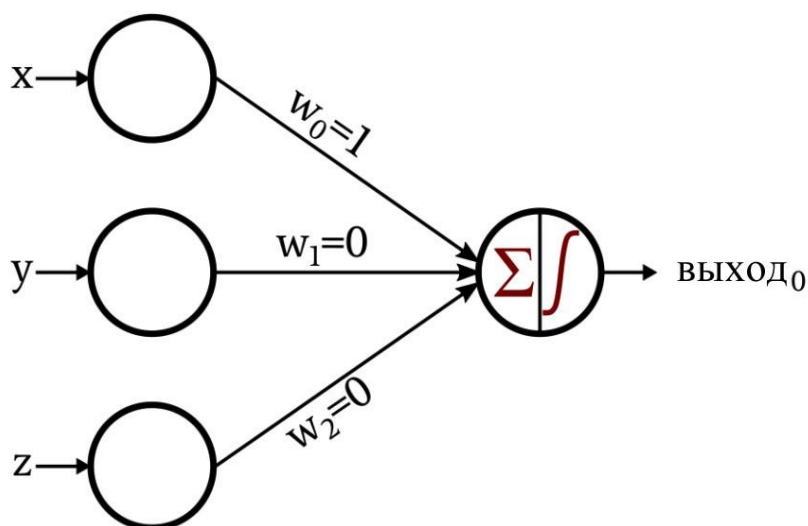


Рис. 1. Однослойный перцептрон

### ***Примеры использования нейронных сетей в ГИС***

Для определения влияния нейронных сетей на ГИС следует рассмотреть примеры применения данного инструмента на практике.

Руководствуясь целью упрощения ручной работы, компания «Яндекс» обучила нейронную сеть добавлять разметку объектов на спутниковых снимках. Безусловно, для создания такой программы необходимо проделать большой объем ручной работы. Однако полученный в результате процесса разработки сервис – «Яндекс Карты», автоматизирован и практически не требует вмешательства со стороны человека, то есть экономит человеческий ресурс [9].

Также «Яндекс» с помощью нейронных сетей внедрил в сервис «Яндекс Погода» технологию «Metuum», представленную на Рис. 1, которая позволила предсказывать погодные условия в отдельно взятом районе города или около отдельно взятого объекта на карте. У данной технологии есть ограничение: максимальное время точного предсказания погоды 2 часа. Для получения результатов нейросеть собирает данные от: космических спутников, радиозондов, самолетов, метеостанций, метеорадаров, а также от людей, которые могут уточнять идет ли дождь на конкретной геопозиции, в которой в данный момент находится человек.

Компания 2ГИС на основе нейронных сетей составила алгоритм представления пользователям приложения мест, которые могут их заинтересовать. В качестве таких объектов выбраны те, к которым уже проявлялся интерес, после чего происходит обучение алгоритма и дальнейшая его реализация [10]. Рабочий алгоритм представлен на Рис. 2.

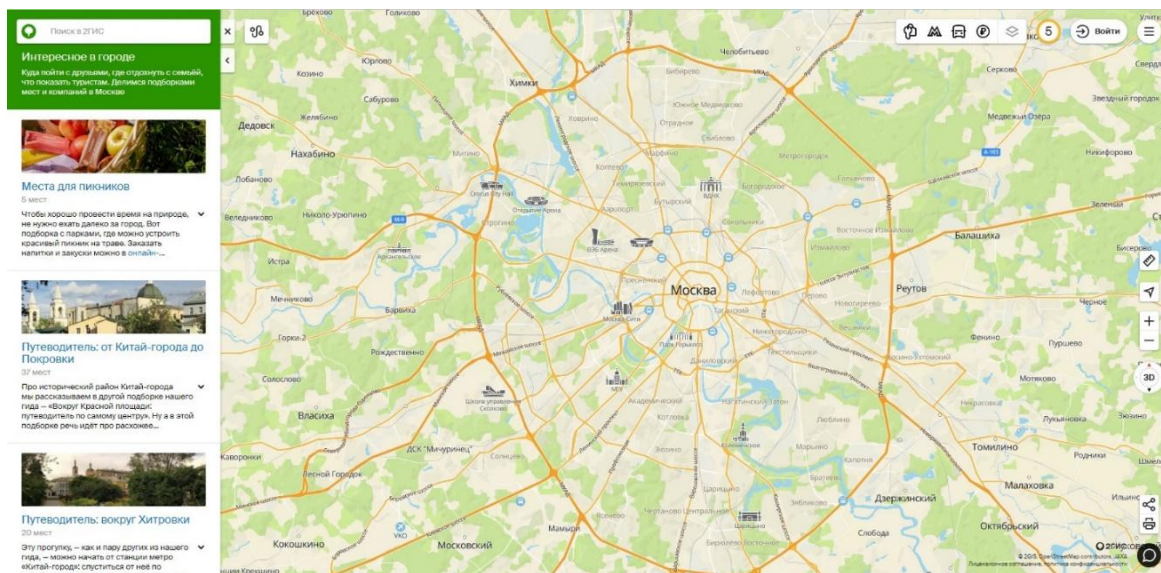


Рис. 2. Предложение пользователю интересных мест в приложении 2ГИС

Технология обработки данных дистанционного зондирования Земли включает в себя алгоритм на основе нейронной сети, который оказывает положительное влияние на обработку космических снимков Земли в связи с ее обучением и дальнейшей автоматизацией в целях построения и минимизацией влияния «шума» (яркости) пикселей многозонального космического снимка. Таким образом, нейронная сеть позволяет выявлять более сложные границы в структуре ландшафта, крутые склоны, котловины и подобные формирования рельефа. Использование нейронных сетей решает ряд задач по планированию топологии сети, определению состава ее слоев [11].

Алгоритм интеллектуального анализа данных, построенный на основе метода нейронных сетей, позволяет определить изменения в структуре почвы, рельефа, произошедших на территории за определенное время, что происходит на основе сравнения двух, или более, космических снимков. Соответственно допускается выделение определенной информации на отдельных слоях, напри-

мер, в сельском хозяйстве, где необходимо обобщить практический опыт методов и технологий выращивания зерновой культуры с учетом конкретных климатических, почвенных и прочих характеристик выбранной территории. Аналогично допускается анализ в решении задачи лесоустройства, где необходимо определить динамику приростов деревьев по высоте, диаметру и объему. Прогнозирование, на основе данного алгоритма, разрешает задачи определения чрезвычайных ситуаций, связанных с оползнями, паводками, землетрясениями, загрязнением окружающей среды и прочим. В транспортной отрасли позволяет повысить эффективность мониторинга автомобильных, железных дорог, воздушных коридоров [8].

### ***Заключение***

Как видно из приведенных выше примеров, внедрение нейронных сетей оказало большое влияние на развитие современных геоинформационных систем, поскольку позволило автоматизировать процессы, ранее недоступные для обработки с помощью компьютеров, а также позволило, вместо ресурсозатратного моделирования поведения объектов ГИС для получения результата, использовать предварительно обученные на выборке данных нейронные сети, справляющиеся с поставленными задачами с достаточно высокой точностью.

В качестве метода обработки данных нейронные сети применяются в различных сферах жизни человека. Геоинформационные системы также не стали исключением и успешно их применяют.

Собирая все большие массивы данных, передавая и записывая их, люди всегда пытались найти им лучшее применение. К концу 20 века была найдена закономерность роста данных, названная «информационный взрыв». Данная закономерность заключается в постоянном экспоненциальном росте количества информации, создаваемой людьми [12]. Так, в 1986 году объем хранимой информации составлял 2,6 эксабайта, а уже к 2007 году он возрос до 295 эксабайт [13].

Такой объем данных невозможно было проанализировать не только средствами ручной обработки информации, но также и компьютерный инструментарий не позволял сделать этого, поскольку с ростом количества данных растет и сложность требуемых для их обработки алгоритмов. Следствием этого явилось создание такого инструмента как нейронные сети, которые позволили человечеству частично решить проблему обработки больших объемов данных, в том числе в области геоинформационных систем.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Городские планы, созданные в древности URL: <https://www.monetnik.ru/obuchenie/istoriya/istoricheskie-plany-gorodov/> (дата обращения 09.09.22)
2. Этапы развития ГИС URL: [https://studbooks.net/2167461/informatika/etapy\\_razvitiya](https://studbooks.net/2167461/informatika/etapy_razvitiya) (дата обращения 09.09.22)
3. Холодков В.В. Автоматизированный городской кадастр // Известия Южного федерального университета. Технические науки. 1995. №1. С. 84-85.
4. Ямашкин А.А., Моисеенко В.А. Возможность использования геоинформационных систем в региональных исследованиях (постановка проблемы) // Инженерные технологии и системы. 1995. №4. С. 66-68.
5. Беляков С.Л. Представление сложной географической карты в информационной системе // Известия Южного федерального университета. Технические науки. 1998. №1. С. 208-212.
6. Герасимов Ю.Ю., Кильпелайнен С.А., Давыдков Г.А., Костюкевич В.М. Географическая информационная база данных по особо охраняемым территориям Карелии // Resources and Technology. 1999. №2. С. 24-25.
7. Морозов С.В., Кошкин В.В. Географическая информационная база данных по радиационным проблемам Арктического Севера // Вестник Мурманского государственного технического университета. 2000. №1. С. 165-170.
8. Нейронные сети и ГИС URL: <https://megaobuchalka.ru/12/20875.html> (дата обращения 10.09.22)
9. Как превратить спутниковые снимки в карты. Компьютерное зрение в Яндексе URL: <https://habr.com/ru/company/yandex/blog/431108/> (дата обращения 10.09.22)
10. Как мы персонализировали POI URL: <https://habr.com/ru/company/2gis/blog/533536/> (дата обращения 10.09.22)
11. Применение нейронных сетей для целей анализа данных дистанционного зондирования Земли URL: <https://web.snauka.ru/issues/2016/08/70887/> (дата обращения 11.09.22)
12. Информационный взрыв URL: <https://kartaslov.ru/карта-знаний/Информационный+взрыв/> (дата обращения 11.09.22)
13. Информационный взрыв в цифрах URL: <https://sci-fact.ru/1-tech-fact/informacionnyj-vzryv-v-cifrax-obem-informacii-v-1986-2007.html> (дата обращения 11.09.22)
14. Как обучить простую нейронную сеть перцептрон URL: <https://radioprogram.ru/post/770> (дата обращения 13.09.22)

## **ДЕШИФРОВОЧНЫЕ ПРИЗНАКИ ЛЕСНЫХ ВРЕДИТЕЛЕЙ**

**Аннотация.** В данной статье рассматриваются дешифровочные признаки лесных вредителей. Термин «дешифрирование», согласно простой формулировке, означает «процесс распознавания объектов, их свойств и взаимосвязей по их изображениям на снимке».

**Ключевые слова:** дешифрирование, дистанционное зондирование Земли, вредители, снимки.

### ***Введение***

Дистанционное зондирование Земли, которое в настоящее время является быстро развивающимся методом получения актуальной информации о процессах, происходящих в различных геосферах Земли. В свою очередь, дешифрирование данных ДЗЗ становится важным методом для большинства наук о Земле. Дистанционное зондирование охватывает ряд направлений науки, техники и технологий, развивавшихся на протяжении более сотни лет.

Термин «дешифрирование», согласно простой формулировке, означает «процесс распознавания объектов и их свойств по их изображениям на снимке». Важнейшим принципом визуального дешифрирования является анализ дешифрируемых объектов в развитии и в контексте окружающей среды, а также - движение от общего к частному, путем последовательного изучения снимка как информационной модели местности, представляемой как единое целое.

Спутниковый снимок представляет собой образную модель местности - характер которой существенно отличается от модели, получаемой в результате картографической генерализации. Мелкие детали рельефа пропадают, в то же время, на снимке проявляются крупные структуры, которые не видны на поверхности из-за их размера. Снимок содержит только то, что может быть снято в используемом спектральном диапазоне на данный момент времени при текущем освещении и погодных условиях.



### *Дешифровочные признаки повреждений*

Для обнаружения и мониторинга заражения вредителями в лесах широко применяются методы дистанционного зондирования. Многоспектральные инфракрасные (ИК)-изображения, полученные с высоколетящих самолетов, коммерческих спутников или разновременных общедоступных наборов данных, таких как ASTER или Landsat Thematic Mapper, широко используются для мониторинга сохранения и восстановления лесов. Однако леса, находящиеся в частной собственности, создают проблемы для традиционных подходов дистанционного зондирования. Эти леса имеют ограниченные размеры, что требует использования данных мультиспектрального дистанционного зондирования высокого разрешения. Для решения этих специфических задач применение классических многоспектральных спутниковых данных или обычных аэрофотоснимков часто недоступно из-за высокой стоимости на единицу площади покрытия или низкого разрешения изображений. Устраняя ограничения подходов дистанционного зондирования в лесном хозяйстве, беспилотные авиационные системы могут обеспечить точные средства мониторинга зараженности вредителями на уровне.

Состояние растительности может быть лучше всего оценено по отражению в ближней инфракрасной области длин волн. Таким образом, цветные инфракрасные изображения могут быть гораздо более эффективными, чем истинный цвет для автоматического анализа, разделяющего спектральные и текстурные рисунки поверхности на изображениях высокого разрешения. В частности, снимки высокого разрешения в сочетании с методами классификации на основе объектов считаются перспективным инструментом для мониторинга окружающей среды. Тщательное документирование уровней заражения с помощью гибких и недорогих методов дистанционного зондирования представляется целесообразным для сбора важной геопространственной информации о распределении зараженных деревьев. Однако применение этих методов ставит перед аналитиком особые задачи, поскольку на точность дешифрования могут влиять

специфические факторы местности, к примеру, условия освещения, облака и т.д. Особенно тени, являются распространенным источником ошибок, но с ними часто можно справиться, приняв соответствующие меры при обработке изображений.

Одной из основных причин усыхания и гибели лесных насаждений, в основном хвойных, является повреждение вредителями и болезнями леса. В России наибольший ущерб связан со вспышками размножения короеда-типографа в еловых лесах Европейской части России и непарного шелкопряда в лесах Сибири. Участки леса, погибшие от воздействия этих вредителей, называют короedниками и шелкопрядниками соответственно.

По спектральным признакам короedники и шелкопрядники мало отличаются от других видов нарушений лесного покрова. Основными дешифровочными признаками является форма, рисунок изображения, а также очевидная приуроченность к участкам леса с преобладанием хвойных пород. Участки лесов, погибших от вспышек вредителей, имеют неправильную форму. Так, короedники обычно показаны большим количеством куртин усыхания различной площади, в этом смысле они схожи с ветровалами и снеголомами.

Главной отличительной чертой является текстура изображения. После гибели леса образуется сухостой, но шероховатая текстура изображения сохраняется. Это главное отличие от других видов нарушений лесного покрова, при которых текстура изображения сильно меняется в связи с удалением деревьев из древостоя. Следующей важной особенностью повреждения короedом является сравнительно замедленная гибель деревьев, что позволяет отличить их от ветровалов и гарей на основе серии разновременных снимков.

При вспышке непарного шелкопряда дефолиация может происходить очень быстро, поэтому визуально шелкопрядники очень похожи на гари. Отличительной особенностью является принадлежность участков погибшего леса только к хвойным насаждениям. Для гарей это также характерно, но в меньшей степени. Проще всего отличить шелкопрядника от гари, используя архивные

спутниковые данные об активных лесных пожарах. Шелкопрядник будет отличаться от гари тем, что в его пределах не будет многочисленных тепловых аномалий в период, когда произошло повреждение леса.

### ***Заключение***

В данной статье были описаны дешифровочные признаки вредителей, характерных для Российской местности. А также способы, которыми оно проводится.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Дистанционное зондирование и географические информационные системы Учебник для вузов / Чандра А.М., Гош К.С. – Москва: Техносфера, 2008г. – 312 с.
2. Тематическое дешифрование и интерпретация космических снимков Учебное пособие / А. Н. Шихов, А. П. Герасимов, А. И. Пономарчук, Е. С. Перминова – Пермь, 2020г. – 191с.
3. А. В. Воробьев, В. А. Пилипенко, Т. А. Еникеев, Г. Р. Воробьева, О.И. Христовуло. Система динамической визуализации геомагнитных возмущений по данным наземных магнитных станций (2021). Научная визуализация 13.1: 162 - 176, DOI: 10.26583/sv.13.1.11
4. А.В. Воробьев, В.А. Пилипенко, А.Г. Решетников, Г.Р. Воробьева, М.Д. Белов. Веб-ориентированная визуализация геофизических параметров в области аврорального овала (2020). Научная визуализация 12.3: 108 - 118, DOI: 10.26583/sv.12.3.10

## **ВЛИЯНИЕ АВРОРАЛЬНЫХ ОСАДКОВ НА ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ И МЕТОДЫ ИХ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ**

**Аннотация.** В статье рассматривается современное положение прогнозирования авроральных осадков в современном мире и то, насколько данное исследование важно для современного научного мира. Телекоммуникации, буровые установки, системы навигации – работоспособность всего этого оборудования напрямую зависит от мощности и продолжительности полярного сияния в тех местах, где оно выражено наиболее ярко. Примером может служить полярная зона Российской Федерации, где полярные сияния – не редкость. В данной статье разбираются методы прогнозирования авроральных осадков и разработка системы автоматизации данных методов.

**Ключевые слова:** авроральные осадки, телекоммуникации, методы исследования авроральных осадков, северное сияние.

### ***Введение***

Авроральными осадками и феномен их влияния на телекоммуникации называют особенности распространения радиоволн путем отражения от области полярного сияния – Авроры, наблюдая полярные сияния, еще М. В. Ломоносов высказал предположение о том, что они вызываются мельчайшими заряженными частицами. Дальнейшие наблюдения подтвердили, что области с повышенной ионизацией газа имеют то же происхождение, что и ионосферно-магнитные бури и что оба эти явления возникают одновременно. Они проявляются главным образом в приполярных областях, вблизи геомагнитных полюсов; в средних широтах полярные сияния редки.

На рис. 1 показана область полярных сияний, имеющая вид неправильного овала, границы которого непрерывно меняются.

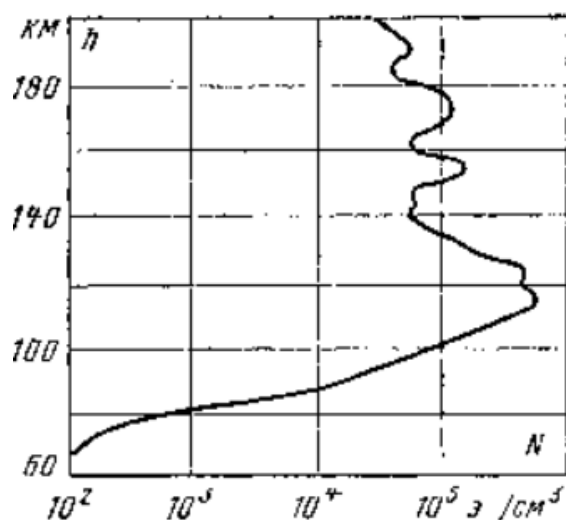


Рис. 1. Распределение электронной плотности по высоте полярного сияния

Однако в радиолокации авроральные воздействия на телекоммуникации мало изучены. На практике теле- и радиостанции подвергаются авроральному воздействию незначительно, около 94% полярных сияний происходит на высотах от 90 до 130 км над земной поверхностью, северные сияния создают помехи как для обычных вышек связи, так и для загоризонтных станций. На экранах индикаторов эти помехи появляются в виде мощных видеосигналов, среди которых практически невозможно обнаружить действительные цели, найдена возможность использования телевышек в изучаемых условиях как метод аврорального прогнозирования.

Для авроральной теле- и радиосвязи характерен повышенный уровень шумов, источником которых является сама отражающая область ионосферы, поэтому для прогнозирования возможности авроральной радиосвязи можно использовать прогноз ионосферно-магнитных бурь. (Таблица 1).

Таблица 1

Прогноз вероятности

Сегодня	Активно	Низкая	Высокая
Высокая широта	15%	20%	15%
Средняя широта	10%	1%	1%

## Прогноз Кр-индекса

	Мин.	Макс.
Воскресенье	Кр1	Кр2
Понедельник	Кр1	Кр2
Вторник	Кр1	Кр2

Указываются прогнозируемые глобальные геомагнитные условия (Кр) для средних и высоких широт (К-индексы). (Таблица 2). Эти значения указывают на ожидаемую геомагнитную активность в течение любого 3-часового периода в течение следующих трех дней. Это самый простой способ узнать, какие геомагнитные условия ожидаются в течение следующих 3 дней. Прогнозы ежедневно обновляются SWPC NOAA и могут отличаться от прогнозов сделанных командой SpaceWeatherLive. Время указано в UTC.

**Заключение**

Долгосрочный прогноз КР – опубликован как прогнозируемые максимальные ежедневные глобальные геомагнитные условия (Кр) на ближайшие 27 дней. Это самый простой способ узнать, какие геомагнитные условия ожидаются в течение следующих 27 дней. Эти данные обновляются еженедельно с помощью SWPC NOAA. Поскольку космическую погоду предсказать заранее достаточно сложно, эти данные могут быть полезны для прогнозирования возникновения регулярно повторяющихся солнечных событий, например, таких как ветровые потоки и корональные отверстия.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Дир Ч., Холтет Я., Полярная верхняя атмосфера. Пер. с англ. М., 1983 - 456с.
2. Воробьев А.В., Пилипенко В.А., Еникеев Т.А., Воробьева Г.Р., Христуло О.И. Система динамической визуализации геомагнитных возмущений по данным наземных магнитных станций Научная визуализация. 2021. Т. 13. № 1. С. 162-176.
3. А.В. Воробьев, В.А. Пилипенко, А.Г. Решетников, Г.Р. Воробьева, М.Д. Белов. Веб-ориентированная визуализация геофизических параметров в области аврорального овала (2020). Научная визуализация 12.3: 108 – 118.

УДК 004.75

Р. Р. БАКИЕВ, А. А. ГАЗИЗОВ

*robert\_bakiev@mail.ru*

Науч. руковод. – д-р техн. наук, проф. О. И. ХРИСТОДУЛО

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ УГРОЗ В СЛОЖНЫХ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА (НА ПРИМЕРЕ ПАВОДКА В РЕСПУБЛИКЕ БАШКОРТОСТАН)**

**Аннотация.** В данной статье рассматривается задача прогнозирования с помощью рекуррентной нейронной сети одного из видов угроз – паводка, основанного на физическом процессе подъема уровня воды в водных объектах на территории субъекта Российской Федерации (на примере Республики Башкортостан).

**Ключевые слова:** искусственная нейронная сеть; прогнозирование угроз; интеллектуальный анализ данных; весенний паводок.

### ***Введение***

На сегодняшний день качественно новые системы включают в себя физические, биологические и цифровые компоненты. Любую из таких систем можно рассматривать как сложную взаимосвязанную совокупность объектов различной сложности и физической природы [1].

Однако, несмотря на всю совокупность компонентов реального мира, прочное место все же занимает именно цифровая компонента, позволяющая людям точнее и своевременнее отслеживать (контролировать) состояние и развитие процессов взаимодействия и взаимного влияния этих компонент друг на друга (как позитивно, так и негативно). Причем эта цифровая компонента, с одной стороны осуществляет сбор, хранение и дальнейшее использование разноплановой информации об этих компонентах и связях между ними (включая саму себя), с другой стороны реализует различные модели и алгоритмы взаимодействия этих компонентов (включая прогнозирование и управление некоторыми из этих процессов) [2, 3].

В связи с развитием машинного обучения, появлением новых источников данных и технологий сформировались условия для более современного и каче-

ственного использования компьютерных технологий в управлении сложными распределенными системами (СРС) [12, 13, 14]. При этом компоненты сами являются сложными распределенными системами и оказывают (или потенциально могут оказывать), в том числе, негативное воздействие друг на друга, то есть представляют собой или формируют угрозу друг для друга. Поэтому одной из актуальных задач современности является разработка различных информационных средств и методов парирования угроз на основе контроля и прогнозирования развития процессов (в том числе физически), составляющих основу этих угроз [4]. В данной статье рассмотрим задачу прогнозирования с помощью рекуррентной нейронной сети одного из видов угроз – паводка, основанного на физическом процессе подъема уровня воды в водных объектах на территории субъекта Российской Федерации (на примере Республики Башкортостан).

### *Постановка задачи*

С терминологической точки зрения существует несколько природных явлений, которые характеризуются подъемом уровня воды в водных объектах: наводнение, половодье и паводок. Два последних понятия в последние годы часто употребляются в одном и том же смысле – подъем воды, который может негативно повлиять на объекты СРС, будь то весенний подъем уровня воды, вызванный в основном интенсивным снеготаянием и/или дождем (на самом деле – это половодье), или подъемом уровня воды в другое время года, вызванным дождями. Поэтому в дальнейшем термином паводок будет называться любая ситуация на водном объекте, при которой происходит подъем уровня воды, приводящий к затоплению определенных территорий.

Задача контроля и прогнозирования развития паводковой ситуации известна давно, и существуют решения (научные, технические, организационные) [6, 9], позволяющие в некоторой степени определять основные характеристики этой угрозы и реагировать на возможность ее негативного развития (то есть парировать) по отношению к перечисленным выше объектам СРС.



Для измерения уровня воды  $h$  водных объектов в Республике Башкортостан установлены 34 стационарных гидрологических поста и 38 автоматических станций (рис. 1).

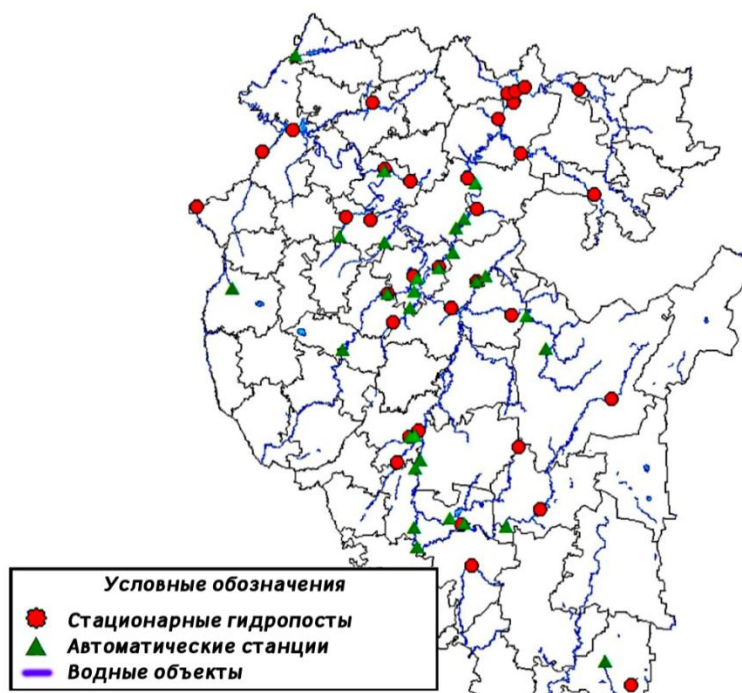


Рис. 1. Размещение стационарных гидрологических постов и автоматических станций на водных объектах Республики Башкортостан

Измерения уровней воды на гидропостах и автоматических станциях проводятся сотрудниками Башгидромета ежедневно в 8 часов утра. Задача прогнозирования паводковых ситуаций сводится к тому, чтобы определить уровень воды  $h_6$  на следующий день.

Основными факторами развития весеннего паводка, влияющими на величину  $h$  являются: запасы влаги в почве, запасы снега, температура воздуха и осадки в виде дождя. [1]

Методы, основанные на нейронных сетях, не являются чем-то совершенно новым [7, 8]. Однако, в статье [7] автор при обучении нейросети использовал исторические данные только уровня воды  $h$  (при этом погрешность прогнозов составила 9–10%). А, как нам уже известно [1], на величину  $h$ , влияет множество других факторов, которые не учитывались при обучении нейронной сети.

## ***Прогнозирование уровней воды с учетом температуры воздуха***

В данной работе прогнозирование будет производиться с помощью нейросетевого подхода (рекуррентной нейронной сети (РНС)) на основе исторических данных (на примере гидрологического поста) №76289 (Уфа, река Белая)).

Для прогнозирования паводковой ситуации будем использовать рекуррентную нейронную сеть, которая представляет собой одну из видов скоростных (второго поколения) искусственных нейронных сетей, в которой связи между нейронами в совокупности образуют направленную выходную последовательность поточной обрабатываемой информации. Структура данной нейронной сети представлена на рис. 2:

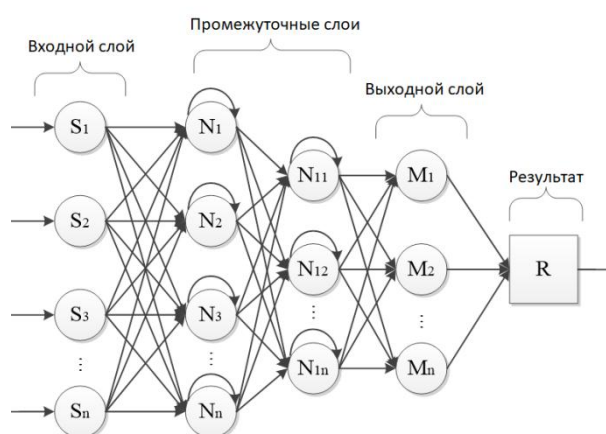


Рис. 2. Структура РНС

Представленная РНС состоит из трех слоев: входной, промежуточный (рекуррентный) и выходной.

Рекуррентный слой представляет из себя набор рекуррентных блоков. Входные данные поступают на рекуррентный блок в виде набора данных, которые состоят из временного интервала (дат) и параметров (уровень воды, температура воздуха). Затем идет их обработка, после чего обработанные данные поступают на следующий блок. Таким образом происходит запоминание текущего состояния, на котором основывается прогноз на следующие  $fd$  дней.

Таким образом, результат работы РНС – вектор длиной  $fd$ . Каждый элемент вектора – прогноз на соответствующий день. Такая рекуррентная обработка позволяет выполнять прогноз, основываясь на предыдущих результатах.

Перед тем как начать процесс прогнозирования необходимо обучить нейронную сеть. Существует достаточно большое количество методов для обучения нейронной сети, например метод Хэбба [10] или метод соревнования [11]. В данном случае используется метод обучения с учителем, суть которого заключается в следующем: имеется набор данных по уровню воды и температуре воздуха за весенний период (март, апрель, май) с 1998 по 2022 гг. для всех гидропостов в Республике Башкортостан. Данные загружаются в нейросеть для обучения и параллельно выполняется оценка качества самого обучения.

Для обучения сети необходимо указать шаг сходимости алгоритма градиентного спуска. Данное значение регулирует процесс обучения. При больших значениях шага сходимости алгоритм градиентного спуска может не найти минимум функции, который необходим для более точного будущего прогноза. После нахождения минимума регулируются весовые коэффициенты. Вышеописанные действия повторяются по всему обучающему множеству несколько раз, в зависимости от количества эпох (циклов обучения).

Перед обучением нейронной сети разделим данные на две выборки: обучающую и выборку валидации. Вторая из них не участвует в процессе обучения. Она нужна для оценки работы сети во время обучения. Данное решение помогает подобрать количество эпох и шаг сходимости алгоритма градиентного спуска. График обучения нейронной сети представлен на рис. 3.

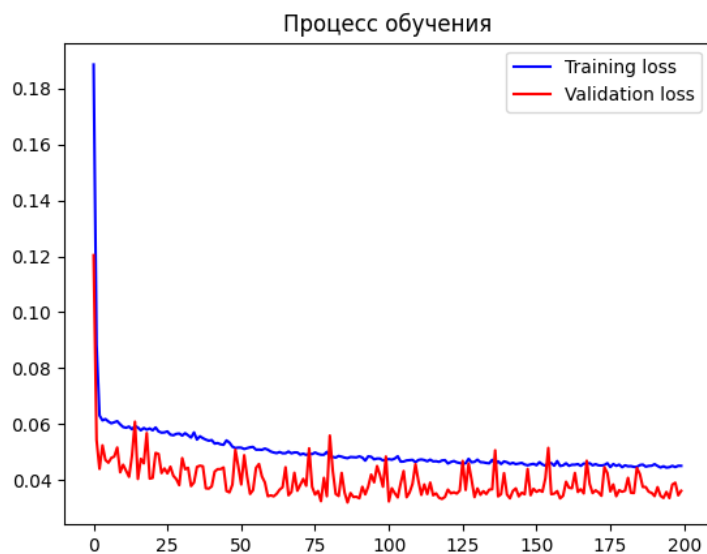


Рис. 3. График обучения нейронной сети

Данный график показывает снижение ошибки. Скачки выборки валидации постепенно уменьшаются. Оба графика не расходятся, значит процесс обучения прошел корректно.

Проведем прогнозирование уровня воды для гидропоста №76289 (Уфа, река Белая) на 5 дней: с 15 по 19 апреля 2022 г.

Результатом прогнозирования является график, представленный на рис. 4: На графике представлены следующие элементы:

- Даты;
- Фактическое значение уровней воды;
- Прогнозное значение уровней воды, полученное рекуррентной нейронной сетью.

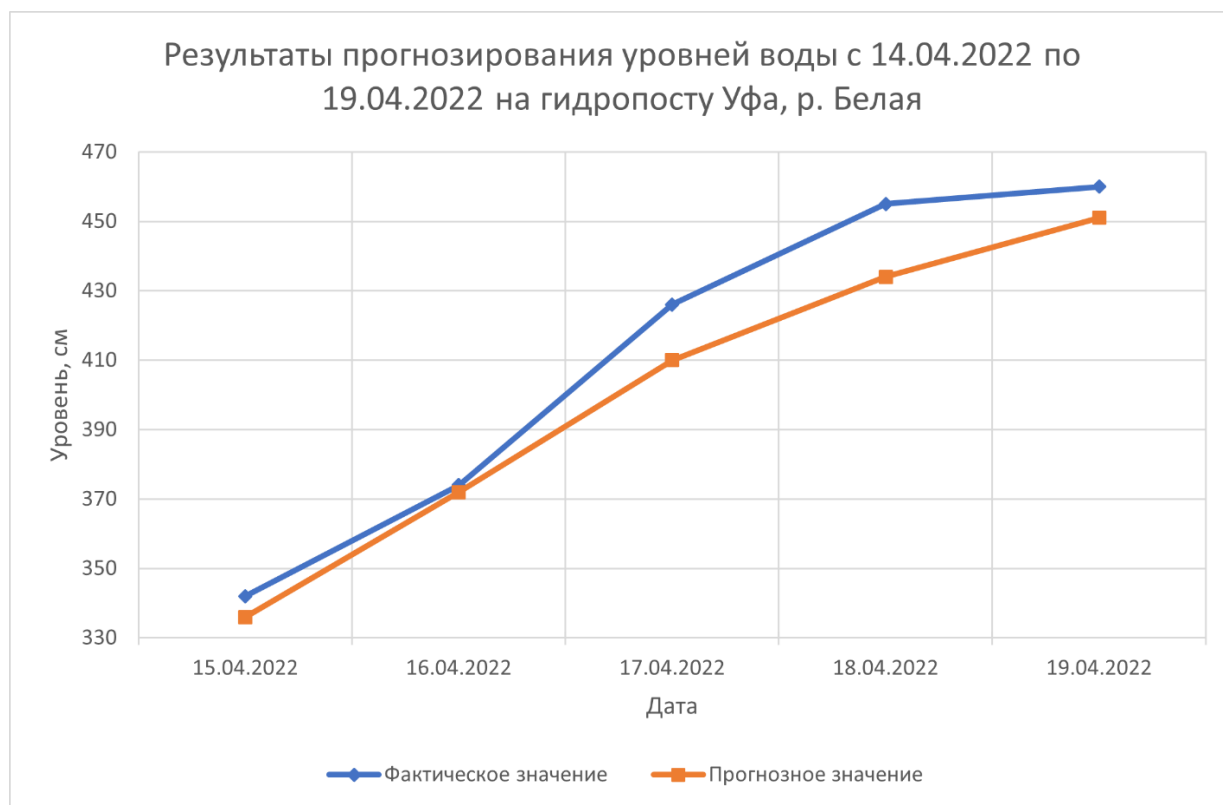


Рис. 4. Результаты прогнозирования уровней воды с 14.04.2022 по 19.04.2022

Исходя из данных, полученных в результате обучения и прогнозирования получена погрешность в 4–5%, что является более точным результатом по сравнению с прогнозами, выполненными только на основе уровней воды  $h$ , где погрешность составила 9–10%. [7]

## *Заключение*

В данной работе представлен метод раннего обнаружения угроз с применением искусственной рекуррентной нейронной сети (на примере весеннего паводка в Республике Башкортостан) с целью их парирования. Тестирование данной ИРНС при обучении с использованием данных температуры воздуха показывает более точные данные по сравнению с результатами, полученными только на основе уровней воды (погрешность 4–5% и 9–10% соответственно).

*Результаты исследований, представленные в статье, поддержаны грантом РФФИ №20-08-00301\20 – А «Методологические и теоретические основы управления уязвимостью на основе парирования угроз в сложных распределенных системах».*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Христодуло О.И., Брекоткина Е.С., Павлов А. С., Павлов С. В., Трубин В.Д. Анализ и синтез структуры пространственных данных для управления сложными распределенными системами // Труды Восьмой Всероссийской научной конференции с международным участием «Информационные технологии и системы», 17-21 марта, Ханты-Мансийск, Россия, 2020 г – 120-124 с. URL: [https://itis.uriit.ru/files/sbornik\\_works\\_2020.pdf](https://itis.uriit.ru/files/sbornik_works_2020.pdf)
2. Shafizadeh-Moghadam H., Valave R., Shahabi H., Chapi K., «Shirzadi A. Novel forecasting approaches using combination of machine learning and statistical models for flood susceptibility mapping», Journal of Environmental Management, 2018, vol . 217, pp. 1–11.
3. Wing O.E.J., Sampson C.C., Bates P.D., «A flood inundation forecast of Hurricane Harvey using a continental-scale 2D hydrodynamic model», Journal of Hydrology X, vol. 4, 2019, P. 1–17. [14] Wesemael A.V., Landuyt L., Lievens H., Verhoest N., «Improving flood inundation forecasts through the assimilation of in situ floodplain water level measurements based on alternative observation network configurations», Advances in Water Resources, vol. 130, 2019, pp. 229–243.
4. Kim K., Pant P., Yamashita E., «Integrating travel demand modeling and flood hazard risk analysis for evacuation and sheltering», International Journal of Disaster Risk Reduction, vol. 31, 2018, pp. 1177–1186.
5. Христодуло О.И., Брекоткина Е.С., Гузаиров М.Б., Павлов С. В., Павлов А. С. Информационная поддержка управления уязвимостью сложных распределенных систем на основе обработки пространственной информации. Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2020; 8(2). URL: [https://moit.vivt.ru/wp-content/uploads/2020/05/BrekotkinaSoavtors\\_2\\_20\\_1.pdf](https://moit.vivt.ru/wp-content/uploads/2020/05/BrekotkinaSoavtors_2_20_1.pdf)
6. Кулин Н.И., Козлов Е. А., Жук Ю.А. Прогнозирование весеннего половодья рек с использованием методов машинного обучения // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2021. Т. 21, № 1. С. 135–142. doi: 10.17586/2226-1494-2021-21-1-135-142

7. Khristodulo, O.I. Threats complex distributed systems parrying based on their development prognostication / E.V. Palchevsky, O.I. Khristodulo, S.V. Pavlov // *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*. Vol. 483. – Atlantis Press, 2020. – Pp. 191-194.
8. Морейдо В. М., Гарцман Б. И., Соломатин Д. П., Сучилина З. А. Возможности краткосрочного прогнозирования стока малой реки с использованием методов машинного обучения, С. 375–390
9. Коршикова М. Н., Калач Е. В. Организация планирования и проведения превентивных мероприятий в период прохождения весеннего половодья на территории Алтайского края, С. 1037–1039
10. Ричард Маслэнд. Как мы видим? Нейробиология зрительного восприятия = Richard Masland. *We Know It When We See It: What the Neurobiology of Vision Tells Us About How We Think*. — М.: Альпина Паблишер, 2021. — 157 с.
11. Goodfellow, Ian J.; Pouget-Abadie, Jean; Mirza, Mehdi; Xu, Bing; Warde-Farley, David; Ozair, Sherjil; Courville, Aaron & Bengio, Yoshua (2014), *Generative Adversarial Networks*, arXiv:1406.2661
12. Христодуло О.И., Брекоткина Е.С., Гузаиров М.Б., Павлов С. В., Павлов А. С. Информационная поддержка управления уязвимостью сложных распределенных систем на основе обработки пространственной информации. Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2020; 8(2). URL: [https://moit.vivt.ru/wp-content/uploads/2020/05/BrekotkinaSoavtors\\_2\\_20\\_1.pdf](https://moit.vivt.ru/wp-content/uploads/2020/05/BrekotkinaSoavtors_2_20_1.pdf)
13. Христодуло, О.И. Анализ ретроспективных данных с применением технологий искусственного интеллекта для прогнозирования угроз в сложных распределенных системах / Е. В. Пальчевский, О.И. Христодуло, С. В. Павлов, А.В. Соколова // *Вестник компьютерных и информационных технологий*. №2–2021. – Изд-во: «СПЕКТР», Москва, 2021. – С. 39–45.
14. Khristodulo O.I., Pavlov S.V., Palchevsky E.V. Threat prediction in complex distributed systems using artificial neural network technology // *CEUR Workshop Proceedings*. 2020. V. 2763. P. 289–294.

УДК 004

Ю. П. БЕЛЯЕВА

*blva02@mail.ru*

Науч. руковод. – канд. филол. наук, доц. М. Ф. ГАЙНАНШИН

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## PREPARATION OF ATTRIBUTE INFORMATION FOR GIS USATU

**Abstract.** The article discusses the technology of digitizing the engineering networks in GIS USATU, preparation of attribute information, problems of implementation of digitization methods and their solutions.

**Keywords:** engineering networks, digitization, water supply and sanitation networks, the ArcGIS information system, its main component – ArcMap.

### *Introduction*

A lot of information is required to create various operating natural-technological complexes. It can be heterogeneous, complex and scattered, so it is necessary to carry out large-scale expensive work on systematization of algorithms implementing this model.

A model is being created on the basis of a real operating university (USATU), which requires information about the features of the constructions and structure of engineering networks. The success in the implementation of techniques and algorithms that underlie the digitization of engineering network facilities, namely water and wastewater mains, directly depends on the completeness of the information.

### *The main part*

The main problem is that different attributive information, heterogeneous and complex, is required, which must be collected in primary form for objects of water supply, sanitation, energy supply and communications systems and be subject to digitization in the future.

The success in the implementation of the techniques and algorithms that underlie the digitization of engineering networks directly depends on the completeness of the information. The more systematized the information, the better the work will be.

It is no secret that a lack of information can lead to uncertainty or inaccuracy of the result obtained, and an excess of information can lead to a high labor intensity of work and an increase in the time spent.

The geoinformation model of USATU is a testing ground for working out techniques for modeling man-made systems. Creating the GIS USATU requires collecting a large amount of information, which includes the design features of engineering facilities, buildings, structures.

Also, when preparing various related information, we observe a problem of its correctness, that is, there are any shortcomings, misprints or errors.

The work done concerns only water supply and sanitation systems, coordination with the original vector layers is applied, scanned maps are used, plan maps in CAD system formats, but there is a problem – information from CAD systems does not always correspond to data models in accepted GIS. In order for it to correspond to the *planar graph* model, it is necessary to create a layer of *point objects* – wells and a layer of *linear objects* – pipes. Information should be able to transform into a multi-dimensional representation.

For a more complete study of working with engineering networks in a GIS environment, it is necessary to get acquainted with the features of the network structure and the types of representation of networks in GIS. One needs to understand why the connectivity of network objects is necessary, and learn the information structure of network objects and their basic operations.

Networks are executed in the format of a planar graph, i.e. they are composed of two fundamental elements: edges (lines) and connections (points). An edge is always connected to two connections; a connection can be connected to any number of edges.

Thanks to the preparation of attribute data, we can create a model of the functioning of our university.



УДК 004.75

В. В. БИРЮКОВ

*biryukov.vva@mail.ru*

Науч. руковод. – д-р техн. наук, проф. С. В. ПАВЛОВ

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

**РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ  
«ГИС УГАТУ» ДЛЯ ПРИВЯЗКИ И ПРОСМОТРА АТРИБУТИВНЫХ  
ДАННЫХ (ФОТОМАТЕРИАЛЫ) В ПРОГРАММНОМ ПРОДУКТЕ  
«ГИС ИНГЕО»**

*Аннотация.* В данной статье анализируются проблемы, с которыми сталкивается пользователь при традиционном способе привязки и просмотра фотографий к планам помещений/этажей, а также предлагается решение данных проблем в виде разработки отдельного модуля, который взял бы на себя эти задачи и значительно облегчил их.

*Ключевые слова:* ГИС, привязка фото, проблемы, разработка

Геоинформационные системы в современном мире распространены повсеместно – от небольших организаций до компаний-гигантов. Как правило, основными функциями ГИС являются наглядное представление пространственных данных, возможность оперативно получить необходимую информацию о представленных объектах.

Геоинформационная система – система сбора, хранения, анализа и графической визуализации пространственных (географических) данных и связанной с ними информации о необходимых объектах.

Как и в многих организациях, в УГАТУ (Уфимский Государственный Авиационный Технический Университет) также разрабатывается собственная ГИС – «ГИС УГАТУ». Данная локальная геоинформационная система предназначена для внутреннего пользования, работают с ней в нескольких программных продуктах, среди которых «ГИС ИнГео».

Неотъемлемой частью разработки ГИС является заполнение атрибутивных данных, в том числе фотографий. «ГИС ИнГео» позволяет привязывать фотоматериалы к пространственным объектам, однако это требует значительных затрат по времени и при больших объемах данных традиционный способ становится неудобным. Также при необходимости просмотреть фотографии

(в данном случае помещений учебных корпусов) требуется большое количество действий, также просмотр фотографий может быть реализован только путем выбора каждого отдельного слоя помещения. Ввиду неудобности просмотра нескольких привязанных фотографий, из имеющихся материалов собирается коллаж – привязывается именно он. Пример просмотра фотографий помещения учебного корпуса №6 представлен на рисунках 1-2.

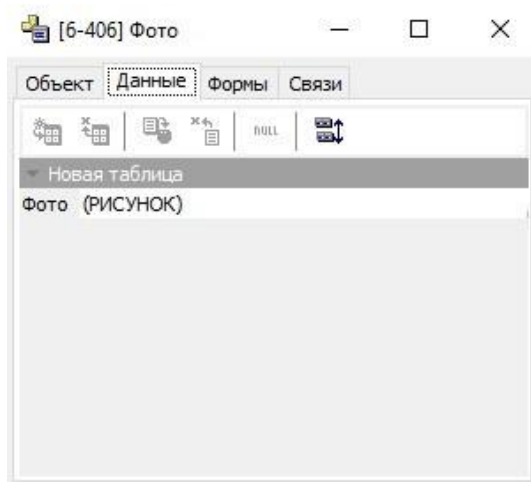


Рис. 1. Просмотр фотографий помещения

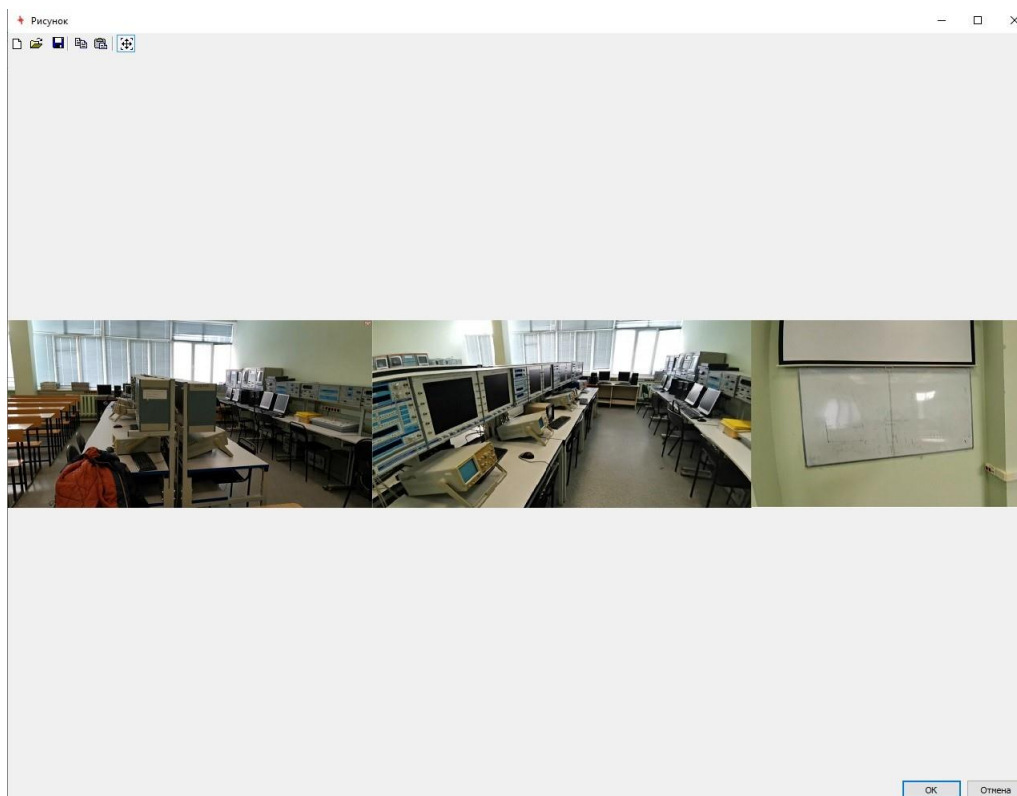


Рис. 2. Просмотр фотографий помещения

В качестве решения вышеописанных проблем выступает разрабатываемый модуль в программном продукте «ГИС ИнГео», который возьмет на себя функции привязки и просмотра фотографий, облегчит эти задачи и существенно сэкономит время.

Разрабатываемый модуль будет реализован в виде отдельного интерфейса, в котором пользователю будет предложено выбрать одну из задач – привязка или просмотр фотографий. В течение всего времени работы с модулем пользователь может переключаться между задачами и в реальном времени наблюдать результат своей работы, не теряя на это времени.

Таким образом, разрабатываемый модуль «ГИС УГАТУ» для привязки и просмотра фотографий в программном продукте «ГИС ИнГео» решит имеющуюся проблему при заполнении атрибутивных данных (фотоматериалы).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. INTEGRO «Инструментальная геоинформационная система ИнГео», 2018. [Электронный ресурс]. URL: [https://www.integro.ru/projects/gis/main\\_gis.htm](https://www.integro.ru/projects/gis/main_gis.htm)
2. КНИГА 3. «Руководство пользователя. Работа шаг за шагом»: Руководство пользователя для ГИС «ИнГео»/ ЗАО ЦСИ «Интегро» – 2005. – 32 с.

С. М. ВАЛИЕВ, А. С. КАЛГАНОВ

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. А. В. ВОРОБЬЕВ

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **ПОДХОД К ВИЗУАЛИЗАЦИИ ГЕОМАГНИТНЫХ ВАРИАЦИЙ В АРКТИЧЕСКОМ РЕГИОНЕ НА БАЗЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ**

*Аннотация.* Данная статья посвящена исследованию геомагнитного поля в арктической зоне РФ. Важно найти оптимальный способ изобразить геомагнитное поле. В статье рассматриваются изображения геомагнитного поля в арктической зоне РФ с помощью интерполяции. А именно была рассмотрена интерполяция методом обратного взвешивания расстояния.

*Ключевые слова:* интерполяция, обратное расстояние, геомагнитное поле, степень, вес.

### ***Введение***

Интерполяция - это способ нахождения промежуточных значений функции по имеющемуся дискретному набору известных значений функции. Интерполяция использует значения функции, заданные в ряде точек, чтобы предсказать значения функции между этими точками. Тем, кто сталкивается с научными и инженерными расчетами, приходится работать с наборами значений, полученных опытным путем или методом случайной выборки. Обычно на основании этих наборов требуется построить функцию, на которую с высокой точностью могли бы попадать другие получаемые значения. Данная задача называется аппроксимацией. Интерполяцией называют разновидность аппроксимации, при которой кривая построенной функции проходит через имеющиеся точки данных.

### ***Обратное взвешивание расстояния (ОВР)***

При построении изображения геомагнитного поля используются различные методы, наиболее распространенными из которых являются TIN интерполяция и ОВР интерполяция. В данной статье рассмотрим конкретно ОВР интерполяцию. Интерполяция по методу обратно взвешенных расстояний определяет значения ячеек с помощью линейно взвешенной комбинации значений из

поднабора опорных точек. Вес – это функция обратного расстояния. Интерполируемая поверхность должна представлять собой поверхность пространственно-зависимой переменной. Инструмент ОВР опирается на обратное значение расстояния, возведенное в математическую степень. Параметр степень позволяет нам контролировать влияние значений в известных точках на интерполируемые значения, основываясь на расстоянии от точек из поднабора до результирующей точки. Это положительное, вещественное число. Значение по умолчанию равно двум. При определении большего значения степени, больший акцент будет дан ближайшим точкам. Получается ближайшие данные будут иметь наибольшее влияние, и поверхность будет более подробной. При увеличении степени значения интерполяции начинают приближаться к значению ближайшей контрольной точки. Определение более маленького значения степени даст больше влияния окружающим точкам, которые находятся дальше. Это приводит к более сглаженной поверхности.

### ***Оценка результатов построения изображения***

Важно, чтобы изображение геомагнитного поля в арктической зоне РФ отображало действительные значения геомагнитного поля в данной территории. Для этого была проведена ОВР интерполяция с различными показателями степени. Таким образом, есть возможность наглядно увидеть, как отличаются изображения с разными значениями степени. Результат построения можно увидеть на рисунках 1-3. На изображениях можно увидеть, что наиболее точное изображение получается при степени 20.

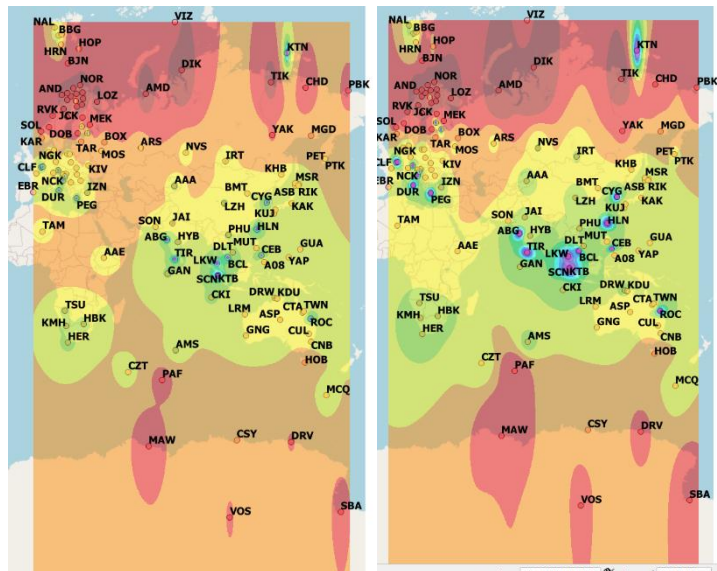


Рис. 1. ОВР интерполяция с значениями степени 2 и 3 соответственно (составлен автором)

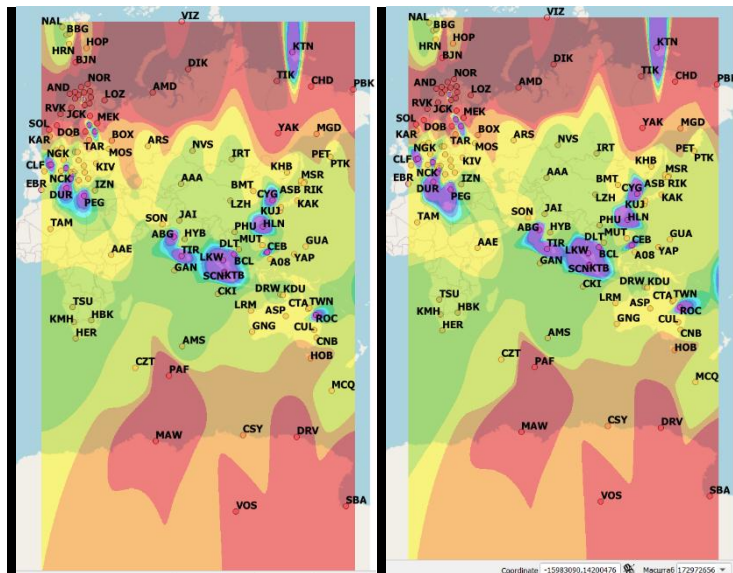


Рис. 2. ОВР интерполяция с значениями степени 6 и 10 соответственно (составлен автором)

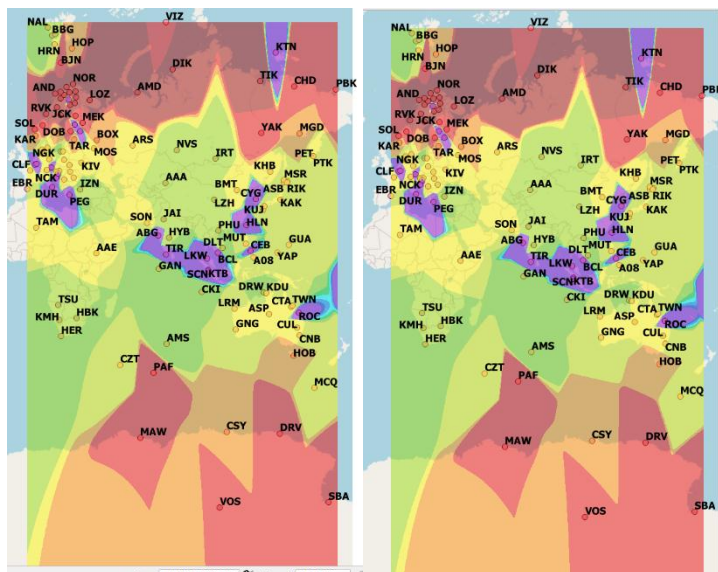


Рис. 3. ОВР интерполяция с значениями степени 20 и 30 соответственно (составлен автором)

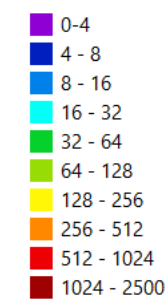


Рис. 4. Легенда ОВР интерполяции с значениями геомагнитного поля (составлен автором)

Таким образом, в ходе проведения исследования было выяснено, что модель ОВР интерполяция дает хорошее изображение геомагнитного поля, однако, важно подобрать правильные параметры для точного изображения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воробьев А.В., Воробьева Г.Р. Подход к оценке относительной информационной эффективности магнитных обсерваторий сети intermagnet Геомагнетизм и аэрономия. 2018. Т. 58. № 5. С. 648-652.
2. Воробьев А.В., Пилипенко В.А., Сахаров Я.А., Селиванов В.Н. Статистические взаимосвязи вариаций геомагнитного поля, аврорального электроджета и геоиндуцированных токов Солнечно-земная физика, 2019. Т. 5. № 1. С. 48-58.
3. Воробьев А.В., Пилипенко В.А., Сахаров Я.А., Селиванов В.Н. Статистические взаимосвязи вариаций геомагнитного поля, аврорального электроджета и геоиндуцированных токов. Солнечно-земная физика. 2019. Т. 5. № 1. С. 48-58.
4. Воробьев А.В., Пилипенко В.А., Еникеев Т.А., Воробьева Г.Р., Христовуло О.И. Система динамической визуализации геомагнитных возмущений по данным наземных магнитных станций Научная визуализация, 2021. Т. 13. № 1. С. 162-176.
5. Воробьев А.В., Пилипенко В.А., Еникеев Т.А., Воробьева Г.Р. Геоинформационная система для анализа динамики экстремальных геомагнитных возмущений по данным наблюдений наземных станций Компьютерная оптика, 2020. Т. 44. № 5. С. 782-790.
6. Воробьев А.В., Пилипенко В.А., Решетников А.Г., Воробьева Г.Р., Белов М.Д. Веб-ориентированная визуализация геофизических параметров в области аврорального овала Научная визуализация, 2020. Т. 12. № 3. С. 108-118.
7. Воробьев А.В., Воробьева Г.Р. Визуализация геомагнитных вариаций в частотно-временной области информационного сигнала Научная визуализация, 2019. Т. 11. № 2. С. 143-155
8. Воробьев А.В., Воробьева Г.Р. Подход к оценке относительной информационной эффективности магнитных обсерваторий сети intermagnet Геомагнетизм и аэрономия, 2018. Т. 58. № 5. С. 648-652.
9. Воробьев А.В., Воробьева Г.Р. Веб-ориентированная 2d/3d-визуализация параметров геомагнитного поля и его вариаций Научная визуализация, 2017. Т. 9. № 2. С. 94-101.

УДК 004

М. Р. ВАХИТОВ

*Malikufa2000@mail.ru*

Науч. руковод. – Э. А. ХУЗИЯХМЕТОВА

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## ИЗУЧЕНИЕ СЕВЕРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

**Аннотация.** Продуцирование новых научных теорий обеспечивает обществу адекватное взаимодействие с окружающей средой, повышает его устойчивость благодаря практическому использованию новых знаний в производстве и других сферах. Геоинформатика появилась на основе эмпирического познания как прикладная наука, связанная, в первую очередь, с решением практических задач.

*Цель исследования:* Изучить северные территории

*Объект исследования* – возможность анализировать различные территории.

*Предмет исследования* – северная территория

*Методы исследования:* анализ местности, практическая работа над проектом и анализ полученных результатов.

На рисунке 1 представлен пример выявления объектов в спутниковой карте с использованием NextGis.

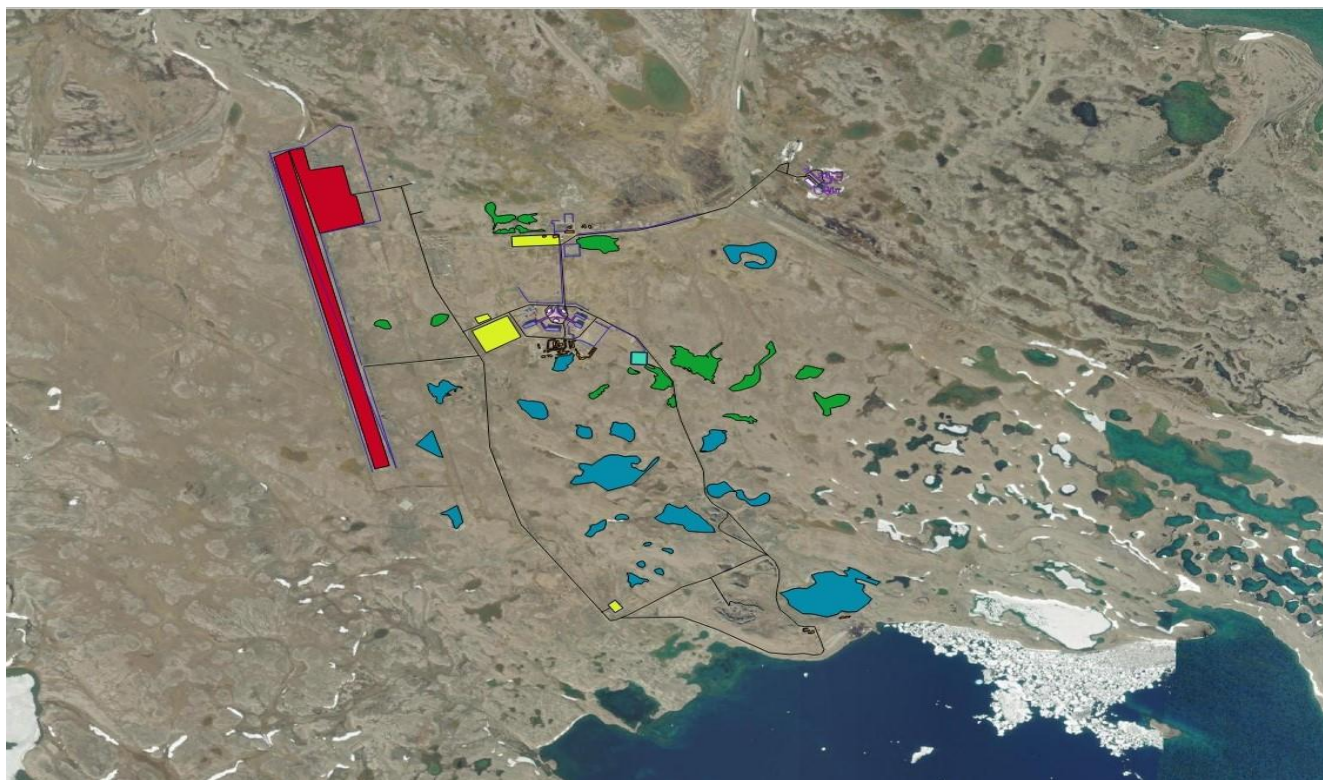


Рис. 1.



Продуцирование новых научных теорий обеспечивает обществу адекватное взаимодействие с окружающей средой, повышает его устойчивость благодаря практическому использованию новых знаний в производстве и других сферах. Геоинформатика появилась на основе эмпирического познания как прикладная наука, связанная, в первую очередь, с решением практических задач. Однако потребность решения задач в различных предметных областях привела к необходимости интеграции знаний из этих областей в область геоинформатики. Это создало механизм интеграции знаний на базе геоинформатики.

Интеграция не означает простое суммирование и объединение наборов теорий и технологий. Интеграция и геоинформатика этому яркий пример. Она основана на новых концепциях и методах, оптимально объединяющих разнообразие теоретических подходов, технологических решений и коллекций данных. Интеграция в геоинформатике дополняет и связывает различные науки в единый комплекс. Она позволяет осуществлять междисциплинарный перенос теоретических и технологических методов, чем существенно обогащает научное развитие в целом.

В реальных условиях при решении прикладных задач, в частности при работе с пространственно-распределенной информацией, может возникнуть ситуация, когда между методами разных наук нет внутренней связи и отсутствует единая концепция решения новых задач. Интеграция вообще, и в геоинформатике в частности, дает ключ к решению таких задач.

По мере развития и создания собственных методов исследования геоинформатика вышла на новый уровень как наука, которая кроме объяснения имеющихся эмпирических наблюдений может выдвигать новые идеи, ожидающие эмпирического воплощения. На определенном уровне развития геоинформатика стала обладать предсказательной функцией, т.е. способностью выдвигать проверяемые эмпирические высказывания.

В геоинформатике широко применяются методы геоинформационного визуального моделирования .

В геоинформатике исследуют и применяют пространственные отношения. В ней широко используют понятие «геореференция» как инструмент поиска, анализа и извлечения знаний. В сферу геореференции входят, в частности, зависимости между любой информацией (например, документами, наборами данных, картами, изображениями, биографической информацией) и географической локализацией с помощью местонаименований, кодов места (например, почтовые коды), координат и других методов, описывающих пространственные связи и отношения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Цветков В.Я. Геоинформационные системы и технологии. – М.: Финансы и статистика, 1998. – 288 с.
2. Heywood I., Cornelius S., Carver St. An introduction to Geographical Information Systems / Third Edition / Pearson Education Limited, 2006. 426 p.
3. Максудова Л.Г., Савиных В.П., Цветков В.Я. Интеграция наук об окружающем мире в геоинформатике // Исследование Земли из космоса. 2000. № 1. С. 46–50.
4. Савиных В.П., Цветков В.Я. Геоинформационный анализ данных дистанционного зондирования. – М.: Картоцентр-Геодезиздат, 2001. 224 с.
5. Цветков В.Я. Основы геоинформационного моделирования // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 1999. № 4. С. 147–157.
6. Hill Linda L. Georeferencing: The Geographic Associations of Information. – Cambridge; Massachusetts; London: The MIT Press, 2009. 272 p.
7. Майоров А.А., Цветков В.Я. Геореференция как применение пространственных отношений в геоинформатике // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 2012. № 3. С. 87–89.
8. Tsvetkov V.Ya. Global Monitoring // European Researcher. 2012. Vol. (33). № 11–1. P. 1843–1851.
9. Chander G., Markham B. Revised Landsat-5 TM Radiometric Calibration Procedures and Post-calibration Dynamic Ranges // Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on. 2003. Т. 41. № 11. С. 2674–2677.
10. Chevrel M., Courtois M., Weill G. The SPOT Satellite Remote Sensing Mission // Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. 1981. Т. 47. С. 1163-1171.
11. Shao Y. et al. Rice Monitoring and Production Estimation Using Multitemporal RADARSAT // Remote Sensing of Environment. 2001. Т. 76. № 3. С. 310-325.
12. Нефть, газ Арктики // Материалы международной научно-технической конференции / под ред. В.П. Гаврилова. М.: Интерконтакт Наука, 2007. 352 с.
13. Николаев М.Е. Арктика в системе ценностей Планеты // Ресурсы регионов России. М.: ВНИИЦ, 1999.
14. Милованова М.С. Разработка содержания и технологии геоинформационного обеспечения космического топографического мониторинга арктических территорий: дис. ... канд. техн. наук по специальности: 25.00.35 «Геоинформатика». М.: МГУГиК, 2012. 180 с.

15. Геокриология СССР. Западная Сибирь / под ред. Э.Д. Ершова. М.: Недра, 1989. 454 с.
16. Савиных В.П., Шаров А.И. Картографирование изменений приливных ледников Шпицбергена по данным спутниковой интерферометрии и альтиметрии. Комплексные исследования Арктики. М.: МИИГАиК, 2006. С. 243–260.
17. Савиных В.П., Малинников В.А., Сладкопевцев С.А., Цыпина Э.М. География из космоса. М.: МИИГАиК, 2000.
18. Савиных В.П. Комплексные исследования Арктики с использованием данных дистанционного зондирования. М.: МИИГАиК, 2006. 266 с.
19. Савиных В.П., Цветков В.Я. Особенности интеграции геоинформационных технологий и технологий обработки данных дистанционного зондирования // Информационные технологии. 1999. № 10. С. 36–40.
20. Савиных В.П., Цветков В.Я. Геоданные как системный информационный ресурс // Вестник Российской Академии наук. 2014. Т. 84. № 9. С. 826–829.

УДК 5.05

И. И. ВИТВИНОВА

*Inna.Vitvinova@yandex.ru*

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. А. Ф. АТНАБАЕВ

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ АНАЛИЗА РЕЗУЛЬТАТОВ ЕГЭ ПОСТУПИВШИХ В ВУЗ АБИТУРИЕНТОВ**

*Аннотация.* В статье описаны предметная область анализа результатов ЕГЭ поступивших в ВУЗ абитуриентов, процесс проектирования и разработки информационной системы.

*Ключевые слова:* геоинформационная система; пространственная информация; информационная система; база данных; анализ информации.

### ***Введение***

Количество поступающих в ВУЗ абитуриентов является важным критерием для каждого ВУЗа, поскольку это влияет на выделяемые ВУЗу средства. Чтобы эффективно информировать целевую аудиторию обо всех преимуществах заведения отделу по работе с абитуриентами приходится анализировать информацию различными способами.

Основное количество поступающих в высшее учебное заведение состоит из выпускников 11 классов различных школ, сдавших единый государственный экзамен. При поступлении абитуриенты уделяют основное внимание проходному баллу того или иного направления, который основан на результатах экзамена по нескольким дисциплинам. Анализ данных о поступающих позволяет отделу по работе с абитуриентами узнать, в каких школах ученики имеют возможность интенсивнее подготовиться к экзаменам по различным дисциплинам. Такой анализ дает возможность принимать решение о распространении информации об учебном заведении, отдельных его факультетах, направлениях на территориях определенных школ.

Чтобы провести такой анализ, требуется затратить немало времени и обработать большой объем информации. Актуальность разрабатываемой информационной системы подтверждается тем, что она позволяет сократить ресурсы,

затрачиваемые на анализ данных, и облегчает задачу отдела по работе с абитуриентами.

### ***Проведение анализа предметной области***

Не маловажное значение в анализе данных поступающих в ВУЗ имеют данные конкурсного отбора. Задача конкурсного отбора заключается в том, чтобы выбрать сильнейших кандидатов из общего числа поступающих.

По итогам конкурсного отбора прошлых годов самый высокий рейтинг определяет проходной балл того или иного направления. Степень эффективности выполнения задачи конкурсного отбора зависит от проходного балла. Из всех перечисленных выше показателей суммарный балл по итогам ЕГЭ влияет на проходной балл в большей мере, чем остальные. На проходной балл также влияет популярность ВУЗа (факультета, направления). Поэтому отделу работы с абитуриентами важно принимать решения о распространении информации о ВУЗе в образовательных учреждениях, выпускники которых набирают наиболее высокие баллы ЕГЭ.

Основных методов, которые используют для привлечения абитуриентов в УГАТУ, всего 2: дни открытых дверей в университете, на которых абитуриенты могут получить информацию об интересующих их направлениях; реклама в СМИ.

Направление анализа такой информации, как школы и набранные в них баллы экзамена, в университете недостаточно развито, чтобы его можно было использовать для работы. В связи с этим был разработан сервис, позволяющий отобразить эти данные на карте и использовать информацию для работы.

### ***Анализ ПО для решения задачи***

Разработка веб-приложения в целом предполагает такие процессы, как: написание сценариев для работы с данными из базы данных (программы для Back-end части) и разработка сценария для работы интерфейса приложения

(Front-end часть). Для работы Back-end части приложения была выбрана БД MariaDB, а для разработки Front-end части – js скрипты.

Для использования интерактивной карты на собственном сайте достаточно использовать сервис OpenStreetMap, карта которого может быть подключена с помощью Leaflet – библиотекой JavaScript с открытым исходным кодом для интерактивных карт [2]. Чтобы выбрать среду разработки необходимо учитывать, что она должна поддерживать работу с основными языками программирования, которыми в данном случае являются HTML, CSS, и JavaScript. После анализа возможностей программных продуктов Notepad++, Sublime Text и WebStorm в качестве среды разработки был выбран WebStorm, так как данное ПО объединяет функционал своих конкурентов. Результаты анализа существующего ПО представлены в таблице 1.

Таблица 1

Анализ возможностей ПО

Возможности	Notepad++	Sublime Text	WebStorm
автосохранение	+	+	+
проверка орфографии	+	+	+
сохранение прежде открытых вкладок	+	+	+
подсветка синтаксиса и тегов	+	+	+
поддержка темной темы	-	+	+
C, C++, C#, JavaScript, PHP, CSS, HTML	+	+	+
поддержка SQL, Python, F#, Perl	-	-	+
технология IntelliSense	-	-	+
отладка для JavaScript и PHP	-	-	+

### ***Проектирование информационной системы***

Чтобы уточнить, какую задачу должна помочь решить разрабатываемая система, была создана контекстная диаграмма «Разработка сервиса для анализа результатов ЕГЭ учебных заведений поступивших абитуриентов», являющаяся функциональным блоком самого верхнего уровня и представляющая собой, черный ящик для системы в целом (рисунок 1).

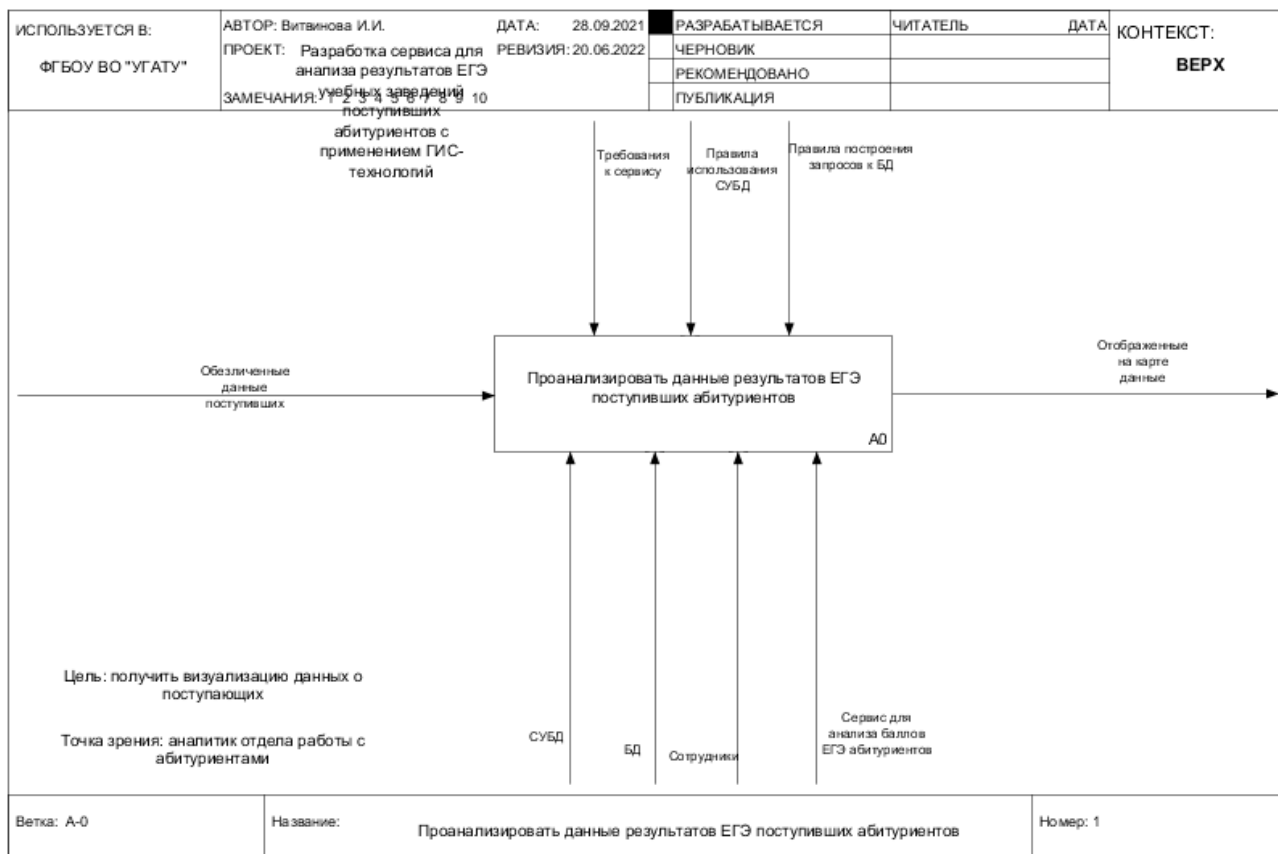


Рис. 1. Контекстная диаграмма предметной области

На диаграмме первого уровня декомпозиции контекстной диаграммы, которая изображена на рисунке 2, предложен один из способов решения задачи анализа данных результатов ЕГЭ поступивших абитуриентов. Данная задача была разделена на следующие функции: заполнить базу данных, выбрать параметры из формы веб-сервиса, визуализировать данные о поступивших. Входными данными являются обезличенные данные о поступивших. Процессы выполняются под управлением правил использования СУБД, правил построения запросов к БД, требований к сервису. А сама работа процессов осуществляется сотрудниками с помощью БД, СУБД и сервиса для анализа баллов. В результате анализа задачи заполнения базы данных была построена детализированная диаграмма процесса, который разбивается на следующие подпроцессы: проверить актуальность данных, заполнить таблицы БД новыми данными, удалить из БД неактуальные данные (Рис. 3). Данными, управляющими этими процессами, являются правила использования СУБД. Механизмы – БД, СУБД, сотрудники.

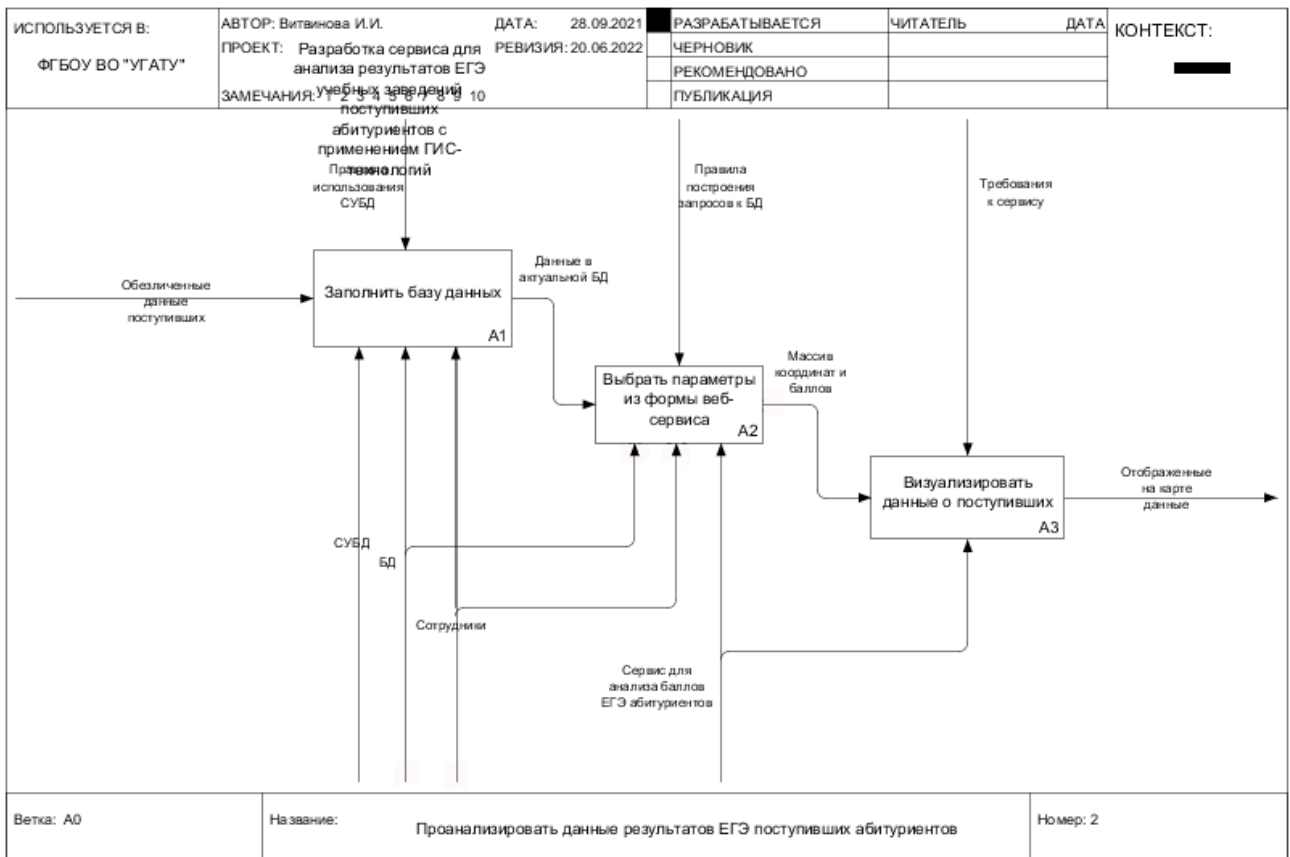


Рис. 2. Декомпозиция первого уровня

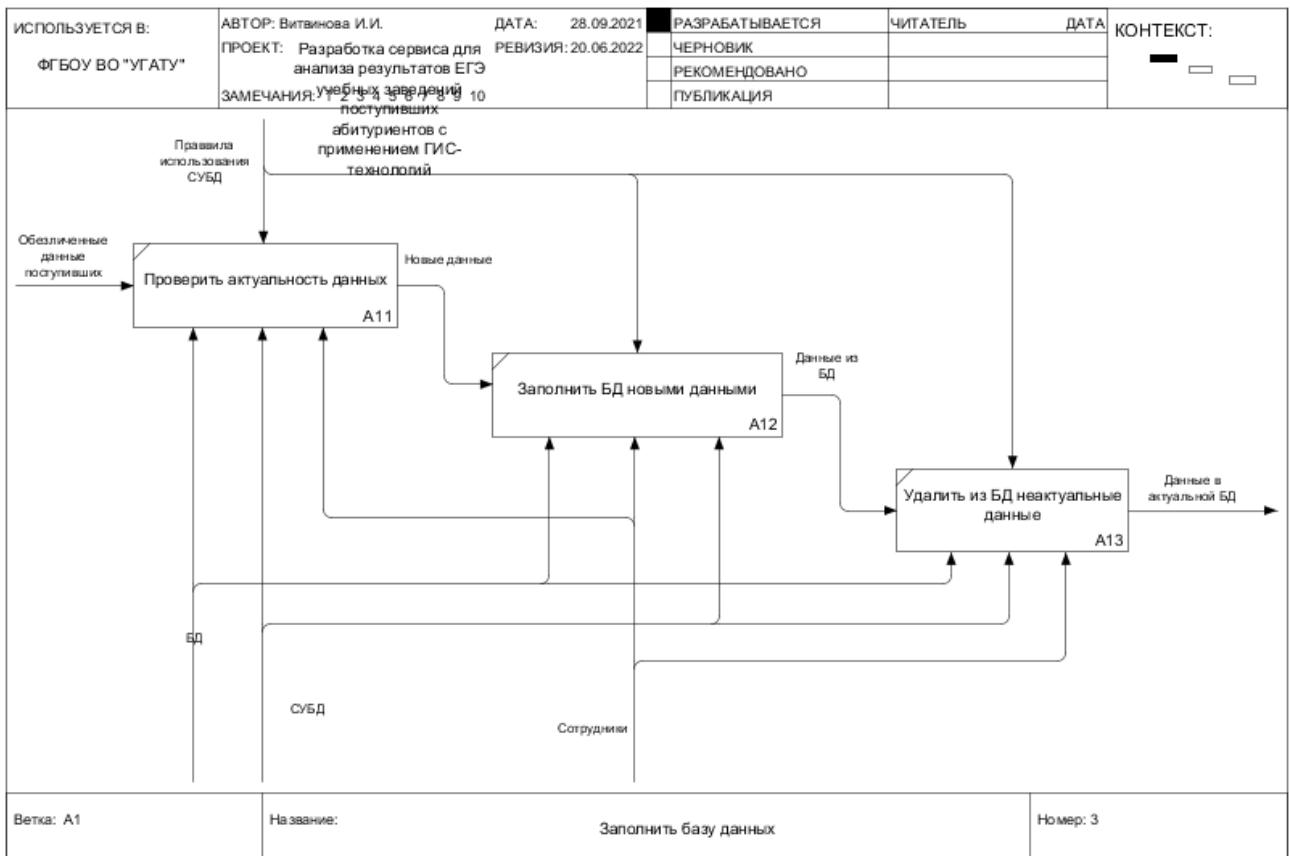


Рис. 3. Детализированная диаграмма процесса «Заполнить базу данных»



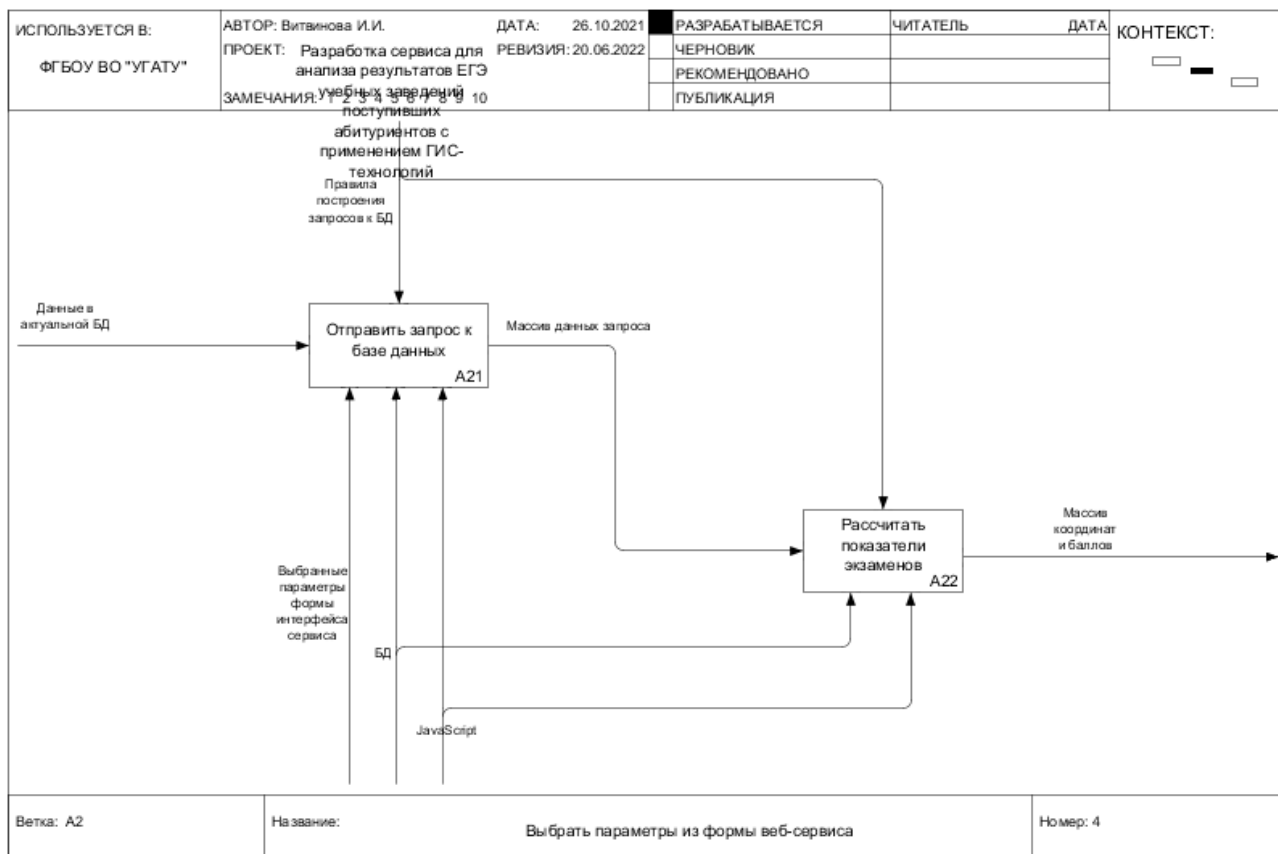


Рис. 4. Детализированная диаграмма процесса «Выбрать параметры из формы сервиса»

Процесс выбора параметров из формы веб-сервиса (Рис. ) состоит из отправки запроса к базе данных и расчета показателей экзаменов. Данными, управляющими этими процессами, являются правила построения запросов к БД. Механизмы – выбранные параметры формы интерфейса сервиса, БД и JavaScript. Входные данные для первого процесса – это данные в актуальной БД, для второго – массив данных запроса.

Чтобы визуализировать данные о поступивших сначала необходимо подключить карту OpenStreetMap, затем распределить данные проходных баллов на классы и отобразить классифицированные данные на карте. Данными управляющими этими процессами являются требования к сервису. Механизм – плагины Leaflet. Входные данные для первого процесса – это полученные данные с сервера, для третьего – классифицированные данные. На выходе получаем отображение данных на карте.

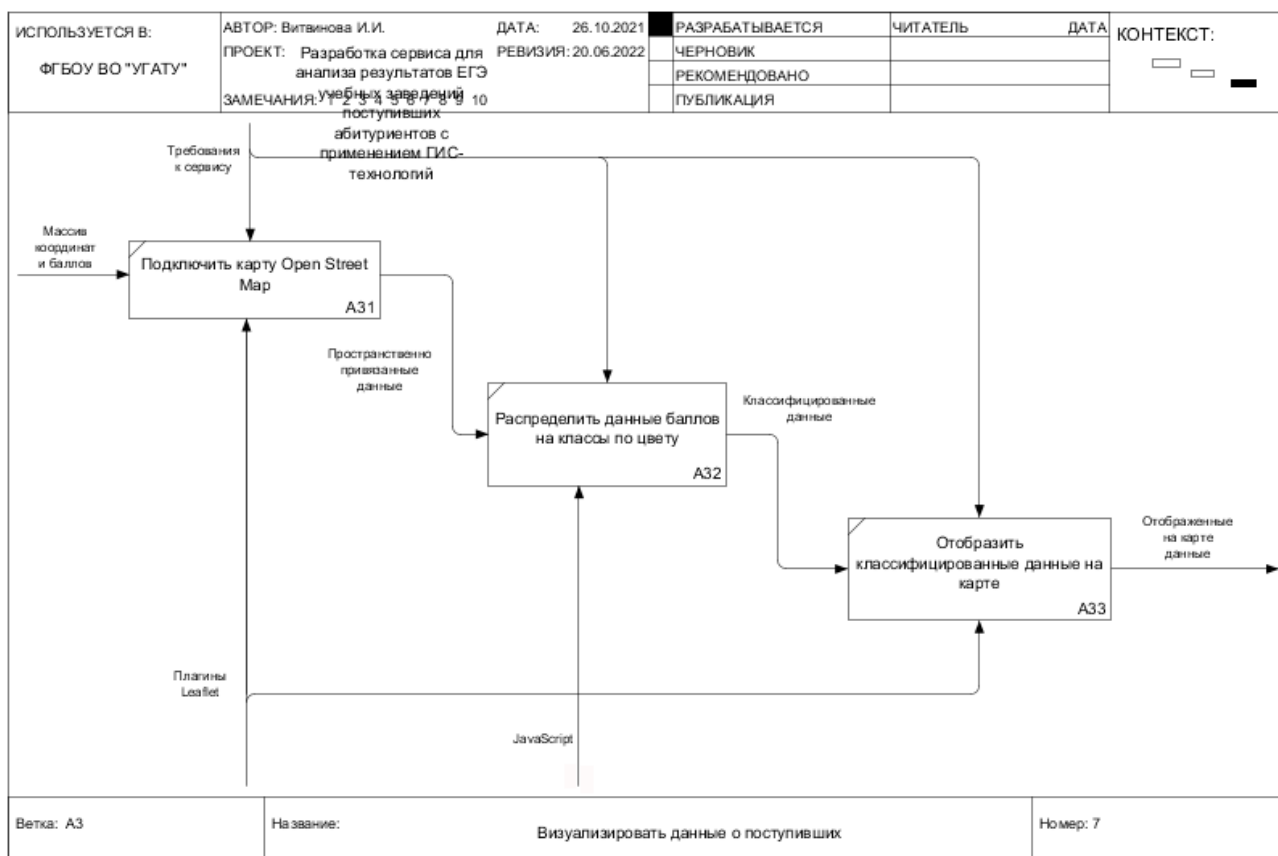


Рис. 5. Детализированная диаграмма процесса «Визуализировать данные о поступивших»

Для разработки базы данных в *MS Visio* была построена информационная модель предметной области (рисунок 6). Построенная информационная модель предметной области состоит из 7 сущностей:

- абитуриент (Атрибуты: ID, пол, страна, идентификатор региона, населенный пункт, идентификатор учебного заведения, уровень подготовки, идентификатор факультета, идентификатор специальности, год окончания, год зачисления, балл поступления, идентификатор профильного предмета, балл по математике, балл по профильному предмету, балл по русскому языку). Данные для заполнения таблицы были предоставлены приемной комиссией и включали в себя показатели баллов по предметам, с результатами экзаменов которых абитуриенты поступали в ВУЗ за последние 5 лет;

- профильный предмет (Атрибуты: ID, название);
- факультет (Атрибуты: ID, название).
- специальность (Атрибуты: ID, ID факультета, название);

- учебное заведение (Атрибуты: ID, название, координаты, адрес);
- регионы (Атрибуты: ID, название, ID федерального округа);
- федеральный округ (Атрибуты: ID, название).

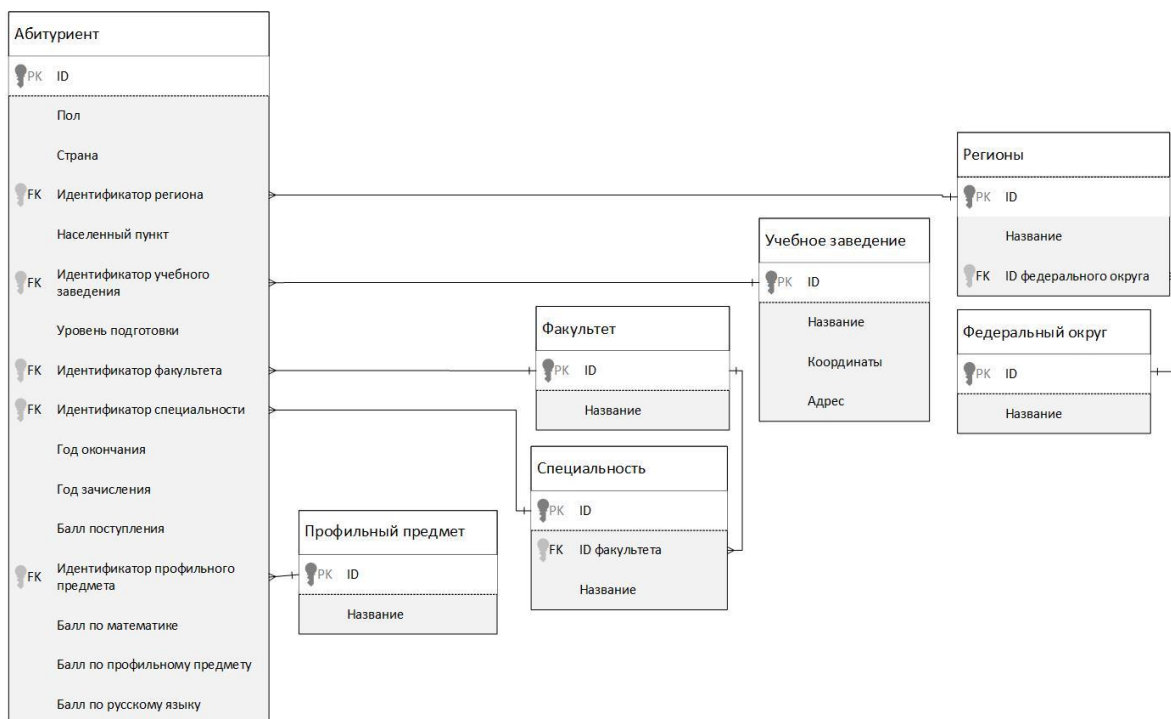


Рис. 6. Информационная модель предметной области

### ***Разработка информационной системы***

Самый удобный способ обращения к базе данных – язык построения запросов SQL. Один из наиболее распространенных типов баз данных, поддерживающих SQL, – MySQL, которую можно построить в графическом редакторе *phpMyAdmin*. После установки *OpenServer*, в котором содержится *phpMyAdmin*, были созданы и заполнены 7 таблиц в соответствии с информационной моделью (рисунок 7). Созданные таблицы были связаны вторичными ключами связью *один ко многим* (рисунок 8).

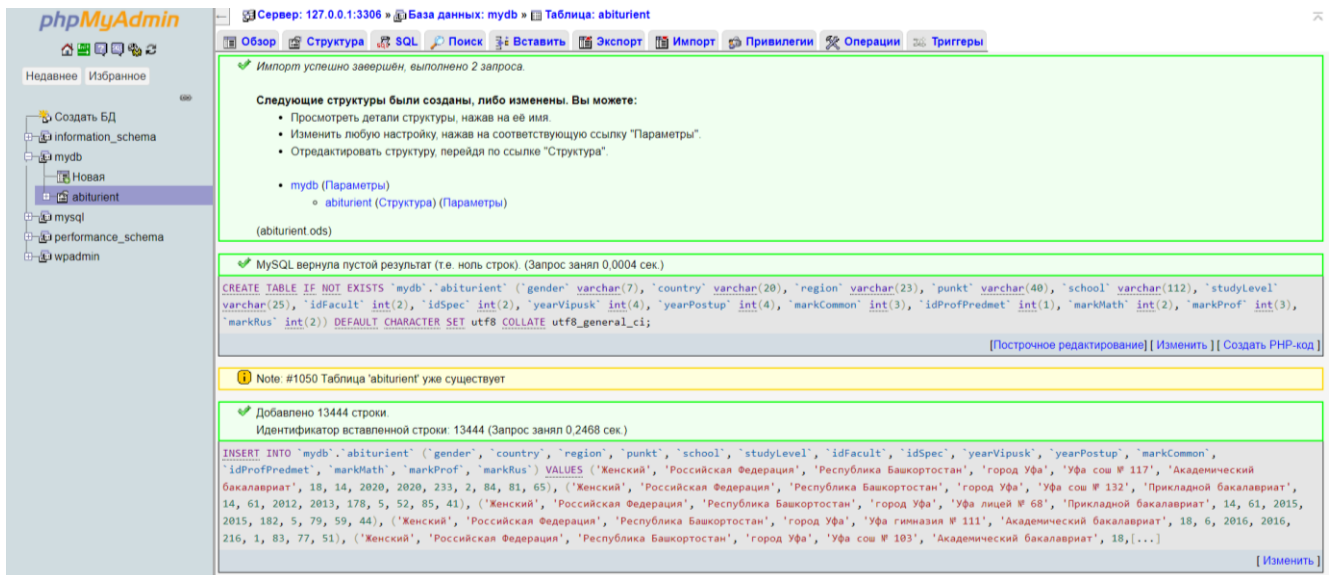


Рис. 7. Результат заполнения таблиц базы данных

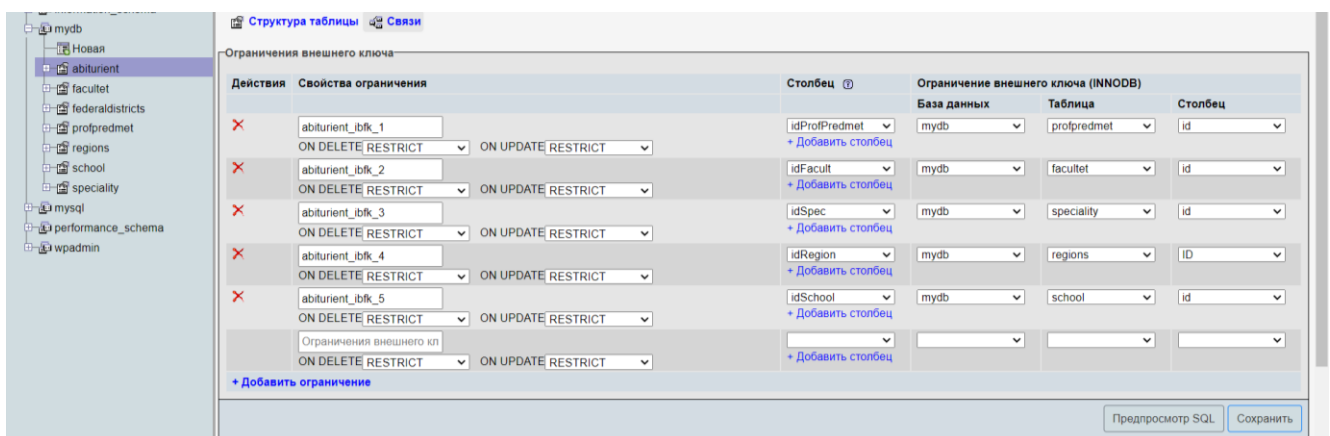


Рис. 8. Список вторичных ключей

Данные, которые необходимо визуализировать на странице, являются местоположениями учебных заведений, в которых абитуриенты готовились к ЕГЭ, и средними баллами ЕГЭ выпускников этих заведений. Местоположения в имеющейся базе данных обозначены через координаты точек: широты и долготы. Средний балл рассчитывается по алгоритму в зависимости от выборки из фильтра. Чтобы правильно рассчитать средний балл за экзамен в каждом учебном заведении, необходимо использовать в своих запросах к базе данных выражение `ORDER BY <Идентификатор учебного заведения>`, которое позволяет сортировать выборку по данному полю. Такая сортировка нужна для того, чтобы не возникло повторений местоположений учебных заведений в массиве выборки.

В результате работы системы выбранные координаты и рассчитанные баллы сохраняются в массивы, к которым обращается обработчик события нажатия кнопок на формах. Блок-схема работы данного алгоритма представлена на рисунке 9. Данный алгоритм описывает работу веб-приложения на примере выбора параметров из формы с возможностью выбрать факультет.

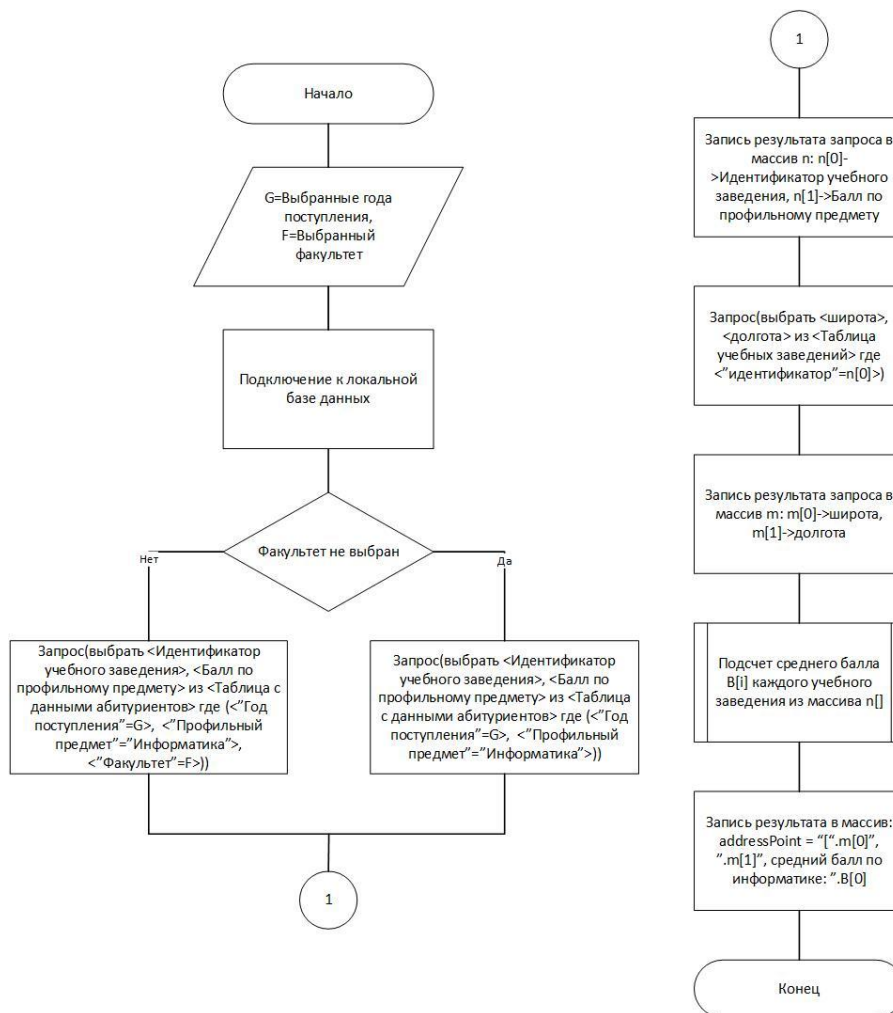


Рис. 9. Алгоритм формирования массива данных

Был разработан интерфейс программы, позволяющий выбрать данные в зависимости от факультета. Справа от карты имеется возможность выбора слов предыдущих результатов для сравнения. После выбора определенного промежутка времени и факультета на форме пользователь нажимает на кнопку с интересующим предметом, в результате чего отображаются маркеры тех учебных заведений, ученики которых поступили на выбранный факультет. При

нажатию на маркер отображается средний балл выпускников учебного заведения (рисунок 11).

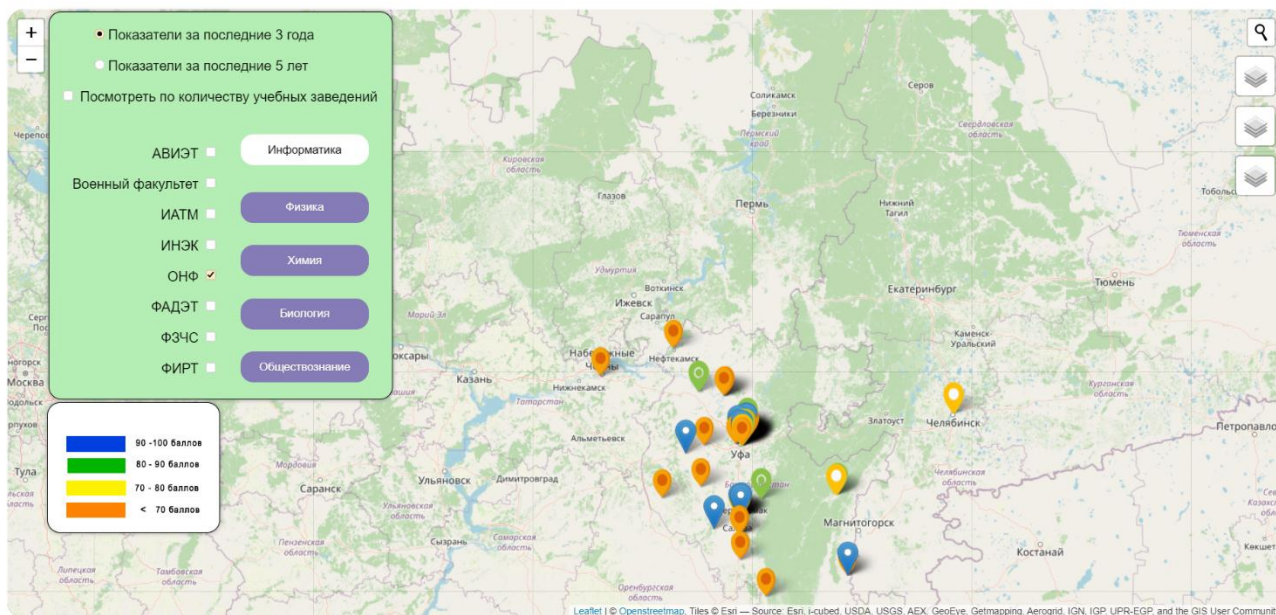


Рис. 10. Результат работы системы

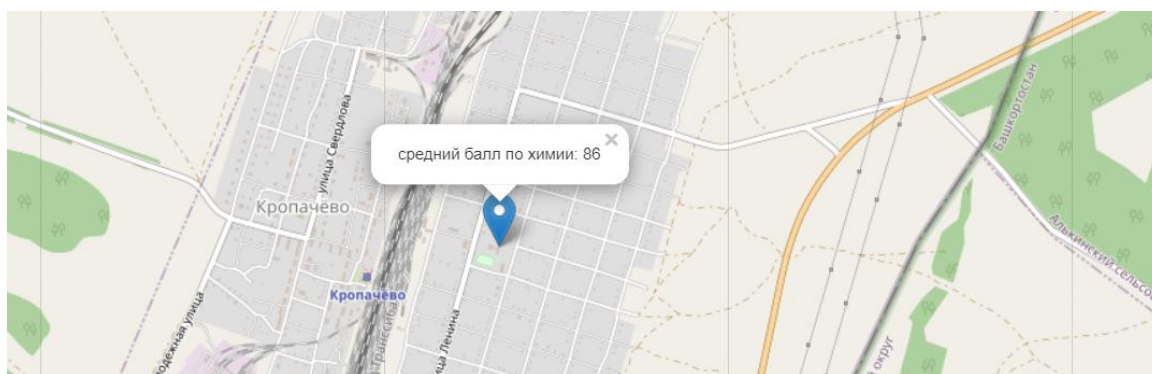


Рис. 11. Результат работы системы

### ***Заключение***

Одним из способов повышения эффективности анализа данных абитуриентов является внедрение информационной системы для анализа показателей баллов ЕГЭ абитуриентов, поступивших в ВУЗ. Информационная система может иметь интерфейс, предложенный в данной статье, или улучшенный посредством добавления возможности выбора в форме конкретного года поступления и специальностей.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А. В. Воробьев, В. А. Пилипенко, Т. А. Еникеев, Г. Р. Воробьева, О.И. Христодуло. Система динамической визуализации геомагнитных возмущений по данным наземных магнитных станций (2021). Научная визуализация 13.1: 162 - 176, DOI: 10.26583/sv.13.1.11.
2. Обзор наиболее популярных картографических сервисов, предоставляющих API для разработчиков // Новоинформ: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://novainfo.ru/article/13853>, свободный; (дата обращения 17.04.2022)
3. Основы JavaScript // HTML5 для начинающих: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://html5book.ru/osnovy-javascript/>, свободный; (дата обращения 18.05.2022)
4. База данных MariaDB с открытым исходным кодом: [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://mariadb.com/>, свободный (Дата обращения: 21.04.2022)
5. А.В. Воробьев, В.А. Пилипенко, А.Г. Решетников, Г.Р. Воробьева, М.Д. Белов. Веб-ориентированная визуализация геофизических параметров в области аврорального овала (2020). Научная визуализация 12.3: 108 - 118, DOI: 10.26583/sv.12.3.10.

## **УПРОЩЕНИЕ РАБОТЫ С ДАННЫМИ НА ПРОИЗВОДСТВЕ**

**Аннотация.** В статье рассмотрена практическая польза разработанного алгоритма для работы с большим количеством данных. Данные с комплексного программного обеспечения Power BI, а именно отчеты, были переведены в SQL Server Analysis Services (SSAS) по прилагаемому алгоритму и обозначена актуальность использования данного метода при решении производственных задач.

**Ключевые слова:** программное обеспечение, Power BI, SSAS, визуализация, Power BI Desktop, Power Query.

### ***Введение***

Power BI – комплексное программное обеспечение бизнес-анализа, с помощью которого можно изменять и загружать данные из огромного количества источников, включая файлы, базы данных и страниц в интернете. Этот инструмент предлагается в качестве облачной платформы или ПО как услуги, что позволяет удовлетворить все бизнес-требования заказчиков. Преимущество в том, что есть возможность обрабатывать миллионы строк данных. Можно моделировать и анализировать данные путем объединения таблиц. С помощью него также можно представить информацию в удобном для пользователя виде.

Целью работы является расширение возможностей работы с базами данных.

В ходе исследования были поставлены следующие задачи:

1. Анализ использования Power BI Desktop и SSAS для решения производственных задач.
2. Создание отчетов с помощью данных, подключенных к Power BI с SSAS
3. Анализ перевода дашборда в SSAS.



## ***Практическая польза работы с данными в Power BI Desktop***

Power BI Desktop – это бесплатное приложение, которое устанавливается на локальном компьютере и позволяет подключаться к источникам данных, преобразовывать и визуализировать данные.

С помощью Power BI Desktop можно подключаться к нескольким различным источникам данных, а также объединять их в модели данных (этот процесс называется моделированием). Эта модель данных позволяет создавать визуальные элементы и коллекции визуальных элементов, которыми можно делиться с другими людьми в организации в виде отчетов. Большинство пользователей, работающих над проектами бизнес-аналитики, применяют Power BI Desktop для создания отчетов, а службу Power BI — для предоставления к отчетам общего доступа другим пользователям.

Ниже представлены самые распространенные варианты применения Power BI Desktop:

- Подключение к данным
- преобразование и очистка данных для создания модели данных;
- создание визуальных элементов, таких как диаграммы и графики, которые наглядно отображают данные;
- создание отчетов, которые представляют собой коллекции визуальных элементов на одной или нескольких страницах отчета;
- совместное использование с помощью службы Power BI.

## ***Работа с данными из SSAS и их загрузка в Power BI Desktop***

Одним из преимуществ работы с данными в Power BI Desktop заключается в том, что можно подключаться и работать с различными источниками данных, а также объединять их в модели данных. С помощью этой модели можно создавать визуальные элементы и коллекции визуальных элементов, которыми можно делиться с другими людьми в организации в виде отчетов. Для создания

различных запросов применяется язык M, который используется в Power Query и в инструменте запроса для Power BI Desktop.

Основным источником данных, при работе в Power BI Desktop являлся SSAS. Это означает, что все импортируемые данные будут браться только с SSAS. Преимуществом этого файла, источником данных которого является SSAS в том, что он занимает мало места на диске и не нагружает систему, что сказывается на быстрой работе.

Служба анализа SQL Server (SSAS) – это многомерный OLAP-сервер, а также аналитический механизм, который позволяет нарезать и нарезать большие объемы данных. Он является частью Microsoft SQL Server и помогает выполнять анализ с использованием различных измерений. Он имеет 2 варианта многомерного и табличного. Полная форма SSAS – это служба анализа SQL Server.

Основные преимущества использования SSAS заключается в том, что с помощью него можно избежать конфликта ресурсов с исходной системой, позволяет обнаруживать шаблоны данных, которые могут быть не сразу заметны, используя встроенные в продукт функции интеллектуального анализа данных, также, он предлагает унифицированное и интегрированное представление всех ваших бизнес-данных. Отчеты, анализ показателей системы ключевых показателей эффективности (KPI).

Также, как и в любых других инструментах для работы с данными имеются свои недостатки и в SSAS. Как пример, после выбора пути (табличного или многомерного), вы не сможете перейти на другую версию, не начав заново, либо вы не сможете вы не сможете “объединять” данные между табличными и многомерными кубами.

Для выполнения подключения к SSAS нужно потребовать доступ к серверу, к которому нужно подключиться, если нет своего. После подключения к серверу переходим к созданию отчетов, либо же Dashboard.

Перед добавлением визуальных элементов на отчет, нужно было поработать с данными. В представленных таблицах, где имелась вся необходимая информация, нужно было удалить и сделать объединение некоторых данных, для удобства работы.

Для выполнения этого нужно было открыть расширенный редактор Power Query, выбрать таблицу, выделить нужные столбцы, перейти на вкладку верхней панели «Преобразование» и применить инструмент «Объединить столбцы». После того, как данные в таблицы были отфильтрованы, использовался импорт, после чего, продолжается процесс создания отчета.

Для создания дашборда потребовались различные визуальные элементы. По правилу, для составления правильного и красивого отчета, чтобы заказчик имел полное представление о компании, необходимо следовать расстановкам визуальных элементов:

1) KPI (ключевые значения) – они показываются в виде визуального элемента «Карточка», которые располагаются на самом верху;

2) Графики – чаще всего используется линейчатая диаграмма или гистограмма. Они удобны для наглядного представления данных, без каких-либо лишних деталей. Графики располагаются по центру.

3) Таблицы – также предназначены для демонстрации различных данных компаний или фирмы. Они располагаются в самом низу, потому что основной акцент идет на 2 верхних пункта.

Но не всегда получается придерживаться этих правил, потому что порой данных огромное количество и хочется показать всю полезную информацию.

При добавлении визуального элемента на страницу отчета, в разделе «Визуализация», его необходимо заполнить данными.

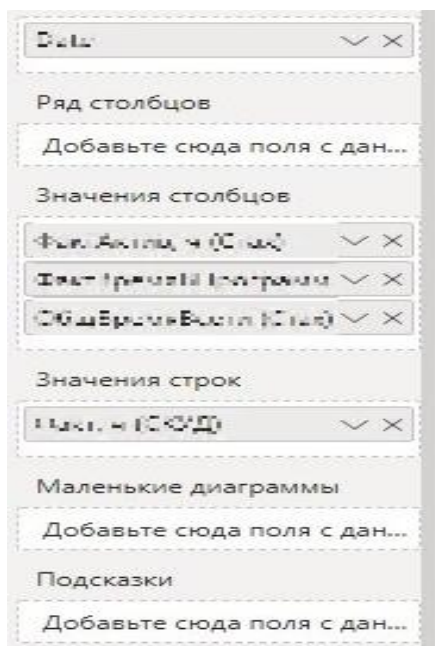


Рис. 1. Вывод основной информации

Данные, которые необходимо перенести на визуальный элемент, расположены в разделе «Поля», который располагается справа (Рисунок 5).

Все эти данные, такие как таблицы, их столбцы и меры берутся с SSAS. Основные значения – это таблицы, внутри которых расположены столбцы и меры. Сами столбцы отображаются только как название, без дополнительных иконок сбоку, а меры отображаются с иконкой калькулятора рядом с названием самой меры.

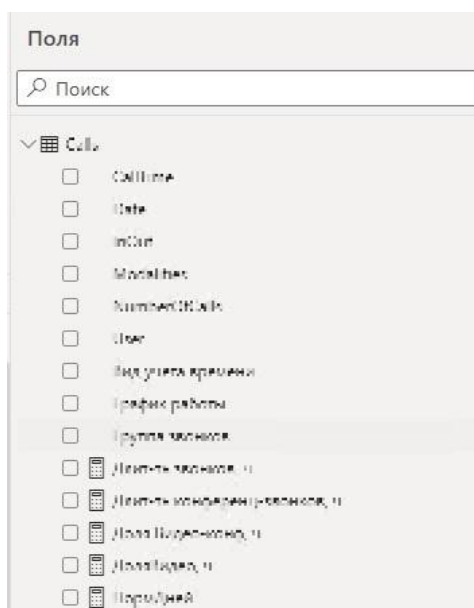


Рис. 2. Раздел с данными

Для структурирования отчетов и форм, чтобы обеспечить целостность данных, и чтобы они никуда не пропали, в модели между собой необходимо было связать все доступные таблицы.

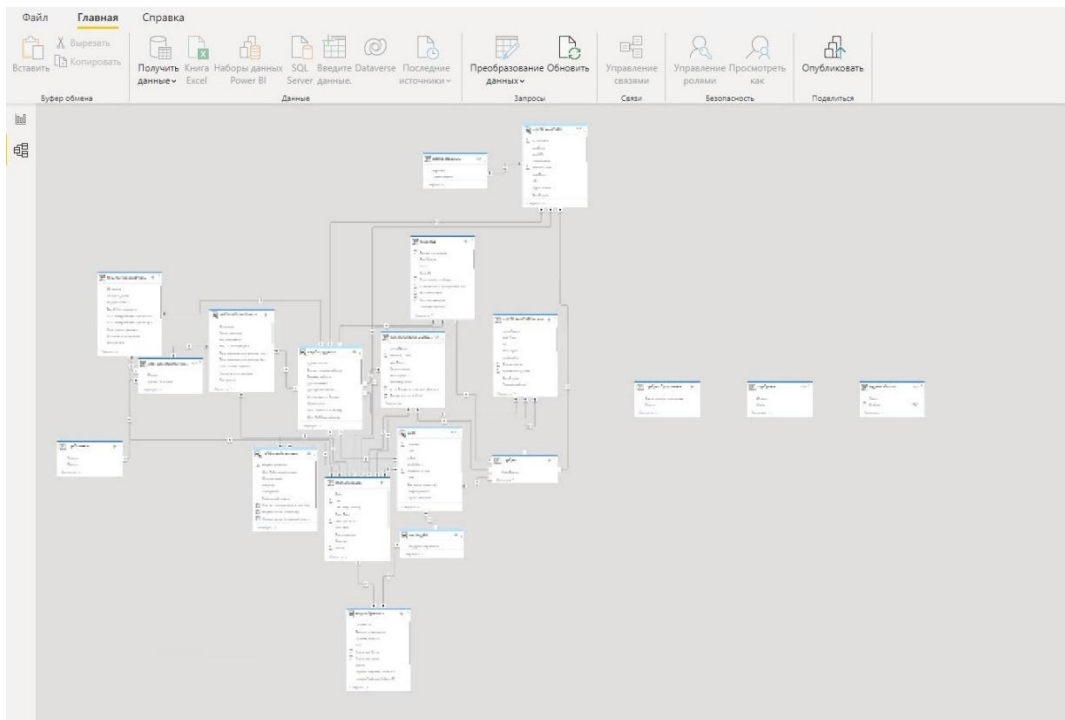


Рис. 3. Финальный вид цифрового плана

Если при добавлении значений из таблицы на визуальный элемент ничего не отображается, необходимо открыть расширенный редактор Power Query и просматривать примененные шаги, чтобы найти ошибку. В результате, после всей проделанной работы был создан один из нескольких дашбордов

Как было сказано ранее, основным и единственным источником данных является SQL Server Analysis Services (SSAS). Основное преимущество использования его заключается в том, что файл с отчетами имеет небольшой размер, по сравнению с тем, в котором были подключены разные источники данных, что сказывается на скорости самой работы.

Перед выполнением каких-либо изменений нужно было подключиться ко всем серверам. Для создания мер в SSAS использовалась коллекция функций DAX.

Для того, чтобы изменить тип данных, нужно было зайти в свойства таблицы, где выбрать нужный тип данных, например, Date, целое число. Основной

задачей заключалась создание мер, добавление и создание новых столбцов и их проверка типов данных в таблице.

### ***Заключение***

Результатом выполненной работы по упрощению работы с данными на производстве является подключение SSAS к Power BI Desktop и настройка всех необходимых компонентов. Также создание отчета, для предоставления данных не в табличной форме, а в виде графиков, что существенно облегчает их демонстрацию для руководства.

Преимущество использования SSAS заключается в том, что файл с отчетами имеет небольшой размер, по сравнению с тем, в котором были подключены разные источники данных, что сказывается на скорости самой работы.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Финансовый анализ в Power BI [электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://finalytics.pro/inform/> – (Дата обращения: 12.09.2022)
2. Руководство по Power BI [электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/company/microsoft/blog/427701/> (Дата обращения: 12.09.2022)
3. Язык M для Power Query и Power BI [электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://finalytics.pro/inform/m-powerquery2/> - (Дата обращения: 12.09.2022)
4. Краткая информация о SSAS [электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/422799/> - (Дата обращения: 12.09.2022)

С. К. ГАВРИЛЕНКО, Б. А. МИФТАХОВ, Ш. М. МИНАСОВ  
*job.gavrilenko@ya.ru, miftahov.bulat2017@yandex.ru, minasov@ufanet.ru*  
Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. Ш. М. МИНАСОВ

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **СЕРВЕРНАЯ ЧАСТЬ РАСПРЕДЕЛЕННОГО ПРИЛОЖЕНИЯ РЕГИСТРАЦИИ ПРИСУТСТВИЯ УЧАСТНИКОВ НА НАУЧНЫХ КОНФЕРЕНЦИЯХ С УЧЕТОМ ИХ ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ПОЛОЖЕНИЯ**

**Аннотация.** Разработаны модели и алгоритмы системы регистрации участников научных конференций. Система предназначена для повышения эффективности как проведения самих научных мероприятий, так и для упрощения ориентирования участников в местах их проведения. Система ориентирована на оказание участникам помощи в планировании их работы в больших многодисциплинарных конференциях, работа которых производится одновременно в нескольких секциях.

**Ключевые слова:** распределенные приложения, информационная поддержка процесса проведения научных конференций, ориентация в пространстве на основе геоданных, QR-код.

### ***Введение***

Мобильные устройства связи в современной жизни давно перестали быть роскошью и инструментом только для голосового общения. Программное обеспечение, разработанное для мобильных устройств, уже достаточно длительное время используется в качестве персонального секретаря каждого делового человека: помогает ему в вопросах ежедневного планирования деятельности, оперативной связи с коллегами, ориентации в том числе в незнакомой местности и т.п. Однако, большинство доступных решений охватывает лишь наиболее общие и достаточно масштабные проблемы, ориентируясь на массового потребителя, в то время как в области решения частных задач практически непаханое поле. Это связано с тем, что до настоящего времени решение задач, ориентированных на узкую специфическую аудиторию с конкретными специфическими запросами не позволяет окупать вложения сил и времени программистов, ориентирующихся на извлечение прибыли не за счет продажи каждого экземпляра программы, а за счет монетизации, получаемой за просмотр пользователями рекламы, что приносит большой доход при меньших усилиях: гораздо проще

работать с несколькими работодателями, чем с на несколько порядков большим числом потребителей.

Одной областей, в которых применение мобильных приложений недостаточно развито, является проведение различных массовых мероприятий в научной сфере деятельности: конференций, симпозиумов, конкурсов и т.п. Эти мероприятия отличаются от других тем, что на них собираются студенты и ученые из большого числа организаций и широкой географией. И одной из проблем ориентации участников в местах проведения является незнание большинством из них расположения требуемых локаций в зданиях организатора, при том что само здание в незнакомом городе найти достаточно просто и без электронных устройств – путем вызова такси.

Второй проблемой ориентации участников является время. Важно не только знать точку локации, но и время, когда и где должен или хочет находиться участник, чтобы доложить результаты своих исследований и послушать коллег в своей области знаний или просто послушать интересные доклады коллег, занимающихся иными задачами. Часто это решается выдачей участникам комплекта проспектов с регламентом и программой мероприятий.

Третья проблема, которую помогают решить мобильные устройства, заключается в том, что участнику было бы комфортнее работать на конференции, когда он в процессе доклада коллег может получить более качественную картинку и больше информации о работе, чем способен воспринять, прослушивая доклад в темпе докладчика, сжавшего свое сообщение до минимума, чтобы вписаться в регламент конференции.

Ну и наконец еще один момент позволит участнику чувствовать себя более комфортно, когда мобильное приложение, работающее в режиме реального времени, заранее подскажет участнику, когда ему будет предоставлено время для выполнения собственного доклада.

Цель настоящего проекта заключается в повышении эффективности проведения массовых научных мероприятий, обеспечение их участникам комфорт-



ной работы, организация их взаимодействия во время мероприятия и установления необходимых связей между научными коллективами и отдельными исследователями.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи: выполнить обзор существующих решений, анализ их преимуществ и недостатков; Разработать модели и описать взаимодействие элементов системы проведения научных мероприятий; Разработать алгоритмы компонентов системы, повышающие эффективность работы научных мероприятий; Разработать прототип приложения и оценку эффективности его применения в рассматриваемых мероприятиях.

### ***Обзор существующих решений***

По результатам поиска информации в Интернет, было найдено некоторое множество решений обеспечивающих неплохой функционал, из которых было выбрано четыре достаточно популярные системы, имеющие близкий функционал: TimePad [1], Ломоносов, Eventboost [2], Eventicious [3]. При детальном изучении возможностей платформ были выявлены их сильные стороны, но и недостатки (таблица 1). Как показал анализ ни одна из них не покрыла полный перечень требуемых возможностей.

Таблица 1

Функционал существующих платформ проведения конференций

Название	Расписание мероприятий	Аналитические отчеты	Продажа электронных билетов	Анкеты участников	Учет присутствия участников	Мобильное приложение
TimePad	Нет	Нет	Есть	Есть	Нет	Нет
Ломоносов	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
Eventboost	Есть	Нет	Есть	Нет	Нет	Есть
Eventicious	Есть	Есть	Есть	Нет	Нет	Есть

## ***Моделирование системы***

При регистрации пользователя система собирает и хранит такие как: ID пользователя, ФИО, контактные данные (телефон, Email, адрес работы\проживания), регалии (ученая степень, звание), статус участия (докладчик, слушатель, эксперт), тема доклада (для докладчиков), секция (для слушателей и экспертов). Когда пользователь отмечается, он передает в систему свой ID, ID локации (место проведения), данные геолокации (для оценки физического присутствия или удаленного участия, IP адрес устройства).

Мнемосхема работы системы представлена на рисунке 1.

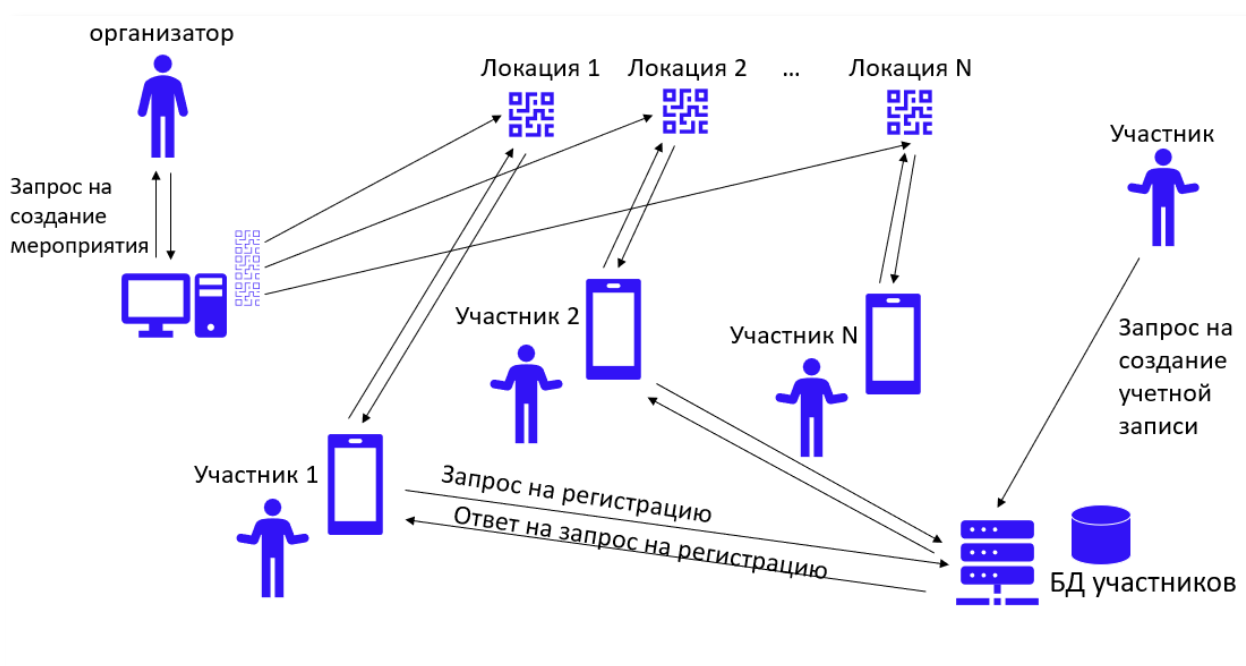


Рис. 1. Мнемосхема работы системы

## ***Архитектура системы***

Система построена по трехзвенной архитектуре клиент-сервер-сервер базы данных. В качестве клиентского оборудования могут быть использованы мобильные устройства (смартфоны, планшеты) с доступом к сети интернет по мобильным каналам связи, а также мобильные и настольные персональные компьютеры, подключенные к локальной сети проводным способом или по технологии Wi-Fi.

## *Алгоритмы работы системы*

На рисунке 2 показаны фрагменты алгоритмов, отражающие основной принцип работы системы: алгоритм администратора конференции, алгоритм регистрации участника конференции и алгоритм автоматизированного учета запросов участников конференции.



Рис. 2. Блок схемы алгоритмов

Основным отличием от существующих систем, является технология навигации и регистрации на принципе генерации QR-кодов для каждой локации мероприятия, сканируя который пользователь сверяет корректность своего местоположения и отмечает свое присутствие. Сгенерированные и распечатанные QR-коды размещаются в физических локациях, а для удаленных пользователей QR-код размещается на экране перед началом конференции.

## *Программные инструменты реализации проекта*

Для повышения эффективности взаимодействия клиент-сервер в проекте применена технология, основанная на распознавании QR-кода, который содер-

жит необходимую информацию и генерируется для каждого помещения, в котором проходят мероприятия.

За генерацию QR-кода отвечает серверная часть приложения.

Для реализации и отладки серверной части приложения используются веб-сервер Apache, язык серверных сценариев PHP и СУБД MariaDB. Данный набор является наиболее распространенным и минимально необходимым для построения серверной части систем с трехзвенной сетевой инфраструктурой. Генерация QR-кода осуществляется функциями из библиотеки PHP QR Code.

### *Экранные формы реализованного проекта*

На рисунке 3 показана экранная форма приложения, оптимизированного для работы в качестве настольного приложения, на которой отображаются псевдонимы лиц, подключившихся к конференции в том числе удаленно.

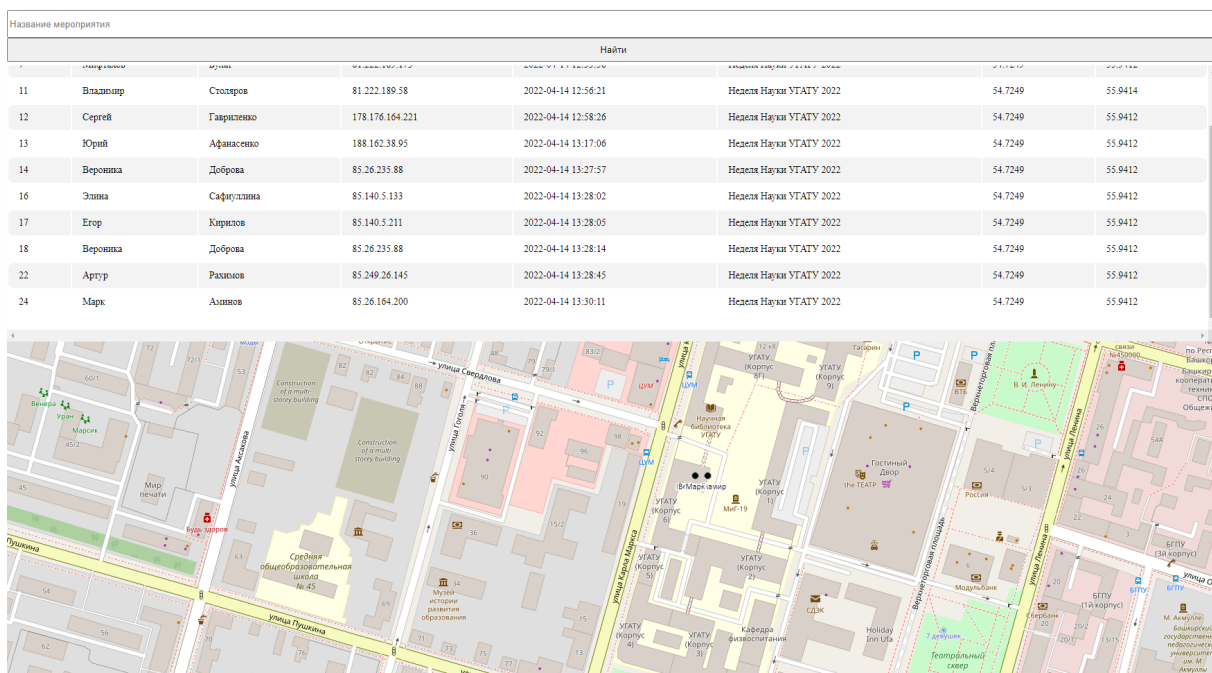


Рис. 3. Экранная форма клиентской части приложения. Версия для настольного ПК

### *Оценка эффективности предложенного решения*

Результаты данной работы были доложены на конференции «Неделя науки – 2022». Работа удостоена диплома второй степени. Жюри конференции экспертно оценили данное решение, как эффективное.

## *Заключение*

В результате выполнения проекта были разработаны модели и алгоритмы системы регистрации участников конференции, выполнена их программная реализация. Приложение было апробировано на студенческой конференции «Неделя науки - 2022», показало высокую точность определения геопозиции пользователей и оценено как эффективный инструмент для контроля присутствия участников конференции на мероприятии.

Наиболее эффективным данный инструмент будет при проведении научных мероприятий, когда участники конференции прибывают из-за пределов локации организатора и секретарь секции не знает всех участников в лицо. Информация о присутствии или отсутствии докладчиков позволяет исключить попытки приглашения к докладу отсутствующих участников, исключая коллизии, связанные с приглашением к докладу отсутствующих участников.

Разработанное приложение является ПО с открытым исходным кодом, что позволяет осуществлять его дальнейшее развитие и наполнение необходимым функционалом.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. TimePad official Web-site. URL: [https://timepad.ru/business/#modal\\_login](https://timepad.ru/business/#modal_login) (Дата обращения: 2022-09-12)
2. Eventboost official Web-site. URL: <https://www.eventboost.com/ru-RU/> (Дата обращения: 2022-09-12)
3. Eventicious official Web-site. URL: <https://eventicious.ru/> (Дата обращения: 2022-09-12)
4. Люк Веллинг, Лора Томсон. Разработка веб-приложений с помощью PHP и MySQL. М.: Диалектика, 2017. 770 с.

## **ПОДХОД К ОПРЕДЕЛЕНИЮ МАГНИТНОГО ЭКВАТОРА ЗЕМЛИ НА БАЗЕ IGRF-МОДЕЛИ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ**

**Аннотация.** Важно знать, что геомагнитное поле, генерирующееся внутриземными источниками, оберегает планету и все живое на ней от вредного влияния космической радиации. Каждый мог наблюдать за ним, когда держал компас и видел, как один конец стрелки указывает на север, а другой – на юг. Магнитосфера позволила ученым совершить многие открытия в физике и до сегодняшних дней ее наличие яро применяется в самых разных видах навигации. Но не многие предполагают, что геомагнитное поле также существенно влияет на различные процессы геофизики, биофизики и экологии на Земле. Также оно имело не малую важность в эволюции и происхождении Земли.

**Ключевые слова:** геомагнитное поле, внутриземные источники, магнитосфера, Земля, магнитный экватор.

### ***Строение геомагнитного поля***

Геомагнитное поле состоит из главного геомагнитного поля, аномального и внешнего геомагнитных полей. Главное геомагнитное поле, исходя из общей теории геомагнетизма Гаусса, состоит из двух частей – дипольной и недипольной. Его источники находятся во внешнем электропроводящем ядре Земли. Главное геомагнитное поле является основополагающим (более 95%). Аномальное поле составляет лишь около 3% от геомагнитного поля и создается намагниченными горными породами. А внешнее поле, которое связано с солнечно-земными взаимодействиями, имеет вклад менее 1%.

### ***Общая характеристика***

Согласно общедоступным данным, геомагнитное поле появилось примерно спустя 1 миллиард лет после появления самой планеты Земля. Оно существенно повлияло на эволюцию Земли, ее свойства, биосферу и конечно же на человека. В настоящее время есть кучу доказательств, что различные организмы по-своему, но реагируют на изменения геомагнитного поля. Это говорит о том, что геомагнитное поле имеет большое значение для экологии.

Более того, неудивительным фактом является то, что геомагнитное поле делает возможной саму жизнь на Земле. Это связано с тем, что магнитосфера Земли образуется из геомагнитного поля. А она сама, являясь природным барьером, противостоит космическому излучению и солнечному ветру, направленному к поверхности Земли.

Итак, именно геомагнитное поле является одним из главных и основных условий развития и существования жизни на Земле, потому что оно, как и атмосфера, оберегает Землю от разных пагубных разрушительных воздействий. Более того, известно, что жизнь на Земле могла возникнуть только после дифференциации вещества Земли, возникновения ядра и, соответственно, геомагнитного поля. До появления геомагнитного поля «стерилизующая» космическая радиация непрерывно воздействовала на поверхность Земли, что препятствовало началу биогенеза.

### ***Использование моделей геомагнитного поля***

Модели геомагнитного поля могут быть использованы в различных целях. Одной из них является построение магнитного экватора Земли. Магнитный экватор составляется из точек, где значения магнитного склонения максимально приближены к нулю. Для вычисления этого склонения необходимы несколько формул, которые представлены ниже.

Формула 1. Магнитное склонение:

$$I = \arcsin \frac{Z}{T};$$

Формула 2. Составляющие вектора индукции:

$$X' = \frac{1}{r} \frac{\partial U}{\partial \theta} = \sum_{n=1}^N \sum_{m=0}^n (g_n^m \cos m\lambda + h_n^m \sin m\lambda) \frac{\partial P_n^m(\cos \theta)}{\partial \theta} \left(\frac{r_3}{r}\right)^{n+2}, \text{ нТл,}$$

$$Y' = \frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial U}{\partial \lambda} = \sum_{n=1}^N \sum_{m=0}^n m (g_n^m \sin m\lambda - h_n^m \cos m\lambda) \frac{P_n^m(\cos \theta)}{\sin \theta} \left(\frac{r_3}{r}\right)^{n+2}, \text{ нТл,}$$

$$Z' = \frac{\partial U}{\partial r} = - \sum_{n=1}^N \sum_{m=0}^n (n+1) (g_n^m \cos m\lambda + h_n^m \sin m\lambda) P_n^m(\cos \theta) \left(\frac{r_3}{r}\right)^{n+2}, \text{ нТл.}$$

Вычисляя эти самые точки, мы получаем экватор, который можем отобразить на любой карте или глобусе. Покажем ниже магнитные экваторы для 1950 – 2020 годов, с отрывом в одно десятилетие.

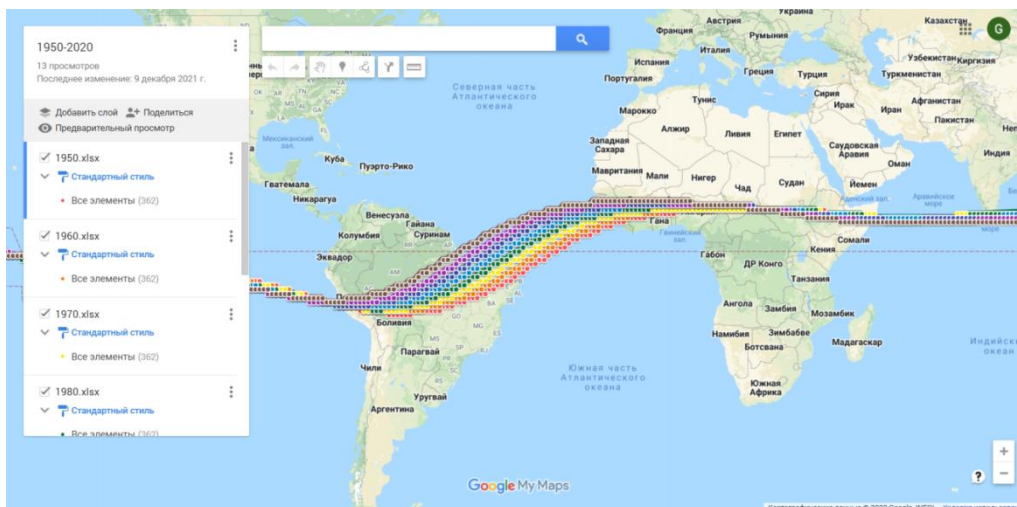


Рис. 1. Магнитные экваторы для 1950-2020 годов

### *Заключение*

Геоманнитное поле касается практически всех сфер жизни человека. Оно оказало огромное влияние на эволюцию Земли и всего, что там находится. Все живое по-своему, но реагирует на изменения геомагнитного поля. Это говорит о том, что геомагнитное поле воспринимается всеми организмами и является существенным условием для жизни и существования на Земле, что придает ему не малую важность.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дж. Джекобс. Земное ядро, Москва, Мир, 1979.
2. Трухин В.И., Показеев К.В., Куницын В.Е.. Общая и экологическая геофизика, Москва, Физматлит, 2005.
3. Воробьев А.В., Воробьева Г.Р. Веб-ориентированная 2d/3d-визуализация параметров геомагнитного поля и его вариаций Научная визуализация, 2017. Т. 9. № 2. С. 94-101.



УДК 004

И. Д. ДЕМОЧКИН

*demoigor@icloud.com*

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. А. Ф. АТНАБАЕВ

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ УПРАВЛЕНИЯ ОТОПЛЕНИЕМ И ВЕНТИЛЯЦИЕЙ**

**Аннотация.** В данной статье предложен метод управления тепловой инфраструктурой предприятия на примере УГАТУ. Было изучено понятие сложных распределенных систем, и применены на практике способы автоматизации наблюдения за ними.

**Ключевые слова:** пространственные данные; сложные распределенные системы; интеллектуальный анализ данных; информационная поддержка управления, система отопления и вентиляции, ТСВГ.

В современном мире задача управления сложными распределенными системами обретает большую важность. Системы продолжают усложняться и наблюдение за их нормальной работоспособностью продолжает дорожать. Однако, с развитием информационных технологий, эта задача становится все более реальной для решения.

Технической основой практической реализации информационных технологий является ТГСВ (Теплогазоснабжение и вентиляция), которая включает тепло- и газоснабжение, отопление, вентиляцию, кондиционирование воздуха, и т.д. и является сложной распределенной системой.

В качестве примера для реализации подобной системы было принято решение использовать построенную систему ТСВГ в УГАТУ.

Этот пример является наиболее оптимальным, так как в университете существует множество удаленных друг от друга подразделений, в каждом из которых существуют подобные объекты.

Для реализации информационной системы, нужно сначала построить цифрового двойника реальной системы, то есть создать 3D модель.

При создании модели, первым делом, проводится векторизация исходных схем, и создание атрибутивных таблиц для каждого их классов созданных векторных объектов. В качестве основных объектов применяются полигоны, кото-

рыми, в данном случае, можно наиболее подробно показать свойства реального объекта. На рисунке 1 показан слой, на котором отображены векторные объекты.



Рис. 1. Фрагмент схемы этажа

После создания векторного слоя с указанием всех атрибутов, включая высоту объектов и их высоту над полом, средствами *ArcScene* была создана 3D-модель этажа и элементов, с которыми будет проводиться работа, так называемый цифровой двойник.

Далее была проведена детализация типовых объектов, в данном случае, радиаторов типа М140-АО. Была создана детальная 3D модель радиатора, с учетом количества секций. На рисунке 2 показана модель радиатора.

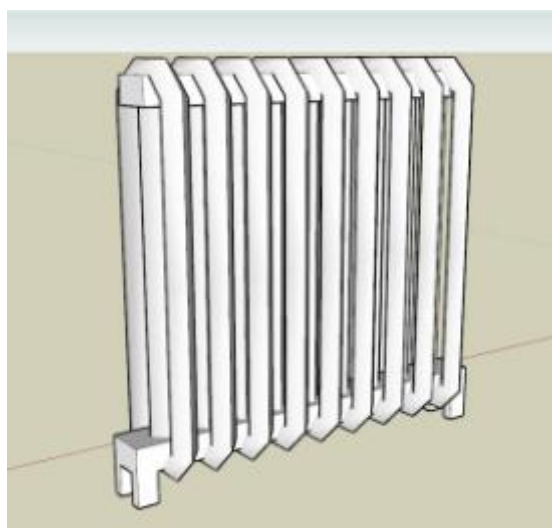


Рис. 2. Модель радиатора

После создания и построения атрибутивных таблиц, а также разметки общего плана теплоснабжения здания, было принято решение продолжить детализацию, а также автоматизировать процесс поиска участка или элемента при возникновении определенных проблем.

Сама система состоит из трех модулей:

- Определение объекта инженерных коммуникаций системы отопления;
- Получение пространственной и атрибутивной информации об объектах инженерных коммуникаций системы отопления;
- Получение дополнительных сведений.

На рисунке 3 представлено окно информационной системы с выделенным ей модулем.

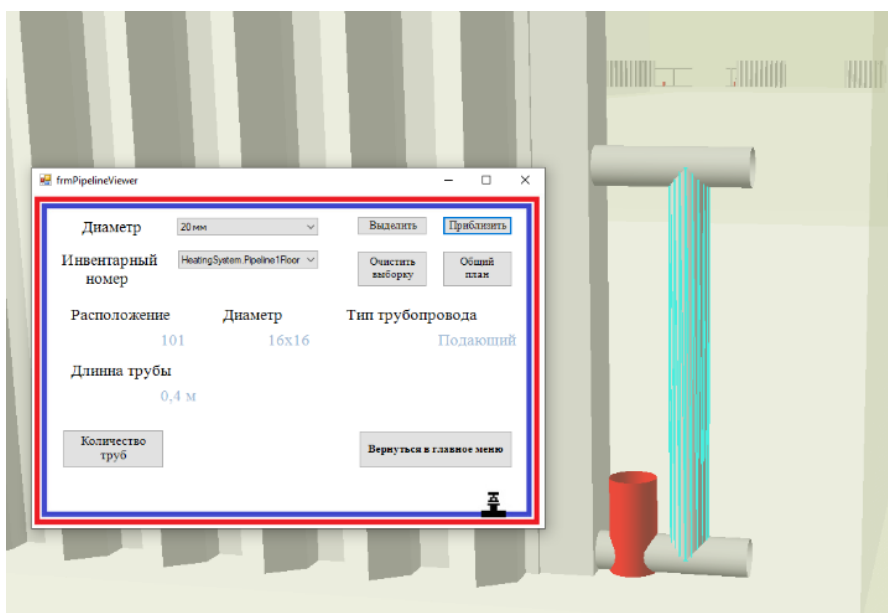


Рис. 3. Окно модуля с найденным элементом

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 «3D Analyst и ArcScene» // [Электронный ресурс]. URL.: <https://desktop.arcgis.com/ru/arcmap/10.4/extensions/3d-analyst/3d-analyst-and-arcscene.htm>
2. Информационная поддержка управления уязвимостью сложных распределенных систем на основе обработки пространственной информации / Е. С. Брекоткина, М. Б. Гузаиров, С. В. Павлов и др. // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2020. № 8(2). URL: [https://moit.vivt.ru/wp-content/uploads/2020/05/BrekotkinaSoavtors\\_2\\_20\\_1.pdf](https://moit.vivt.ru/wp-content/uploads/2020/05/BrekotkinaSoavtors_2_20_1.pdf).
3. «3D-моделирование в Google SketchUp – от простого к сложному» / А. Ю. Петелин Москва: ДМК-Пресс, 2012г., 344 с.

УДК 004.946

И. Д. ДЕМОЧКИН

*demoigor@icloud.com*

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. А. Ф. АТНАБАЕВ

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БАЗ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ ДЛЯ 3D МОДЕЛИРОВАНИЯ**

**Аннотация.** В данной статье описаны методы проектирования баз пространственных данных, которые будут в последующем применяться для создания цифровых двойников. Приведен пример построения в виде фрагмента ГИС УГАТУ.

**Ключевые слова:** пространственные данные; сложные распределенные системы; моделирование; создание цифровых двойников; система отопления и вентиляции, ТСВГ.

3D моделирование в нынешнее время каждый обретает новые сферы применения: от создания реалистичных видеоэффектов до проектирования космических аппаратов. В области геоинформационных систем оно обретает наибольшую важность.

С его помощью можно визуализировать здания, обозначать различные системы в нем, и так далее.

Но для качественного моделирования необходимы качественные данные, и качественная их организация. Для этого применяются базы пространственных данных. Базы пространственных данных — это базы данных, оптимизированные под хранение и обеспечение доступа к данным о пространственных данных, представленных в определенном виде: точкой, полилинией или полигоном.

Их ключевое отличие заключается в том, что они помимо традиционных атрибутивных данных, они хранят геометрические данные ( в первую очередь о положении объекта в пространстве).

Чтобы использовать базу пространственных данных для 3D моделирования, нужно указать дополнительные данные о высоте объекта.

Далее при самом моделировании важно использовать правильные программные инструменты. В данном случае был использован программный пакет ArcGIS Desktop.

Здесь, с помощью определенного алгоритма работы можно реализовывать самые разные модели из предварительно созданных векторных слоев.

Самое важное при проектировании — понять, какое количество слоев необходимо создать. Далее определяются информационные продукты, которые будут созданы, и для чего ГИС будет использоваться. После этого определяются основные темы данных на основании требований. Потом, также достаточно важный этап, - определение масштабов и пространственного представления и пространственной привязки (от этого зависит правильная визуализация и представление последующей модели).

После создания базы пространственных данных можно приступать к визуализации.

Первым делом нужно создать 2D векторный слой, то есть векторизовать растровые данные. После этого, можно использовать различные существующие методы визуализации.

Технической основой практической реализации информационных технологий является ТГСВ (Теплогазоснабжение и вентиляция), которая включает тепло- и газоснабжение, отопление, вентиляцию, кондиционирование воздуха, и. т.д. и является сложной распределенной системой.

В качестве примера для реализации подобной системы было принято решение использовать построенную систему ТГСВ в УГАТУ.

Этот пример является наиболее оптимальным, так как в университете существует множество удаленных друг от друга подразделений, в каждом из которых существуют подобные объекты.

Для реализации информационной системы, нужно сначала построить цифрового двойника реальной системы, то есть создать 3D модель.

При создании модели, первым делом, проводится векторизация исходных схем, и создание атрибутивных таблиц для каждого их классов созданных векторных объектов. В качестве основных объектов применяются полигоны, которыми, в данном случае, можно наиболее подробно показать свойства реального объекта. На рисунке 1 показан слой, на котором отображены векторные объекты.



Рис. 1. Фрагмент схемы этажа

После создания векторного слоя с указанием всех атрибутов, включая высоту объектов и их высоту над полом, средствами *ArcScene* была создана 3D-модель этажа и элементов, с которыми будет проводиться работа, так называемый цифровой двойник.

На рисунке 2 представлен построенный цифровой двойник.

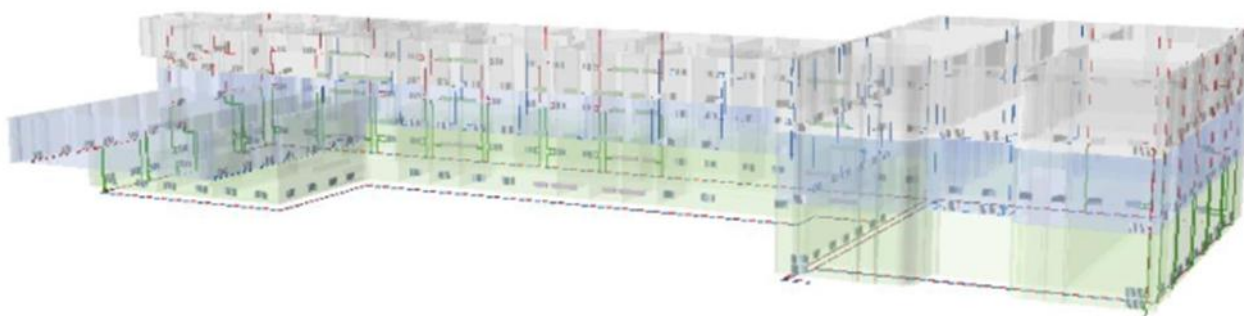


Рис. 2. Построенный цифровой двойник

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 «3D Analyst и ArcScene» // [Электронный ресурс]. URL.: <https://desktop.arcgis.com/ru/arcmap/10.4/extensions/3d-analyst/3d-analyst-and-arcscene.htm>
2. Информационная поддержка управления уязвимостью сложных распределенных систем на основе обработки пространственной информации / Е. С. Брекоткина, М. Б. Гузаиров, С. В. Павлов и др. // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2020. № 8(2). URL: [https://moit.vivt.ru/wp-content/uploads/2020/05/BrekotkinaSoavtors\\_2\\_20\\_1.pdf](https://moit.vivt.ru/wp-content/uploads/2020/05/BrekotkinaSoavtors_2_20_1.pdf).
3. «3D-моделирование в Google SketchUp – от простого к сложному» / А. Ю. Петелин Москва: ДМК-Пресс, 2012г., 344 с.

УДК 004

Э. Р. ЗАКИРОВА

*elvirazakirovar@yandex.ru*

Науч. руковод. – ст. преп. С. Ю. МАКАРОВА

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **ИС «НЕДРА» И ФГИС «ЕФГИ» КАК ИНСТРУМЕНТЫ ФОРМИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО ФОНДА ИНФОРМАЦИИ О ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

**Аннотация.** В статье рассматривается информационная система «Недра». Показана схема загрузки данных ИС «Недра» в ФГИС ЕФГИ. Описан пример добавления протокола в ИС «Недра» и его экспорт в «ЕФГИ».

**Ключевые слова:** ИС «Недра»; ФГИС «ЕФГИ»; добавление данных; полезные ископаемые; электронный вид документа.

Для оценки состояния и использования минерально-сырьевой базы необходимо иметь полную и актуальную информацию по ним, а также оперативно получать информацию о месторождениях полезных ископаемых. Информация из формализованных документов позволяет наполнять базы данных информационно-поисковых и аналитических систем. Возникла необходимость создания электронного фонда геологической информации и разработки системы его наполнения и ведения.

ИС «Недра» используется в качестве основной системы фондового информационного обеспечения, а также в качестве справочной и аналитической системы по вопросам недропользования.

ИС «Недра» является двухуровневым территориально распределенным программно-информационным комплексом, который состоит из большого количества баз данных и обеспечивающих их работу программных модулей.

Программный комплекс ИС «Недра» имеет клиент-серверную архитектуру. Сервером данных является MS SQL Server. Для организации хранения и управления пространственными данными наряду с MS SQL Server используется серверное программное обеспечение ESRI ArcSDE.

Территориальный уровень ИС «Недра» функционирует на базе территориального фонда геологической информации (ТФГИ) и подразделений по природопользованию органов исполнительной власти субъектов Федерации. Он представлен базами данных (БД) мониторинга недропользования по субъектам



Федерации, которые содержат сведения по нескольким тысячам показателей следующих предметных блоков: предприятия, работы по геологическому изучению недр, лицензии, буровые скважины на воду, каталог документов, изученность, объекты учета баланса полезных ископаемых, участки недр, объекты учета государственного кадастра месторождений, и проявлений полезных ископаемых, объекты учета эксплуатационных запасов подземных вод. Территориальные базы данных в автоматическом режиме поступают в Росгеолфонд, где консолидируются в сводную территориальную БД федерального уровня.



Рис. 1. Схема загрузки данных ИС «Недра» в ФГИС «ЕФГИ»

Единый фонд геологической информации (ЕФГИ) - федеральная государственная информационная система, наполнение которой должно основываться в первую очередь на данных федерального фонда геологической информации и его территориальных фондов. Одним из основных источников данных для их загрузки является ИС «Недра».

ЕФГИ формирует единое информационное пространство, объединяющее в себе информационные потоки различной ведомственной принадлежности, относящиеся к проблемам государственного управления и инвестирования в области геологического изучения недр, воспроизводства и использования минерально-сырьевой базы. После успешной авторизации открывается страница со списком, который отображает общие сведения о хранящихся документах, содержащих геологическую информацию. Документы сгруппированы по вкладкам в зависимости от вида: геологический отчет, протокол по подсчету запасов,

изданная карта, карточка изученности, паспорт государственного кадастра месторождений.

Для того, чтобы сформировать блок «Протокол по подсчету запасов» Федеральной государственной информационной системы (ФГИС) ЕФГИ необходимо заполнить данными ИС «Недра». Для добавления нового документа выбирается вид документа – геологический отчет или протокол. Каждому отчету присваивается инвентарный номер, указывается название отчета, а также добавляется организация-исполнитель и организация-заказчик. В подразделе предметный классификатор вносятся данные о полезных ископаемых. В подразделе «география, даты, протоколы» вносятся данные о месторождении и принадлежность к географической территории.

Если протокол имеет тот же инвентарный номер, что и отчет, то считается, что это "протокол к отчету". В противном случае считается, что это протокол, связанный с отчетом. В документ «Геологический отчет» во вкладке «География, даты, протоколы» в разделе «Протоколы» можно добавлять информацию о протоколах из списка.

Протокол. Правка документа

Инв.№: 10000

Название документа: Отчет о детальной разведке Ярославского месторождения кирпичных суглинков и Метелинского месторождения песков-отощителей в Дуванском районе БАССР (по работам горно-геологической партии в 1976 - 1977 годах)

Степень секретности: [ ]

Конфиденциально:  Коммерческая тайна:

Изменить вид документа: Геолофонд: филиал по Респ. Башкортостан

Тип протокола: Протокол ТКЗ

Без номера:  № протокола: 1/832

№ п/п Суть протокола Связь с утв-нием запасов + № п/п Организация, представившая документ +

Предм. классиф. ПИ География, даты, отчеты Содержание Единицы хранения Предметизация Выдача пользователям

**Географические данные:**

№ п/п	Название месторождения	Геологическая или физико-географическая территория	Географическое или административное образование

**Даты, входящие номера:**

№ п/п	Тип поступления	Дата высылки документа	Дата поступления документа	Входящий № документа	Исходящий № документа	Организация

**Геологические отчеты:**

Инвентарный № геологического отчета	Название геологического отчета	Первый автор	Второй автор	Третий автор	И другие авторы
10000	Отчет о детальной разведке Ярославского	ТРАХТМАН В.П.			

Дата присвоения инвентарного №: 26.05.1978 Создан: 08.07.2022 12:08:00 RishatF Изменен: 08.07.2022 12:08:28 RishatF

Сохранить Выход

Рис. 2. Пример добавления документа в ИС «Недра»

После добавления протокола в документ «Геологический отчет» в соответствующем документе «Протокол» в разделе «Геологические отчеты» появится новая запись.

Добавленные документы в ИС «Недра» в автоматическом режиме экспортируются в ЕФГИ.

№№	Секретно...	Вид документа	Тип протокола	Вид инвентариза...	Название документа	Геолофонд	Дата присвоения инт...	Ном...	Полезные ископаемые	Расположение	Организация
7300		Протокол	Протокол ГЭК		Отчет по теме № 15-66: "Подсчет запасов нефти и газа по эт...	Башкортостанский ...	01.12.1966				
7307		Протокол	Протокол ГЭК		Подсчет запасов нефти и газа по Водинскому месторождени...	Башкортостанский ...	19.12.1966				
7308		Протокол	Протокол ГЭК		Инженерно-геологические и гидрогеологические условия лев...	Башкортостанский ...	20.12.1966				
8738		Протокол	Протокол КЗ		Решение выездной Экспертной комиссии по вопросу: "Состав...	Башкортостанский ...	23.09.2009		золото	ЮЖНЫЙ УРАЛ, Республика Баш...	
10000		Протокол	Протокол ГЭК		Отчет о детальной разведке Ярославского месторождения ки...	Башкортостанский ...	26.05.1978				
10012		Протокол	Протокол ГЭК		Материалы ТКЗ к подсчету запасов россыпного золота для ги...	Башкортостанский ...	06.06.1978		золото россыпн.	Султановское, ЮЖНЫЙ УРАЛ, Р...	
10016		Протокол	Протокол ГЭК		Отчет о детальной разведке Тулундуевского месторождени...	Башкортостанский ...	19.06.1978				
10019		Протокол	Протокол ГЭК		Отчет о поисках песков и детальной разведке Саудинского и ...	Башкортостанский ...	20.06.1978				
10035		Протокол	Протокол ГЭК		Отчет о детальной разведке медноколчеданных залежей Октя...	Башкортостанский ...	26.07.1978				
10039		Протокол	Протокол ГЭК		Отчет о детальной разведке Акушевского месторождения пе...	Башкортостанский ...	03.08.1978				
10068		Протокол	Протокол ГЭК		Отчет по пересчету запасов гипса Макустового месторожд...	Башкортостанский ...	29.09.1978				
10101		Протокол	Протокол ГЭК		Отчет о детальной разведке Усть-Рытвинского месторожден...	Башкортостанский ...	17.11.1978				
10146		Протокол	Протокол ГЭК		Отчет о детальной разведке (дограведке) Серфинковского ме...	Башкортостанский ...	29.12.1978				
10167		Протокол	Протокол ГЭК		Отчет о детальной разведке северной части Катенкинского з...	Башкортостанский ...	19.01.1979				
10168		Протокол	Протокол ГЭК		Отчет о геологоразведочных работах на Северной и Западно...	Башкортостанский ...	22.01.1979				
10196		Протокол	Протокол ГЭК		Отчет по теме 0468/23: "Пересчет запасов нефти и газа Орье...	Башкортостанский ...	28.02.1979				
10213		Протокол	Протокол ГЭК		Отчет о поисково-разведочных работах и детальной разведк...	Башкортостанский ...	13.04.1979				
10214		Протокол	Протокол ГЭК		Отчет о детальной разведке подземных вод, проведенной в н...	Башкортостанский ...	24.04.1979				
10228		Протокол	Протокол ГЭК		Отчет о детальной разведке подземных вод Уразовского учас...	Башкортостанский ...	11.05.1979				
10246		Протокол	Протокол ГЭК		Отчет о детальной разведке Тулундуевского месторождени...	Башкортостанский ...	04.06.1979				
10247		Протокол	Протокол ГЭК		Отчет по теме № 0468/21а: "Пересчет запасов нефти и газа в...	Башкортостанский ...	06.06.1979				
10248		Протокол	Протокол ГЭК		Отчет о ревизии, переоценке и дограведке запасов кирпичны...	Башкортостанский ...	11.06.1979				
10253		Протокол	Протокол ГЭК		Алексеевский участок Кургазского месторождения оксидито...	Башкортостанский ...	21.06.1979				
10257		Протокол	Протокол ГЭК		Отчет о детальной разведке месторождения песчано-гравийн...	Башкортостанский ...	27.06.1979				
10296		Протокол	Протокол ГЭК		Технико-экономическое обоснование. Проект постоянных ко...	Башкортостанский ...	10.09.1979				
10298		Протокол	Протокол ГЭК		Отчет о поисках и детальной разведке Южно-Аларского ме...	Башкортостанский ...	17.09.1979				
10304		Протокол	Протокол ГЭК		Отчет о детальной разведке левобережного участка Ир-Башк...	Башкортостанский ...	28.09.1979				
10324		Протокол	Протокол ГЭК		Отчет по теме № 0468/24: "Подсчет запасов нефти и газа Юг...	Башкортостанский ...	14.11.1979				
10324		Протокол	Протокол ГЭК		Отчет по теме № 0468/24: "Подсчет запасов нефти и газа Юг...	Башкортостанский ...	14.11.1979				
10330		Протокол	Протокол ГЭК		Отчет о поисках и детальной разведке Демского месторожде...	Башкортостанский ...	11.12.1979				
10351		Протокол	Протокол ГЭК		Отчет о разведке подземных вод в долине нижнего течения р...	Башкортостанский ...	29.12.1979				
10374		Протокол	Протокол ГЭК		Подольское медно-цинковое колчеданное месторождение (О...	Башкортостанский ...	09.01.1980				
10383		Протокол	Протокол ГЭК		Технико-экономическое обоснование условий для подсчета ...	Башкортостанский ...	31.01.1980				
10427		Протокол	Протокол ГЭК		Отчет о детальной разведке Катайского месторождения подз...	Башкортостанский ...	07.05.1980				
10439		Протокол	Протокол ГЭК		Отчет по теме 0468/22: "Пересчет запасов нефти и газа Шап...	Башкортостанский ...	14.05.1980				
10439		Протокол	Протокол ГЭК		Отчет по теме 0468/22: "Пересчет запасов нефти и газа Шап...	Башкортостанский ...	14.05.1980				
10481		Протокол	Протокол ГЭК		Отчет по теме 0468/28: "Пересчет запасов нефти и газа Южн...	Башкортостанский ...	28.08.1980				
10482		Протокол	Протокол ГЭК		Отчет по теме 0468/28: "Пересчет запасов нефти и газа Южн...	Башкортостанский ...	28.08.1980				
10499		Протокол	Протокол ГЭК		Отчет о детальной разведке и переоценке запасов Мурашкин...	Башкортостанский ...	30.09.1980				
10550		Протокол	Протокол ГЭК		Отчет о детальной разведке месторождения песчано-гравийн...	Башкортостанский ...	18.12.1980				
10590		Протокол	Протокол ГЭК		Отчет о детальной разведке подземных вод участка "Бирса"...	Башкортостанский ...	31.12.1980				
10608		Протокол	Протокол ГЭК		Отчет по теме 0468/30: "Пересчет запасов нефти и газа Стар...	Башкортостанский ...	21.01.1981				
11617		Протокол	Протокол ГЭК		Отчет по теме 0468/30: "Пересчет запасов нефти и газа Ста...	Башкортостанский ...	21.01.1981				

Рис. 3. Добавленные данные в ИС «Недра»

ИД	Номер вставки	Идентификационный номер	Название	Ограничение доступа	Субъекты РФ	Тип геол. информации	Место хранения	Статус	Наличие электронного вида документа	Дата добавления электронного вида с файлом Готовность	Объем документа (кб)
636529		10000	Отчет о детальной разведке Ярославского месторождения иридиево-суппортитов и Металлического месторождения палеозолотной и бланковской районов БАССР (по работам геологической партии в 1976 - 1977 годах).	Отсутствует		интерпретированная	Башкортостанский филиал ЕФГИ по ПСО	Отсутствует			
2569450		10012	Материалы ТКЗ к подсчету запасов россыпного золота для гидравлической разработки Султановского месторождения.	Отсутствует	Республика Башкортостан	интерпретированная	Башкортостанский филиал ЕФГИ по ПСО	Отсутствует			
636528		10016	Отчет о детальной разведке Тулундуевского месторождения песчано-гравийный сваями в Биленевском районе БАССР с подсчетом запасов по состоянию на 01.01.1979 года (по работам Нерудней партии в 1976 - 1977 годах).	Отсутствует		интерпретированная	Башкортостанский филиал ЕФГИ по ПСО	Отсутствует			
636527		10019	Отчет о поисках песков и детальной разведке Саудинского и Неколочеданного месторождений: строительные пески в Куларском районе БАССР с подсчетом запасов по состоянию на 01.01.1979 года. ЭОЗ кандидат к подсчету запасов. (По работам Нерудней партии в 1973 - 1977 годах).	Отсутствует		интерпретированная	Башкортостанский филиал ЕФГИ по ПСО	Отсутствует			
636526		10035	Отчет о детальной разведке медноколчеданных залежей Октябрьского (Мельничского) рудного поля на Южном Урале в 1974 - 1977 годах с подсчетом запасов по состоянию на 01.01.1977 года.	Отсутствует		интерпретированная	Башкортостанский филиал ЕФГИ по ПСО	Отсутствует			
636525		10039	Отчет о детальной разведке Акушевского месторождения песчано-гравийный сваями в Чакмакском районе БАССР с подсчетом запасов по состоянию на 01.01.1979 года (по работам Нерудней партии за 1976 - 1978 года).	Отсутствует		интерпретированная	Башкортостанский филиал ЕФГИ по ПСО	Отсутствует			
636524		10068	Отчет по пересчету запасов гипса Макустового месторождения в Тулундуевском районе БАССР по состоянию на 01.01.1979 года (по работам Нерудней партии в 1977 - 1978 годах).	Отсутствует		интерпретированная	Башкортостанский филиал ЕФГИ по ПСО	Отсутствует			
636523		10101	Отчет о детальной разведке Усть-Рытвинского месторождения песчано-гравийный сваями в Ермаковском районе БАССР с подсчетом запасов по состоянию на 01.01.1979 года (по работам Нерудней партии в 1977 - 1978 годах).	Отсутствует		интерпретированная	Башкортостанский филиал ЕФГИ по ПСО	Отсутствует			
6365202		10146	Отчет о детальной разведке (дограведке) Серфинковского месторождения известняково-сланцевые в Тулундуевском районе БАССР с подсчетом запасов по состоянию на 01.01.1979 года (по работам Нерудней партии в 1977 - 1978 годах).	Отсутствует		интерпретированная	Башкортостанский филиал ЕФГИ по ПСО	Отсутствует			
6365291		10167	Отчет о детальной разведке северной части Катенкинского месторождения песчано-гравийный сваями в Старицком районе БАССР (по работам Нерудней партии в 1977 - 1978 годах).	Отсутствует		интерпретированная	Башкортостанский филиал ЕФГИ по ПСО	Отсутствует			
6365290		10168	Отчет о геологоразведочных работах на Северной и Западной залежах и на флангах месторождения Саяны (Абайтинский район БАССР) с подсчетом запасов по месторождению по состоянию на 01.10.1979 года.	Отсутствует		интерпретированная	Башкортостанский филиал ЕФГИ по ПСО	Отсутствует			

Рис. 4. Экспортированные данные в ФГИС ЕФГИ

Поступивший на хранение в комплекс хранения информации из ИС «Недра» документ имеет признак «Экспортировано из Недр». При следующем обновлении изменения из ИС «Недра» затирают изменения, внесенные в документ в комплекс хранения информации (если таковые были сделаны). Чтобы избежать подобного конфликта документу устанавливается признак «Редактируется в ЕФГИ». После установки этого флага при обновлении изменения, сделанные в комплекс хранения информации, сохраняются. Документ, копии которого в ИС «Недра» нет, имеет признак «Добавлено в ЕФГИ».

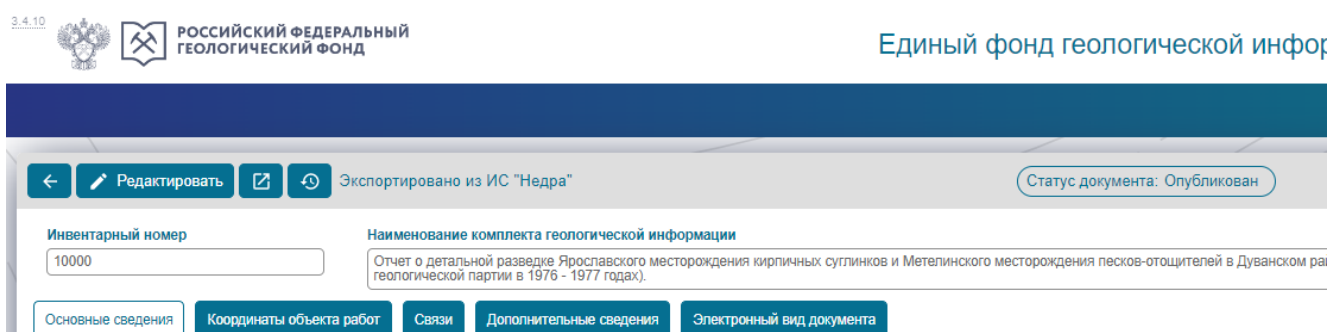


Рис. 5. Флаг «Экспортировано из ИС «Недра»

### ***Вкладка «Основные сведения» протокола по подсчету запасов***

Вид вкладки для протокола представлен на рисунке 6.

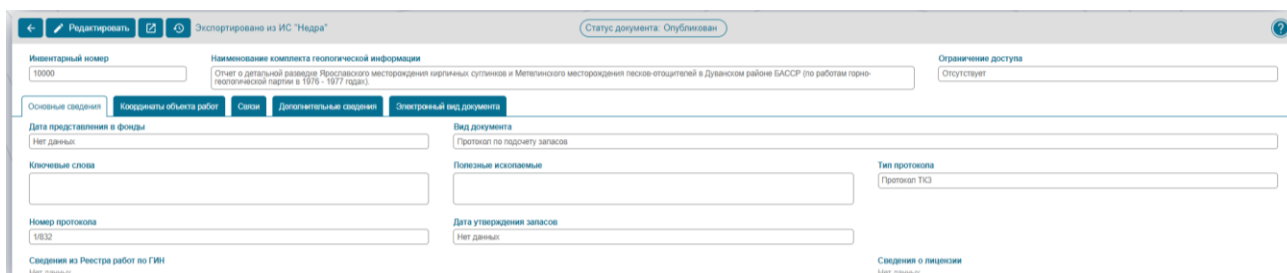


Рис. 6. Вкладка «Основные сведения» протокола по подсчету запасов

### ***Вкладка «Связи» протокола по подсчету запасов***

На вкладке устанавливается связь отчета с сопутствующими документами (Паспорт ГКМ, Карточка изученности). Искомые значения атрибутов связываемого с отчетом документа выбираются из списка.

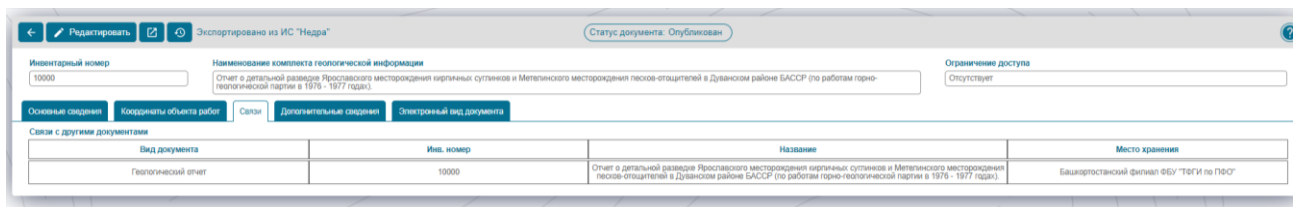


Рис. 7. Вкладка «Связи» в режиме редактирования

### ***Вкладка «Электронный вид документа»***

Заполнение вкладки «Электронный вид документа» возможен для геологических отчетов и протоколов по подсчету запасов. Вид вкладки одинаков для всех видов документов. При этом он зависит от формы представления документа. Вид вкладки для сканобrazов представлен на рисунке.

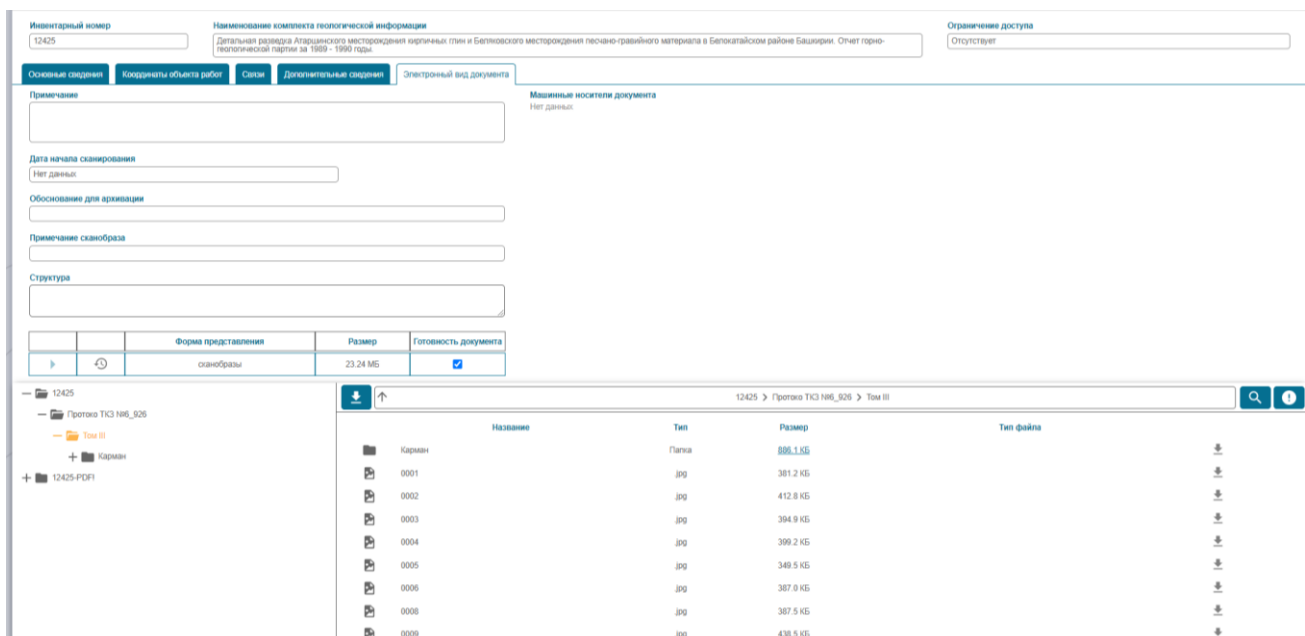


Рис. 8. Вкладка «Электронный вид документа»

### ***Заключение***

Внедрение современных информационных технологий, таких как информационная система «Недра» и ФГИС ЕФГИ, позволяют решить вопросы надежного хранения и управления данными. Также обеспечивают разграниченный доступ пользователей к системам. Востребованность систематизированных цифровых данных позволяет недропользователям получать информацию о месторождениях полезных ископаемых, определять координаты лицензионных участков.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Захарова Н.Г. Бузинов Н.С. Создание электронного фонда геологической информации – шаг в информационное общество.
2. ФБГУ «Росгеолфонд» [Электронный ресурс]. URL: <https://rfgf.ru/about/publications>
3. Информационно -аналитический сборник о работе окружного семинара по вопросу функционирования системы фондов геологической информации в Дальневосточном федеральном округе - М . , ФГУНПП "Росгеолфонд" , 2012 в . 11 - 151 с.
4. Сорокина, Е. И. Необходимость применения единого информационного подхода в кадастре природных ресурсов / Е. И. Сорокина, Л. Н. Маковкина. — Текст : непосредственный // Науки о Земле: вчера, сегодня, завтра : материалы III Междунар. науч. конф. (г. Санкт-Петербург, июль 2017 г.). — Санкт-Петербург: Свое издательство, 2017. — С. 20-22. — URL: <https://moluch.ru/conf/earth/archive/248/12598/> (дата обращения: 10.08.2022).

## **РАЗРАБОТКА ПОДСИСТЕМЫ РАБОТЫ С ЛИДАМИ В РАЗДЕЛЕ CRM 1С: УПРАВЛЕНИЕ УЧЕБНЫМ ЦЕНТРОМ**

**Аннотация.** Рабочий день менеджера в компьютерной академии включает в себя множество видов работы: необходимо назначить встречу, организовать звонок клиентам, добавить их в базу. Поступило предложение на разработку автоматизированной подсистемы по работе с лидами, чтобы все данные о клиенте находились в одной базе. Рассмотрены различные аспекты, которые влияют на создание такой подсистемы и его качественную разработку. Исследованы имеющиеся наработки и создана уникальная подсистема, которой в академии ранее не существовало, все исследования приведены в данной статье.

**Ключевые слова:** программирование, разработка, программный продукт, языки программирования, исследование, автоматизация, подсистема, CRM, лид.

### ***Введение***

В мире, где технологии развиваются с невероятной скоростью, обучаться чему-то новому является необходимым элементом жизни каждого человека. Люди периодически сталкиваются с изменениями, которые затрагивают их не только в личной жизни, но и в профессиональной деятельности, поэтому как никогда важно автоматизировать некоторые процессы, в которых можно снизить человеческую деятельность на минимум. Поэтому большинство ведущих компаний старается разрабатывать системы, ботов, которые могут помочь в этом трудном деле, благодаря этому у человека появляется больше времени на более значимые процессы в работе. Из чего можно сделать вывод, что автоматизация работы на предприятиях значительно упрощает те процессы, в которых сотрудник может и не участвовать, либо же затрачивать времени намного меньше, если бы он начинал процесс от и до.

Стоит обратить внимание, что необходимо начинать автоматизацию процессов с самых легких, то есть телефонный звонок можно поручить боту, на котором уже имеется запись голоса менеджера и на основе имеющихся скриптов вести диалог с потенциальным клиентом. Поэтому и решено было разработать

подсистему по работе с лидами, которая сможет сделать работу менеджера менее затратной по времени, что поможет ему сделать акцент на продажах клиентам, которые хотят приобрести обучение в компьютерной академии. Таким образом, данная работа является весьма актуальной.

Целью статьи является освещение созданного программного продукта, который был сделан для автоматизации работы менеджера с потенциальными клиентами компьютерной академии "Шаг". В качестве системы была выбрана CRM 1С: Управление учебным центром, где имеется необходимый функционал для данной работы, а именно готовая база, которую необходимо подстроить под академию и разработать необходимые документы благодаря открытому коду. Большим плюсом является то, что можно его редактировать в зависимости от задачи, имеющиеся шаблоны, которые также можно по требованию изменять.

### *Материал и методы*

Прежде чем начинать работу над данной подсистемой, необходимо было узнать об уже имеющихся наработках. В ходе анализа нашлись подсистемы, которые в основном похожи по своему функционалу с поставленной задачей, но именно к функционалу работы с лидами в учебной академии они не подходят. Так как, не имея опыта в разработке подсистемы в среде CRM 1С: «Управление учебным центром» необходимо подробнее ознакомиться с ней и узнать про способы ее создания. Выбранная платформа 1С: «Предприятие» - это система с открытым прикладным исходным кодом, написанным на проприетарном языке, официально его называют «Встроенный язык программирования 1С: Предприятие», неофициально и коротко – «язык 1С» [1].

Для правильной и структурированной работы необходимо понимать процесс разработки, исследовать каждый этап, чтобы строго по пунктам создать качественный программный продукт. Сегодня все склонны соглашаться (и наблюдать эту тенденцию приятно), что BPM – это наука управления бизнес-



процессами. Пол Хармон из Business Process Trends определяет BPM как «управленческую дисциплину, направленную на совершенствование работы предприятия путем управления его бизнес-процессами» [2].

Таким образом, управление процессами – это составная часть «обычного» управления. Руководству и ведущим сотрудникам важно осознавать, что нет финишной черты в совершенствовании бизнес-процессов; это программа, которая должна работать постоянно [3].

Действительно, управление процессом является фундаментом проекта и связано это со сферой информационных технологий или же какой-то другой, необходимо детально подготовить бизнес план, чтобы ничего не упустить, хоть иногда и допускаются какие-то моменты, которые в дальнейшем выявляются на этапе тестирования, но структуризация работы в большинстве случаев позволяет ничего не упустить.

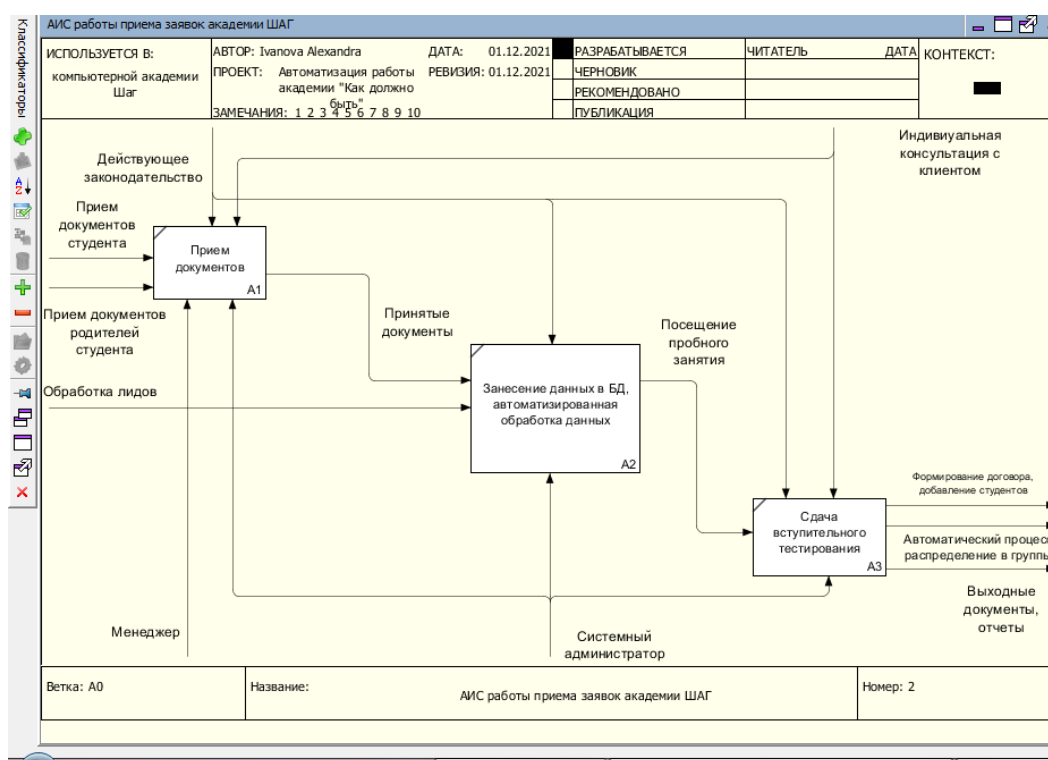


Рис. 1. Диаграмма «Как будет» работать подсистема в среде Ramus

Данная диаграмма (рисунок 1) показывает, как будет функционировать подсистема, которая позволит менеджеру автоматизировать работу с лидами, а именно звонки, встречи, мастер-классы, они заносятся в базу данных, и мене-

джер может обработать поступающие заявки, что в свою очередь поможет клиентам никуда не потеряться [4].

Результаты разработки представлены на рисунке 2, 3.

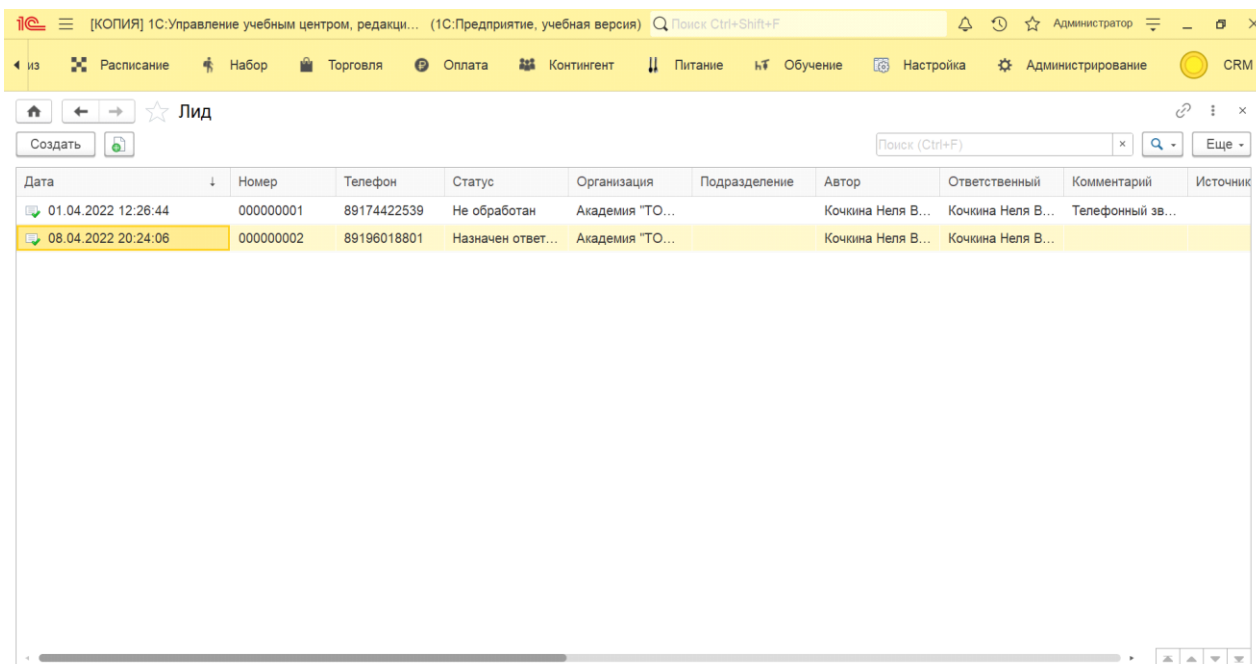


Рис. 2. Страница работы с лидами

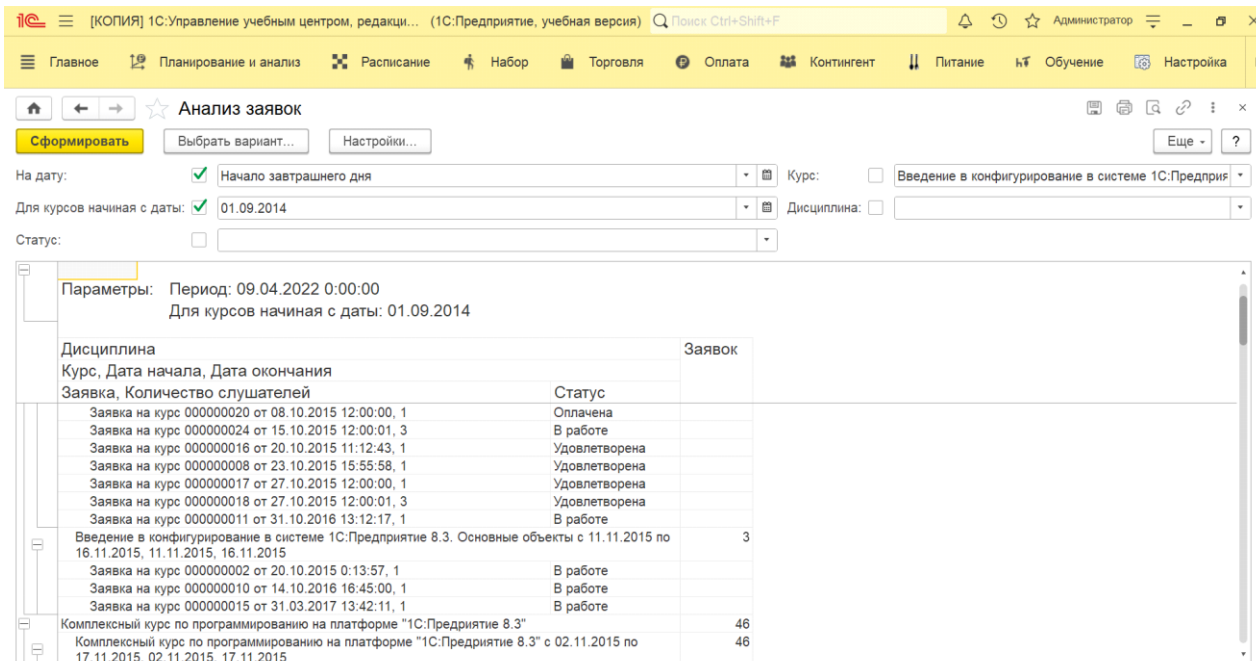


Рис. 3. Отчет на основании работы с лидами

Проведение тестирования Usability позволило узнать легко ли целевой аудитории ориентироваться в подсистеме, позволило также выявить не перегружается ли CRM[6].

### ***Обсуждение***

Наши результаты показали, что разработанная подсистема востребована для менеджеров учебного центра, ибо сокращение времени на обработку заявок от лидов значительно повышает скорость работы, а платформа помогает решить данную проблему, проводя данные в единое место, которые можно затем распределять. Подобная платформа реализована не во всех образовательных учреждениях, поэтому данная работа, рассматриваемая в статье будет востребована на предприятиях [5][7].

### ***Заключение***

Полученная подсистема по автоматизации работы с лидами, в первую очередь создана для решения задачи по быстрой обработке поступающих заявок в компьютерную академию «Шаг». Однозначно, создание данной подсистемы помогло повысить количество продаж курсов в виду быстрой, а самое главное детальной работы с потенциальными клиентами. И данная подсистема в дальнейшем будет дорабатываться и дополняться различным функционалом.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Статья из сборника научных статей: Антти Лааксонен Автоматизация работы. / пер. с англ. А. А. Слинкин – М.: ДМК Пресс, 2018. – 300 с.: ил.
2. Статья из сборника научных статей: Андрей Грачев Создаем свою платформу в 1С: Предприятие. / Питер, 2014. – 272 с.
3. Статья из сборника научных статей: Джон Джестон, Йохан Нелис Управление бизнес-процессами Практическое руководство по успешной реализации проекта / Издательство Символ-Плюс, 2008
4. Статья из сборника научных статей: 1С:Бухгалтерия предприятия 8.1. Практическое пособие. - М.: КноРус, 2018. - 368 с.
5. Статья из сборника научных статей: Андрей Габец Реализация прикладных задач в системе "1С: Предприятие 8.2" (+ CD-ROM) / Габец Андрей. - М.: 1С, 2018. - 240 с.
6. Статья из сборника научных статей: А. В. Воробьев, В. А. Пилипенко, Т. А. Еникеев, Г. Р. Воробьева, О.И. Христодуло. Система динамической визуализации геомагнитных возмущений по данным наземных магнитных станций (2021). Научная визуализация 13.1: 162 - 176, DOI: 10.26583/sv.13.1.11
7. Статья из сборника научных статей: А.В. Воробьев, В.А. Пилипенко, А.Г. Решетников, Г.Р. Воробьева, М.Д. Белов. Веб-ориентированная визуализация геофизических параметров в области аврорального овала (2020). Научная визуализация 12.3: 108 - 118, DOI: 10.26583/sv.12.3.10

## **РЕКУРРЕНТНЫЕ НЕЙРОННЫЕ СЕТИ КАК МЕТОД ВОССТАНОВЛЕНИЯ И РЕТРОСПЕКТИВНОГО ПРОГНОЗА ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ ГЕОИНДУЦИРОВАННЫХ ТОКОВ**

**Аннотация.** Данная статья посвящена теме использования нейронной сети с долгой краткосрочной памятью (LSTM) для восстановления и ретроспективного прогноза временных рядов геоиндуцированных токов. Предложен вариант использования нейронной сети для решения проблемы, при которой геомагнитное поле вызывает геоиндуцированные токи на линиях электропередач. Была построена и обучена модель машинного обучения. Были произведены тестирование, анализ и корректировки модели для получения прогнозов с минимальной погрешностью для дальнейшего ее применения в выбранной сфере. Проведено исследование по оценке точности модели нейронной сети по некоторым критериям. Сделан вывод эффективности данного способа прогноза геоиндуцированных токов в сравнении с моделью машинного обучения с использованием линейной регрессии.

**Ключевые слова:** геомагнитное поле, геомагнитные бури, геоиндуцированные токи, машинное обучение, нейронная сеть, долгая краткосрочная память.

Геомагнитная буря является сильным возмущением геомагнитного поля, возникающих, как правило, вследствие солнечных вспышек, искажающих параметры невозмущенной магнитосферы и длящихся от нескольких часов до нескольких суток [1]. Доказано [2], что данное явление неблагоприятно влияет на проводящие технологические конструкции (трубопроводы, линии электропередач (ЛЭП), трансокеанские кабели, системы автоматики железных дорог и др.), вызывая геоиндуцированные токи (ГИТ), которые влекут за собой аварийные ситуации в энергетических системах (линии электропередач — ЛЭП, релейные линии, трансформаторные подстанции) [3]. Таким образом, во время геомагнитных бурь, в заземленных сетях наблюдались ГИТ до 200–300 А. Для сравнения, токов с интенсивностью всего несколько ампер достаточно, чтобы вывести некоторые типы трансформаторов из линейного режима. Так, например, магнитная буря 13 марта 1989 г. стала причиной выхода из строя силовых трансформаторов и каскадного отключения (аварии в энергосистеме) линии электропередач (ЛЭП) более чем на 9 часов в провинции Квебек (Канада)[4].

В связи с этим, существует необходимость в создании мер предосторожности с целью минимизировать возможный ущерб, причиненный геомагнитной активностью. В рамках данного исследования будет протестирована модель нейронной сети с долгой краткосрочной памятью (LSTM) для прогноза геоиндуцированных токов, основываясь на показателях вариации геомагнитного поля.

Ранее уже происходило исследование, главной целью которой было построение и тестирование модели машинного обучения, основанной на линейной регрессии. Таким образом существует необходимость в сравнении обеих моделей, для выявления наилучшего способа прогноза геоиндуцированных токов.

Для обучения данной модели были использованы данные возмущения геоиндуцированных токов на ЛЭП в пункте «Выходной» (VKH) (географические координаты  $68.83^{\circ}$  N,  $33.08^{\circ}$  E), регистрация ГИТ происходит с разрешением по времени в 1 минуту. В близости с пунктом «Выходной» наблюдения вариации геомагнитного поля невозможны, исходя из этого данные были взяты из ближайших к пункту «Выходной» станций IMAGE [[www.geo.fmi.fi/image](http://www.geo.fmi.fi/image)]. Таким образом были использованы вариации следующий магнитных обсерваторий: IVA (географические координаты  $68.56^{\circ}$  N,  $27.29^{\circ}$  E, удаление 236 км), KEV ( $69.76^{\circ}$  N,  $27.01^{\circ}$  E, удаление 260 км), SOD ( $67.37^{\circ}$  N,  $26.63^{\circ}$  E, удаление 313 км) и АВК ( $68.35^{\circ}$  N,  $18.82^{\circ}$  E, удаление 580 км) (с разрешением по времени в 1 минуту).

Помимо вариаций геомагнитного поля были использованы характеристики космической погоды, такие как: индексы АЕ, суббуревой SME и PCN (с разрешением по времени в 1 минуту). АЕ-индекс характеризует магнитную возмущенность в зоне в целом, безотносительно к месту появления возмущения. PCN-индекс характеризует геомагнитные возмущения в полярной шапке, обусловленные воздействием солнечного ветра и межпланетного магнитного поля на магнитосферу Земли.

Для построения модели нейронной рекуррентной сети была выбрана модель долгой краткосрочной памяти LSTM. Долгая краткосрочная память

(LSTM) – особая разновидность архитектуры рекуррентных нейронных сетей, способная к обучению долговременным зависимостям. Данная модель была спроектирована и разработана так, чтобы избежать проблемы долговременной зависимости. Модель способна запоминать информацию на долгий период времени, что позволит ей эффективно обучаться и прогнозировать данные геоиндуцированных токов.

Для реализации данной модели воспользуемся языком программирования Python, который зарекомендовал себя как раз для работы с большим количеством неструктурированных данных и открытую программную библиотеку для машинного обучения – TensorFlow.

Для подготовки данных вариаций геомагнитного поля, значения были усреднены до 5 минут и были взяты по модулю с целью получения более качественного прогноза ГИТ. Затем с целью эффективного использования модели LSTM данные были преобразованы по формуле 1.

$$DARA = \frac{DATA - DATA\_MEAN}{DATA\_STD} \quad (1)$$

Где DATA – данные; DATA\_MEAN – среднее значение; DATA\_STD – среднее отклонение.

Модель нейронной сети состоит из трех слоев LSTM, функция активации – relu, оптимизатор – RMSprop. Для обучения использовалась выборка по замерам в 360 минут, прогноз на 15 минут вперед. Для оценки точности модели были использованы формулы среднеквадратической ошибки (MSE) и коэффициент детерминации (R2).

В результате тестирования модели были получены следующие значения MSE: обучающая выборка – 0.05, тестовая выборка – 2.05. А также следующие значения коэффициента детерминации: обучающая выборка – 0.79, тестовая выборка – 0.07. Далее представлены графики результирующие работу модели по прогнозу на 15 минут. Линиями обозначены значения ГИТ, предшествующие прогнозу, синими точками обозначены корректные значения ГИТ, красными точками – прогноз модели.

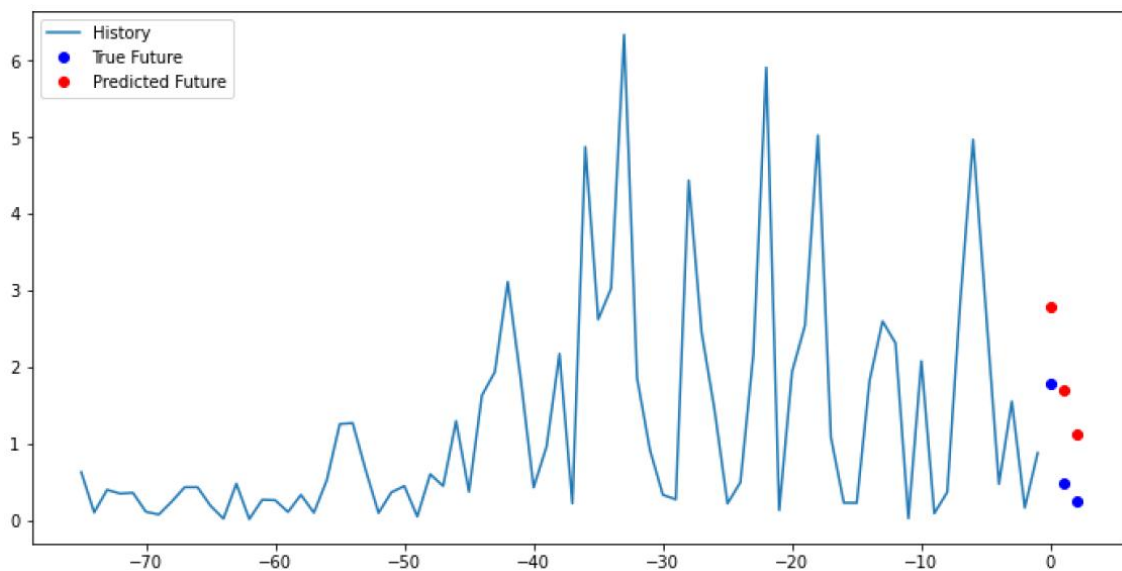


Рис. 1. График прогноза LSTM на 14 февраля 2015 года

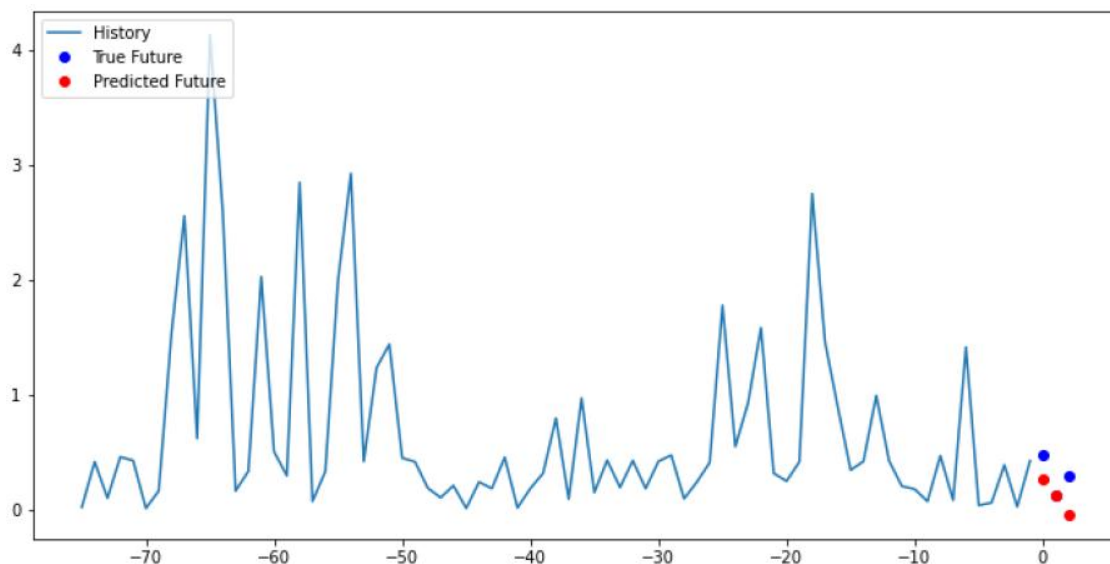


Рис. 2. График прогноза LSTM на 16 февраля 2015 года

Таким образом основываясь на значениях среднеквадратической ошибки, коэффициенте детерминации, а также на графиках, визуализирующих результат прогноза модели, можно сделать следующие выводы: основываясь на результатах среднеквадратической ошибки и коэффициенте детерминации, модель лучше прогнозирует данные обучающей выборки нежели тестовой. Однако в результате корректировки модели и обучения ее на большом количестве информации по вариациям геомагнитного поля, модель, основанная на долгой

краткосрочной памяти, способна прогнозировать значения ГИТ, которые могли бы помочь предотвратить аварии на ЛЭП.

В ходе данного исследования была построена и протестирована модель нейронной сети, основанной на долгой краткосрочной памяти, была выявлена ее среднеквадратическая ошибка и коэффициент детерминации. Результаты прогноза были визуализированы на графиках. Был сделан вывод по результативности данной модели.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воробьев А.В., Воробьева Г.Р. Визуализация геомагнитных вариаций в частотно-временной области информационного сигнала Научная визуализация. 2019. Т. 11. № 2. С. 143-155
2. Воробьев А. В., Воробьева Г.Р., Христовуло О.И. Программная система пространственной визуализации прогностических и ретроспективных данных вероятности наблюдения полярных сияний // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2021. – Т. 21, № 2. – С. 225–233.
3. Воробьев А.В., Пилипенко В.А., Еникеев Т.А., Воробьева Г.Р. Геоинформационная система для анализа динамики экстремальных геомагнитных возмущений по данным наблюдений наземных станций Компьютерная оптика. 2020. Т. 44. № 5. С. 782-790.
4. Воробьев А.В., Пилипенко В.А., Еникеев Т.А., Воробьева Г.Р., Христовуло О.И. Система динамической визуализации геомагнитных возмущений по данным наземных магнитных станций Научная визуализация. 2021. Т. 13. № 1. С. 162-176.



УДК 004.51

А. А. ИВАНЦОВА

*iva.angelina.a@gmail.com*

Науч. руковод. – канд. тех. наук, доц. А. В. ИВАНЦОВ

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **ПРИМЕНЕНИЕ ФРЕЙМВОРКА BOOTSTRAP В РАЗРАБОТКЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ WEB-РЕСУРСОВ ИНФОРМИРОВАНИЯ УЧАСТНИКОВ ТРУДОВОЙ МИГРАЦИИ**

**Аннотация.** Представлено применение фреймворка Bootstrap для создания специализированного информационного ресурса для участников трудовой миграции.

**Ключевые слова:** сайт, фреймворк Bootstrap.

Наглядное информационное обеспечение является важным ключевым элементом управления различными процессами. В управлении трудовой миграцией важно иметь информационные ресурсы с высокой наглядностью и доступностью информирования.

Среди современных технологий представления информации выделяются Web-технологии, которые являются наиболее востребованными информационными ресурсами передачи сведений населению. В связи с этим актуальным является разработка по определенным требованиям и с применением востребованных технологий front-end части официального сайта одного из органов государственной власти Республики Башкортостан с информацией для работодателей, предоставляющих рабочие места работникам из других регионов и стран, либо работников, желающих работать на предприятиях республики.

Законодательные требования к официальному сайту государственного органа власти в основном касаются наполнения сайта информационным контентом. Требования к функционалу сайта ограничиваются лишь обязательным наличием версии для слабовидящих. Ограничений к применению определенных web-технологий для разработки front-end нормативно-правовые акты не предусматривают [3].

Разрабатываемый сайт является дополнением к официальному сайту органа государственной власти, который необходим для потенциальных работников и работодателей, с целью сокращения времени поиска нормативных правовых актов и актуальной информации.

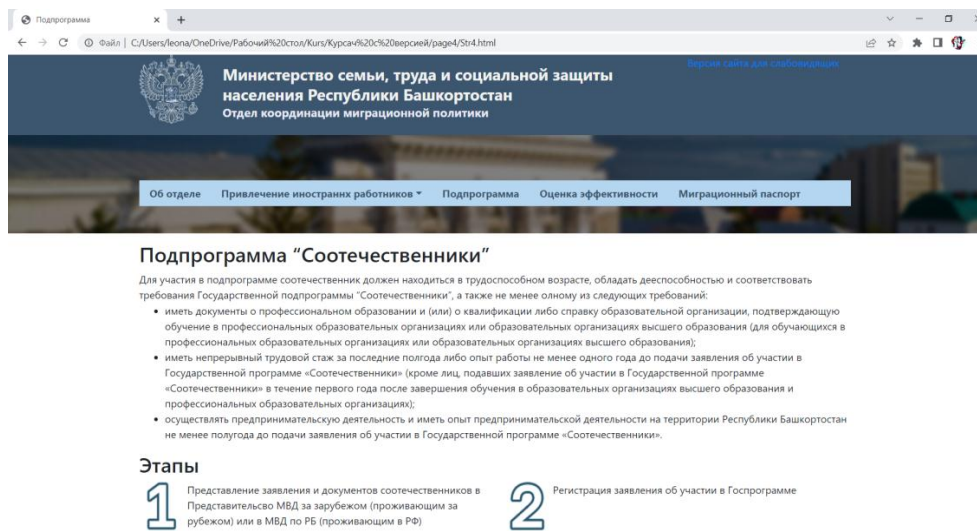


Рис. 1. Пример интерфейса сайта для государственного органа власти

Структура самого сайта создается при помощи HTML. В структуре описываются все блоки и элементы страницы, которые на ней будут отображаться. Стили для страниц разрабатываемого сайта описываются с помощью CSS [5].

При разработке сайта использовался фреймворк Bootstrap. Bootstrap – это бесплатный набор инструментов для создания веб-сайтов и веб-приложений. Включает шаблоны дизайна HTML и CSS для типографики, веб-форм, кнопок, меток, блоков навигации и простых компонентов веб-интерфейса, включая расширения JavaScript [3].

Среди front-end разработчиков Bootstrap популярен прежде всего тем, что прост в освоении и позволяет быстрее верстать сайты, чем на чистом HTML, CSS и Javascript. Плюсами Bootstrap можно назвать быстроту разработки макета сайта; кроссбраузерность и адаптивность; простоту освоения и легкость использования фреймворка. Так же среди плюсов Bootstrap можно отметить наличие готовых компонентов Web-страницы, которые во много раз упрощают разработку. Все готовые компоненты можно найти в документации к Bootstrap [3].

Bootstrap в основе своей использует систему сеток, которая упрощает разработку адаптивных сайтов. Сетка разделена на 12 столбцов и эта структура является основой макета страницы, на основе которого разработчик создает макет сайта. Для использования Bootstrap-сетки, нужно составить следующую структуру в html-файле: в тег `<div>` с классом «container» поместить тег `<div>` с классом «row», в который помещается другой тег `<div>` с классом, который будет определять количество столбцов для компонента страницы. При настройке размеров вложенных элементов используют следующие классы:

- `col-lg-*` – класс, используемый для страниц, предназначенных для устройств с большим экраном;
- `col-md-*` – класс для страниц, рассчитанных на устройства с экраном среднего размера;
- `col-sm-*` – класс для страниц, которые рассчитаны на маленькие экраны.

Вместо звездочек в конце имени класса указывается число от 1 до 12 – это количество столбцов на странице которое должен занимать конкретный элемент [3].

```
<footers>
<div class="footers">
  <div class="container">
    <div class="row">
      <div class="col-xs-7 col-sm-7 col-md-7 col-lg-7">
        <div class="KonRB">
          
          <a href="https://mintrud.bashkortostan.ru/">Министерство семьи, труда и социальной защиты населения <img alt="Государственный герб Республики Башкортостан" data-bbox="450 565 465 580"/>
        </div>
        <div class="KonRF">
          
          <a href="https://mintrud.gov.ru/">Министерство труда и социальной защиты Российской Федерации</a>
        </div>
        <div class="Tera">
          
          <a href="https://mintrud.bashkortostan.ru/activity/19950/">Противодействие терроризму и экстремисткой деятельности</a>
        </div>
      </div>
      <div class="Kont">
        <div class="KontacH1">
          <p class="tlf">
            <b>Телефон:</b> +7 (347) 288-88-07,
            +7 (347) 218-06-66сб</p>
          </div>
          <p class="eml">
            <b>Email:</b> mintrud@bashkortostan.ru
          </p>
        </div>
      </div>
    </div>
    <div class="col-xs-4 col-sm-4 col-md-4 col-lg-4">
      <div class="mapTrud">
        <script type="text/javascript" charset="utf-8" async src="https://api.maps.yandex.ru/services/constructor/1.0/js/?um=constructor%33a0ca13cec20d40dc31900529f6385d46fb79">
      </div>
    </div>
  </div>
</div>
</footers>
```

Рис. 2. Пример верстки страницы с применением Bootstrap

Для реализации версии для слабовидящих использовался плагин Button visually impaired, который изменяет версию вашего сайта для слабовидящих людей. Панель на сайте для слабовидящих дает возможность изменять цветовую палитру сайта, размеры шрифтов, также присутствует синтезатор речи для озвучивания вслух изменений настроек. С его помощью можно изменить функ-

ции сайта для удовлетворения потребностей людей с ограниченными возможностями [1].

Преимущество Bootstrap в том, что его установка максимально проста и плагин разработан с учетом ГОСТ Р 52871-2017 и удовлетворяет его требованиям. У плагина есть версия как на CMS WordPress, так и на чистый код JavaScript.

Чтобы установить данный плагин достаточно скачать архив их репозитория GitHub или с официального сайта. Далее в коде прописываем ссылки на файлы скаченного архива и версия для слабовидящих будет установлена.

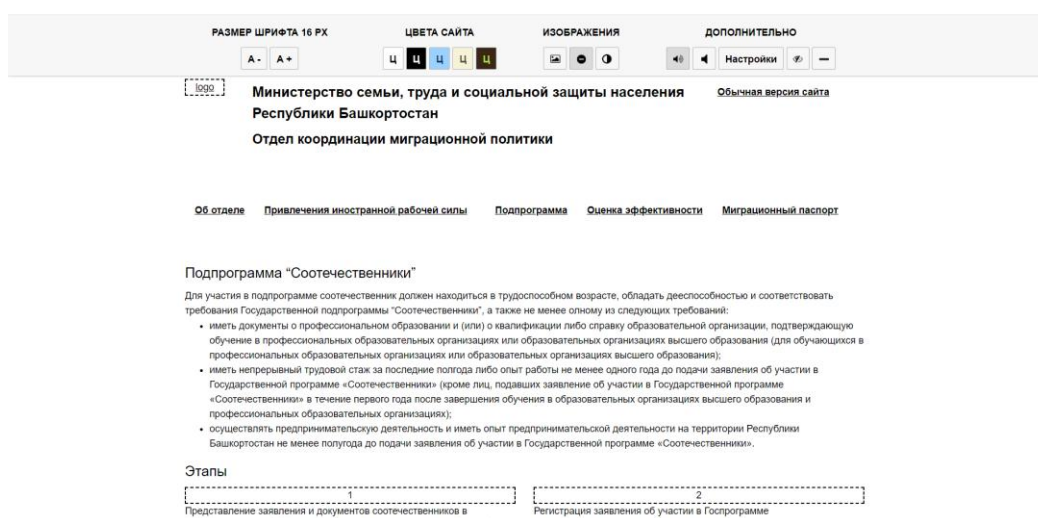


Рис. 3. Страница с применением версии для слабовидящих

В футере сайта применялась технология API Яндекс.Карты. Этот API простой в использовании веб-инструмент, позволяющий создавать схемы проезда и отмечать нужные объекты на карте, которую в последующем можно разместить на своем сайте или в блоге [2].

Для размещения карты на странице достаточно вставить на страницу код виджета, сформированный Конструктором [2].

С помощью Конструктора можно создать два типа карт: интерактивную и статичную. Для интерактивной карты Конструктор формирует элемент script, который подгружает на страницу JavaScript код для создания карты. Для статичной карты Конструктор формирует элемент img, который содержит ссылку

на страницу, выполняющую переадресацию 301 с указанными параметрами карты на Static API [2].

API Конструктора карт позволяет изменять настройки карты, передавая в коде виджета необходимые параметры. Например, можно задать ширину и высоту карты, а также ее язык [2].

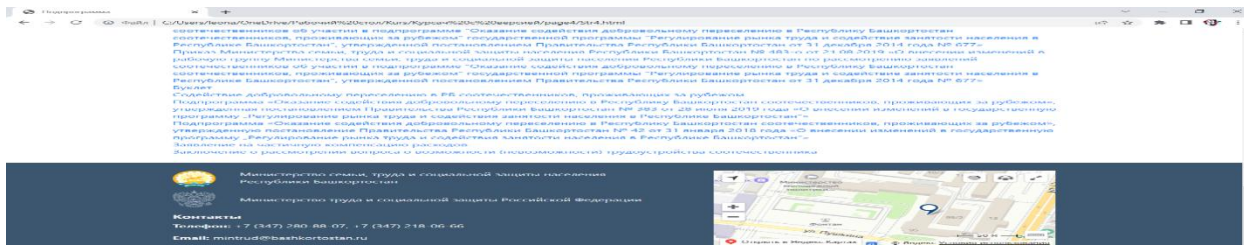


Рис. 4. Применение API Яндекс.Карты

На основе вышеизложенного, можно сделать вывод, фреймворк Bootstrap обладает необходимым функционалом и средствами представления информации, которые могут быть полезны в разработке Web-порталов органов государственной власти, имеющих большой объем правовой информации и требующих широкий функционал для наглядного представления ключевых информационных ресурсов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Документация для Button visually impaired: [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://bvi.isvek.ru/>
2. Документация для API Яндекс.Карты: [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://yandex.ru/dev/maps/constructor/doc/concepts/about.html?from=mapstools>
3. Документация фреймворка Bootstrap: [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://bootstrap5.ru/>
4. Об утверждении рекомендаций по повышению эффективности обеспечения условий доступности для инвалидов по зрению официальных сайтов федеральных органов государственной власти, органов государственной власти субъектов Российской Федерации и органов местного самоуправления в сети «Интернет» [Электронный ресурс]: Приказ Министерства связи и массовых коммуникаций Российской Федерации от 11.03.2016г. № 97 (ред. 18.03.2021г.). Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/420343406>
5. Фрэн Б. HTML5 и CSS3. Разработка сайтов для любых браузеров и устройств. Издательство: Питер, 2017. — 272 с.

А. С. КАЛГАНОВ, И. С. ИВАНОВ, М. С. АРСЛАНОВ, С. М. ВАЛИЕВ  
*artem.kalganov.00@mail.ru, bombarek777@gmail.com, osnovamarsel@yandex.ru,*  
*salawat.valieff@yandex.ru*

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **ВЕБ-ГИС ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ И АНАЛИЗА ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ СПУТНИКОВ ЗЕМЛИ НА ПРИМЕРЕ СПУТНИКОВОЙ МИССИИ SWARM**

**Аннотация.** В данной статье рассматривается способ создания веб-приложения, которое позволяет визуализировать данные пройденного маршрута спутником за определенный период времени с помощью графической библиотеке Cesium. Для визуализации были использованы данные маршрута спутниковой миссии Европейского Космического Агентства (ЕКА) под названием Swarm за первый час первого марта 2015 года. Для этого берутся данные долготы, широты и радиус спутника от центра Земли. Данные были преобразованы в текстовый формат JSON. Получен результат визуализации в трехмерном и двухмерном форматах на виртуальном глобусе Земли. По результатам проделанной работы сделан вывод актуальности данного веб-приложения.

**Ключевые слова:** веб-приложение, визуализация данных, спутник, Cesium, Swarm, JSON.

### ***Введение***

В настоящее время наблюдается стремительный прогресс исследований в области геомагнитных данных [5, 6]. Одним из таких источников данных является спутниковая миссия Swarm, предназначенная для изучения магнитного поля Земли.

Для получения новой информации часто необходимо проводить дополнительные исследования. Актуальным направлением считается создание веб-приложений для получения большего спектра геоинформационных данных. Одним из направлений исследований является визуализация и последующее изучение данных, такие как [3].

Развитие технологии WebGL позволяет реализовывать новые актуальные проекты в браузере, что делает данное направление более востребованным и доступным. Примером библиотеки для создания трехмерных глобусов и создания визуализации данных, которые используют технологию WebGL, является библиотека Cesium [2], с помощью которой производится визуализация данных.

### ***Исходные данные***

Для визуализации пройденного маршрута были взяты данные спутниковой миссии ЕКА. Swarm является очередным проектом ЕКА, предусматривающим создание серии спутников Earth Explorer, задача которых – изучение важнейших параметров Земли и их изменений под воздействием деятельности человека. Миссия состоит из трех спутников на различных полярных орбитах высотой от 460 до 530 км.

Данные берутся с сайта [<https://vires.services>] и будут использоваться с 2015-03-01T00:00:00Z до 2015-03-01T01:00:00Z с интервалом фиксации данных в одну секунду, что соответствует 3600 строкам данных.

Каждая строка содержит в себе следующие данные: Spacecraft, Timestamp, Latitude, Longitude, Radius, MLT, SunZenithAngle, SunAzimuthAngle, В\_VFM, В\_NEC, F. Использовать для визуализации будут данные: Timestamp – параметр отвечает за дату и время фиксации данных, Latitude – широта на которой находится спутник, Longitude – долгота на которой находится спутник; Radius – радиус спутника от центра Земли.

### ***Визуализация данных***

Для построения маршрута данные будут преобразовываться под текстовый формат JSON, предназначенный для хранения структурированных данных основанный на JavaScript, так как формат JSON обеспечивает поддержку всех браузеров, легко читается и имеет простой синтаксис. Пример первого объекта в формате JSON будет выглядеть следующим образом:

```
{  
  
  "longitude": 96.60346,  
  
  "latitude": 85.8974323,  
  
  "radius": 682398.354  
}
```

Основываясь на работах [4, 7] можно сделать вывод, что Cesium имеет большую производительность и стабильность. Библиотека Cesium используется для создания виртуальных глобусов и карт в web-браузере. Cesium использует WebGL для аппаратно-ускоряемой графики, что позволяет использовать аппаратные средства видеокарт интерактивной двухмерной и трехмерной графики, а также является кроссплатформенной, кроссбраузерной библиотекой, нацеленной на динамическую визуализацию данных.

С помощью данной библиотеки будет строиться маршрут пройденного пути спутником. На основании руководства [1] был написан код для визуализации данных. На виртуальном глобусе будет отображаться спутник в виде небольшой зеленой полупрозрачной точки. Подложка на глобусе будет использоваться «Bing Maps Aerial». Подложку на виртуальном глобусе можно будет поменять с помощью интерфейса. Кнопка, которая отвечает за смену подложки виртуального глобуса находится справа сверху. Весь отрезок маршрута будет представлен в виде белой линии, по которой будет совершать свое движение спутник. Скорость воспроизведения записанного маршрута изначально увеличена в 50 раз для более удобного и наглядного наблюдения и анализа. Также ее можно увеличить, замедлить или остановить с помощью интерфейса слева внизу. Каждый шаг спутника привязан к своему фиксированному времени, что дает возможность регулировать местонахождение спутника при помощи временной шкалы внизу экрана. Для того чтобы менять вид расположения камеры, нужно воспользоваться компьютерной мышкой. При помощи зажатой левой кнопки мыши можно менять расположение камеры, при помощи колесика мышки можно менять расстояния между камерой и объектом наблюдения. Также библиотека Cesium позволяет отображать данные в трехмерном и двумерном форматах.



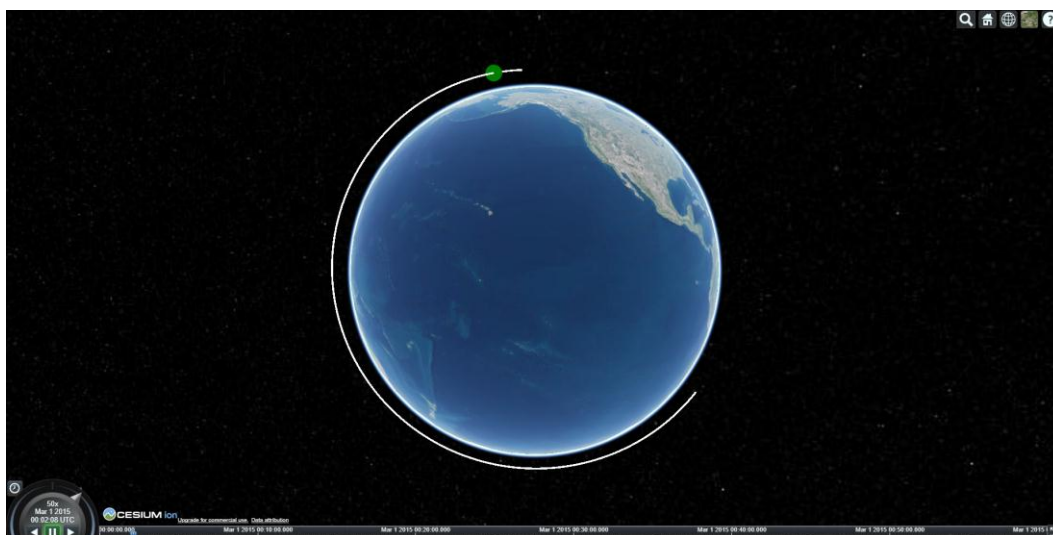


Рис. 1. Визуализация в трехмерном формате

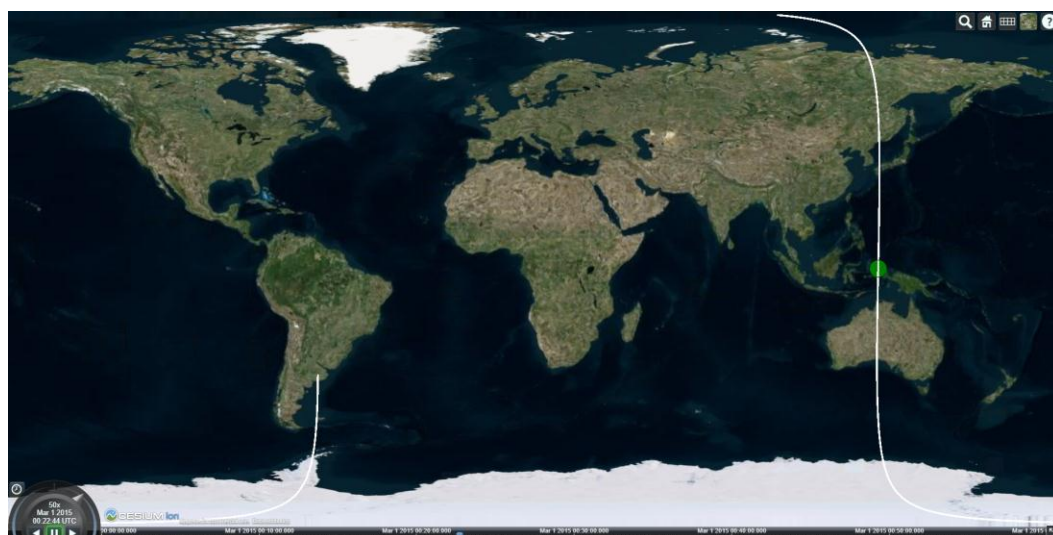


Рис. 2. Визуализация в двумерном формате

В итоге были получены результаты визуализации в трехмерном и двумерном форматах, пройденного маршрута спутником, которые будут использоваться для дальнейших анализов и исследований геоинформационных данных.

### ***Заключение***

Таким образом в ходе исследования было создано веб-приложение, которое позволяет визуализировать данные спутника на виртуальном глобусе в трехмерном и двумерном пространстве, отображая пройденный маршрут за определенный период времени. Полученная информация может использоваться для дальнейших анализов и исследований геоинформационных данных.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Build a Flight Tracker [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cesium.com/learn/cesiumjs-learn/cesiumjs-flight-tracker/> (дата обращения: 10.05.2022).
2. Cesium [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cesium.com> (дата обращения: 10.05.2022).
3. Воробьев А. В., Воробьева Г.Р., Христовуло О.И. Программная система пространственной визуализации прогностических и ретроспективных данных вероятности наблюдения полярных сияний // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2021. Т. 21. № 2. С. 225-233.
4. Воробьев А.В., Воробьева Г.Р. Веб-ориентированная 2d/3d-визуализация параметров геомагнитного поля и его вариаций // Научная визуализация. 2017. Т. 9. № 2. С. 94-101.
5. Воробьев, А. В., Пилипенко, В. А., Воробьева, Г. Р., Христовуло, О. И. Методология создания и перспективы применения проблемно-ориентированных цифровых двойников магнитных обсерваторий и вариационных станций // Информационно-управляющие системы. 2021 № 2. С. 60-71.
6. Воробьева Г.Р., Воробьев А. В. Подход к повышению производительности программных процессов обработки и хранения больших объемов геомагнитных данных // Вестник Томского гос. ун-та. Управление, вычислительная техника и информатика. 2020. № 50. С. 23-30.
7. Орлов П.Ю., Журкин И.Г. Использование графической библиотеки cesium для создания web-ориентированных геоинформационных систем на примере гис околоземного космического пространства // Научная визуализация. 2018. Т. 10. № 3. С. 58-71.

УДК 004.75

И. В. КАСЕНКИН

*kasenkin16102001@mail.ru*

Науч. руковод. – д-р техн. наук, проф. С. В. ПАВЛОВ

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **РАЗРАБОТКА ПОДСИСТЕМЫ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОЦЕССА КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ДАННЫХ «ГИС УГАТУ»**

*Аннотация.* В работе освещается проблема актуализации и достоверности информации, добавляемой в «ГИС УГАТУ». В статье также рассматривается вариант решения данной проблемы, в виде реализации программного модуля для ГИС ИнГЕО, позволяющего без особых усилий осуществлять контроль процесса внесения новых данных в «ГИС УГАТУ».

*Ключевые слова:* ГИС, программный модуль, данные, информация, контроль.

Уфимский государственный авиационный технический университет представляет из себя организацию, объекты и подразделения которой, находятся на расстоянии более 100 километров. Как пример – расстояние между базой отдыха и филиал в г. Кумертау. Этот факт может затруднять управление объектами УГАТУ. Но при грамотном использовании пространственного учета, управление объектами становится действительно намного эффективнее. Также появляется возможность выполнять ранее недоступные задачи. Именно для этого сотрудники и студенты УГАТУ дополняют и улучшают геоинформационную систему УГАТУ. Крайне необходимо контролировать процесс внесения новых данных, чтобы избежать использования подсистемами ГИС УГАТУ неправильных данных, которые могут быть неточными, неполными или неактуальными.

Количество данных в системе не только значительно, но оно и не перестает расти. А данный факт обозначает, что контролировать качество данных вручную станет сложнее с каждым годом.

Именно поэтому для геоинформационной системы УГАТУ так необходима подсистема, которая позволяла бы автоматизировать процесс контроля качества данных.

Данные являются неотъемлемой частью любой информационной системы, в их числе и ГИС УГАТУ, так как весь функционал информационных систем завязан на то или иное использование данных. Например, сбор или хранение данных.

Если окажется, что сохраненные данные содержат ошибки, в дальнейшем это может привести к неправильному выполнению расчетов, а это может спровоцировать серьезные убытки для предприятия. По этой причине большинство крупных компаний, работа которых характеризуется большими денежными оборотами, уделяют особенное внимание контролю качества данных.

В геоинформационных системах контроль качества данных можно проводить только посредством ручного анализа качества данных, то есть пользователю системы будет нужно будет знать какие данные полные и точные, а какие необходимо исправить в соответствии со внешними изменениями.

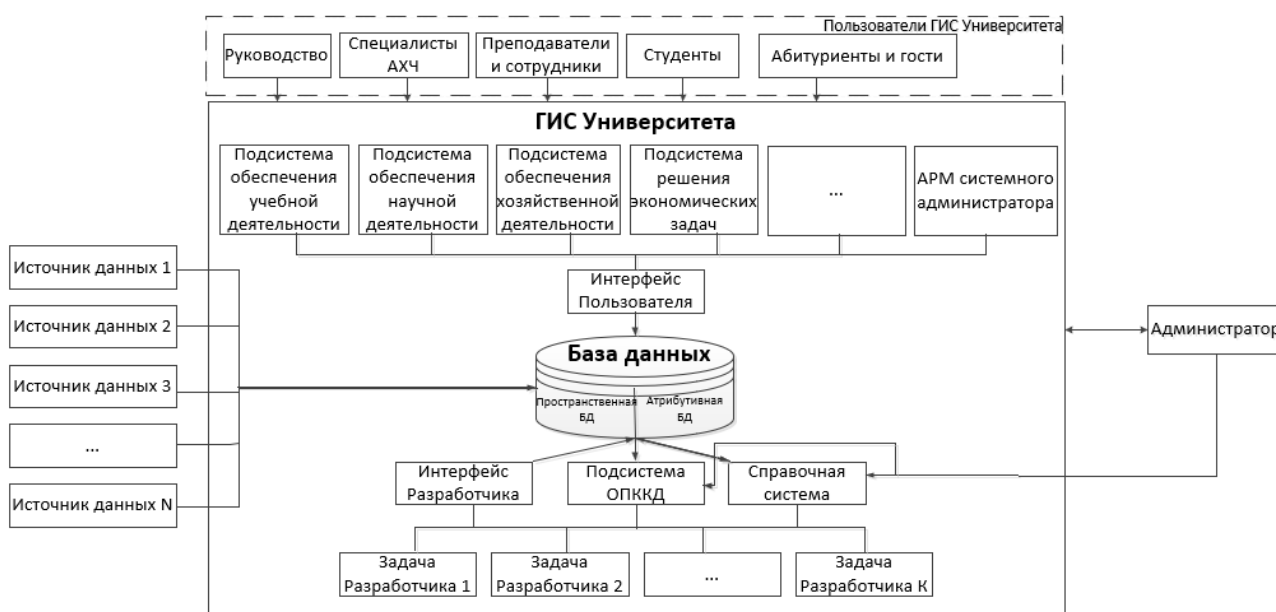


Рис. 1. Архитектура «ГИС УГАТУ» на ИнГЕО

Решением указанной выше проблемы является разработка подсистемы для ГИС ИнГЕО, упрощающей контроль качества данных для простых пользователей. Реализация подсистемы будет осуществляться в виде программного модуля для ГИС ИнГЕО. Функционал модуля будет предоставлять возможно-

сти по поиску, загрузке, визуального и программного сравнения и экспорта рисунков планов этажей и помещений в автоматизированном режиме.

В результате проведенного анализа было определено, что благодаря описанной подсистеме – будет решена имеющаяся проблема по контролю качества данных.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Документация по C#, 2022. [Электронный ресурс]. URL: docs.microsoft.com/ru-ru/dotnet/csharp
2. Regasm.exe (средство регистрации сборок), 2022. [Электронный ресурс]. URL: docs.microsoft.com/ru-ru/dotnet/framework/tools/regasm-exe-assembly-registration-tool
3. INTEGRO «Инструментальная геоинформационная система ИнГео», 2018. [Электронный ресурс]. URL: [https://www.integro.ru/projects/gis/main\\_gis.htm](https://www.integro.ru/projects/gis/main_gis.htm)
4. КНИГА 3. «Руководство пользователя. Работа шаг за шагом»: Руководство пользователя для ГИС «ИнГео»/ ЗАО ЦСИ «Интегро» – 2005. – 32 с.
5. Ричард И. Ван «Качество данных» / Ричард И. Ван., Мустафа Зиад, Ян В.Ли. // Springer New York. 2002. – 167 с.
6. Тюрин В. «Показатели качества публичных данных» / Тюрин В. // 2017 [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/post/321406> (Дата обращения: 15.06.2022).

Т. И. КИКОВ, Т. Р. ГАЛЛЯМОВ, Р. Д. РАХИМЬЯНОВ

*timurk666.kikov@gmail.com, gallyam0v-timur@mail.ru, rus.rakhimyanov@mail.ru*

Науч. руковод. – доц. А. Ф. АТНАБАЕВ

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ДЛЯ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ЛЕСОВ**

**Аннотация.** В настоящий момент многие студенты, изучающие ГИС, не понимают с чем им придется столкнуться после выпуска из своих учебных заведений, данная статья затрагивает одно из направлений по которому может пойти студент и наглядно демонстрирует что может ожидать такого будущего специалиста.

**Ключевые слова:** ГИС; QGis; данные дистанционного зондирования; космические аппараты; классификация; алгоритмы.

По данным предоставленным Международным Институтом мировых ресурсов и Центра природного мониторинга за последние 8000 лет Земля потеряла около половины некогда существовавших лесов. Это произошло под воздействием разных факторов: как и со стороны самой природы, так и из-за вмешательства человека [1]. Дистанционное наблюдение за состоянием лесов проводится с целью определения их изменения и ее дальнейшей динамики. Путем дешифрования космических снимков и аэрофотоснимков определяются границы и площади поврежденных, погибших или вырубленных лесных участков. Мониторинг состояния лесов позволяет проводить своевременную профилактику по защите лесных посевов. Современные программы мониторинга лесов имеют возможность определять состояние, как и леса в целом, так и отдельных его частей, прямиков до одного деревца, позволяя отслеживать динамику их изменения и влияющие на это факторы. С дистанционным зондированием возможно проводить инвентаризацию лесных ресурсов, определять проблемы лесной местности и выявлять положительные и отрицательные характеристики. Существует ряд задач решаемых ДЗЗ касательно лесных хозяйств:

- производить картографию;
- выявлять и контролировать вырубки лесов;

- выявлять пожары и техногенные влияния;
- определения пород;
- определения почв;
- возможность вести статистику по возрасту, количеству, массивности, высоте, плотности и репродуктивности.

Лесные запасы несут в себе важное экономическое и экологическое значение. Леса являются источником древесины, растительного и животного сырья, используются в современном обществе, в промышленной сфере и выполняют множество разных важных функций таких, как защита окружающей среды, сбережение водных ресурсов и многое другое. Леса несут огромное влияние на качество и уровень современной жизни населения, на возможность стабильного экологического и экономического развития страны. Ну а также леса выполняют важнейшую функцию абсорбера – поглощение газов и паров для воспроизведения кислорода.

Поэтому наблюдение за состоянием лесных ресурсов официально подтверждена документацией Российской Федерации, что выводит эту задачу на государственный уровень. Благодаря этому развитие методов и технологий по защите леса с каждым годом все больше приносит свои плоды. И одну из важных ролей в этом развитии играет Дистанционное зондирование, так как снимки являются основным механизмом и инструментом для оценки и профилактики лесных ресурсов [2].

### ***Оборудование (спутник/БПЛА)***

«Ресурс-П» - Космические аппараты ДДЗ. Данные из космических аппаратов применяются в изучении природных ресурсов, кадастровых планов, топографических и навигационных карт, наблюдение чрезвычайных ситуаций, загрязнений почв и водных ресурсов, распознавание минералов, почв, контроль загрязнения и деградации окружающей среды, выявление и изучение загрязнений окружающей среды, контроль водоохранных и заповедных районов, кон-

троль окружающей среды и при поиске потенциальных мест залегания нефти и других полезных ископаемых.

Информация, полученная из спутников, может использоваться в целях международного сотрудничества в сферах контроля и охраны окружающей среды и различных задач ДДЗ

На данный момент в России существует система оптико-электронного наблюдения за поверхностью Земли в составе КА «Ресурс-П» №1, №2, №3, единой территориально разнесенной системы наземных пунктов приема информации и наземного комплекса управления. [3] Применение космических аппаратов «Ресурс-П» в составе космической системы существенно повышает эффективность использования каждого КА и оперативность получения данных ДДЗ.

Космическая аппаратура обеспечивает съемку земной поверхности в панхроматическом, спектральном, широкозахватном и гиперспектральном режимах в любом сочетании. Передача информации может осуществляться в реальном масштабе времени и в записи по высокоскоростной радиолинии.



Рис. 1.



### ***Методы работы со снимками***

Для работы специалиста в QGIS предусмотрены некоторые функции для более продуктивной деятельности, но мы рассмотрим такие методы как классификации яркости пикселей для выделения различных зон снимка, алгоритмы преобразования для привязки растровых изображений. Вышеперечисленные инструменты были выбраны авторами связи с полученным опытом на производственной практике и более тесного знакомства с данными функциями QGIS.

### ***Доступные алгоритмы преобразования***

От количества используемых контрольных точек, у специалиста меняется его выбор того или иного алгоритма преобразования. Хотя использование алгоритмов преобразования также зависит от еще нескольких пунктов, это геометрическое искажение появляющиеся в готовом результате, а также качества входных данных.

Вот полный список алгоритмов доступных в QGIS:

- *Линейный алгоритм*
- *Трансформация Хельмерта*
- *Многокомпонентные алгоритмы*
- *Алгоритм тонкостенного сплайна*
- *Проективная трансформация*

### ***Классификация с обучением и без***

Главнейшее различие данных классификаций заключается в выборе эталонов специалистом или же автоматически. Конечно, также важно понимать в каких ситуациях стоит применять тот или иной метод классификации, например классификация с обучением используется если снимок легко различим и количество объектов на снимке не велико, классификация без обучения же используется в случаях рано наоборот.

Методы классификации с обучением

– Метод минимального расстояния

– Метод дистанции Махаланобиса

– Метод спектрального угла

Методы классификации без обучения

– Метод ISODATA

– Метод К-средних.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Российские космические системы // russianspacesystems.ru URL: <https://russianspacesystems.ru/bussines/dzz/resurs-p/> (дата обращения: 10.10.2022).
2. Космические аппараты типа «Ресурс-П» // tsniimash.ru URL: [https://tsniimash.ru/science/scientific-and-technical-centers/flight-control-center-fcc/orbital-grouping-of-the-ns-nan/spacecraft\\_series\\_resource\\_p/](https://tsniimash.ru/science/scientific-and-technical-centers/flight-control-center-fcc/orbital-grouping-of-the-ns-nan/spacecraft_series_resource_p/) (дата обращения: 10.10.2022).
3. Обезлесение // Википедия URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%B1%D0%B5%D0%B7%D0%BB%D0%B5%D1%81%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5> (дата обращения: 09.10.2022).
4. Мониторинг лесного хозяйства // ИННОТЕЛ URL: <https://innoter.com/otraslevye-resheniya/lesnoe-khozyaystvo/> (дата обращения: 11.10.2022).
5. Обработка цифровых снимков в ДЗЗ (дистанционном зондировании земли) // <https://docs.qgis.org> URL: [https://docs.qgis.org/2.0/ru/docs/user\\_manual/plugins/plugins\\_georeferencer.html](https://docs.qgis.org/2.0/ru/docs/user_manual/plugins/plugins_georeferencer.html) (дата обращения 15.10.2022)

УДК 004.94

А. Н. ЛАПИН, А. А. ШИРОКОВА, Ш. М. МИНАСОВ  
*meccos160@yandex.ru, ann2002wide@gmail.ru, minasov@ufanet.ru*  
Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. Ш. М. МИНАСОВ

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **ТЕХНОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ АЭРОФОТОСЪЕМКИ С БПЛА САМОЛЕТНОГО ТИПА**

**Аннотация.** В работе рассматривается актуальность проблемы лесных пожаров на территории Российской Федерации. Приведена схема системы мониторинга за лесными пожарами с использованием БПЛА самолетного типа. Описан алгоритм обработки изображений, на основании которых строится цифровой двойник фронта лесного пожара. Определены наиболее благоприятные параметры полета для БПЛА во время проведения аэрофотосъемки.

**Ключевые слова:** информационные системы; лесные пожары; мониторинг; БПЛА; дистанционное зондирование; аэрофотосъемка.

Одной из отличительных особенностей ландшафта Российской Федерации являются леса, которые покрывают практически половину всей ее территории [1]. Также стоит отметить, что леса России составляют пятую часть от суммарной площади лесов по всему миру. На поддержание и защиту этого огромного природного наследия государством выделяются десятки миллиардов рублей в год [2]. Но порой природные явления оказываются сильнее даже такого бюджета.

В 2021 году была зарегистрирована рекордная площадь лесных пожаров. По данным Федерального агентства лесного хозяйства «Авиалесоохрана» огнем было пройдено почти 19 миллионов гектаров земли, что является рекордным показателем за всю историю спутникового наблюдения [3]. Для большей наглядности можно утверждать, что площадь лесных пожаров в России сравнима с площадью всей Белоруссии. По оценкам экспертов, в августе 2021 года Сибирские лесные пожары были больше, чем все другие пожары в мире вместе взятые [4]. Впервые в истории дым от лесных пожаров достиг Северного полюса [5].

В подавляющем большинстве случаев основной причиной возникновения лесных пожаров является человек, а точнее – его неосторожность и несоблюдение противопожарных мер при сельскохозяйственных работах, например при сжигании порубочных остатков при вырубке леса [6].

Одной из потенциальных опасностей лесных пожаров является вероятность перехода огня на близлежащие населенные пункты [7]. В данной работе рассматривается задача определения скорости распространения фронта возгорания путем применения систем мониторинга с использованием технологии БПЛА и последующим построением цифрового двойника для прогнозирования темпов распространения лесного пожара и заблаговременного предупреждения близлежащих населенных пунктов.

Рассмотрим схему системы мониторинга лесных пожаров (рисунок 1):

1. Система из одного или нескольких беспилотных летательных аппаратов собирает непосредственные данные с места возгорания и отправляет их по внутренней сети. БПЛА оснащены специализированными датчиками, которые позволяют вести съемку в инфракрасном спектре. БПЛА самолетного типа имеют ряд преимуществ перед спутниковыми системами, таких как мобильность, низкая цена, доступность, простота использования и возможность проведения мониторинга в приближенном к реальному времени.

2. Вычислительный узел и интерфейс работы оператора представляет собой компьютер, на который поступают и обрабатываются данные с системы БПЛА. Далее эта информация поступает в СУБД для обновления уже имеющихся данных о точке возгорания. На основании данных, полученных с системы БПЛА и БД, строится прогноз скоростных параметров фронта лесного пожара.

3. База данных с полученными за период наблюдения показаниями, а также изначальной информацией, такой как тип местности, прогноз погоды, характеристики летательных аппаратов и так далее.

В условиях низкой скорости соединения и/или временной недоступности беспроводной связи, для понижения объема отправляемых пакетов данных аэрофотоснимки могут проходить предварительную обработку силами бортового компьютера БПЛА. В данном случае, по сетям связи передается не полное изображение местности в инфракрасном спектре, а лишь координаты границ фронта лесного пожара.

Стоит отметить, что обработка изображений является трудоемким процессом с точки зрения компьютерной техники, поэтому решение о методе отправки данных стоит принимать исходя из характеристик бортового компьютера и топливных ресурсов самого БПЛА.

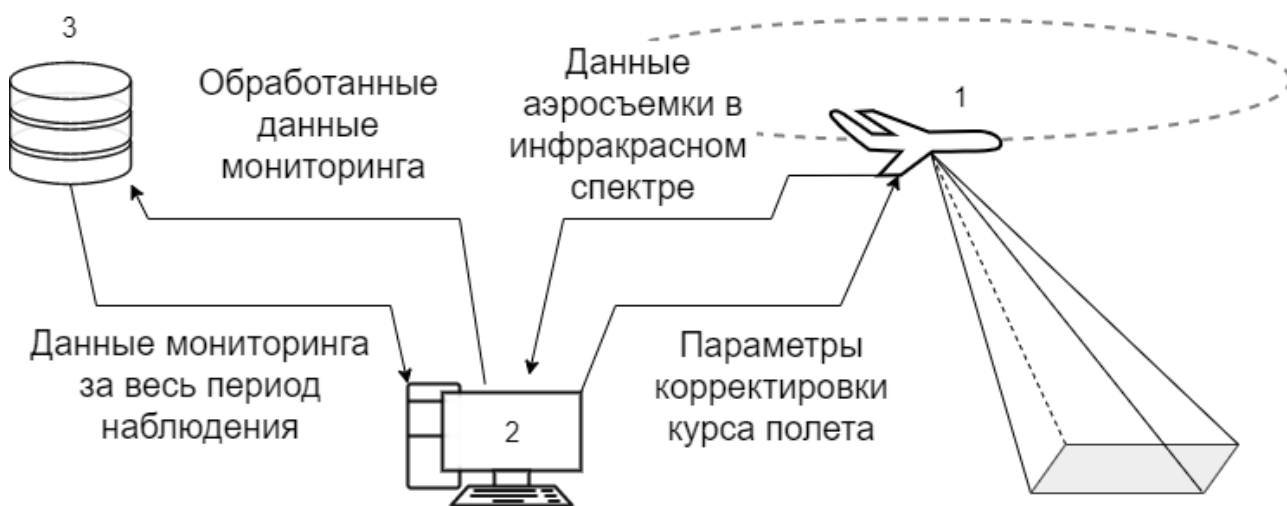


Рис. 1. Схема системы мониторинга

Одним из неблагоприятных факторов, которые повышают ошибку определения границ возгорания, является погрешность эффекта размытия в движении. Когда объектив камеры производит съемку, само устройство может успеть пролететь достаточно большое расстояние, из-за чего возникает вышеупомянутый эффект. Для парирования данной погрешности были произведены математические расчеты, с помощью которых представляется возможным определить необходимые параметры полета БПЛА для заданных характеристик камеры (Таблица 1).

В процессе полета БПЛА может изменить высоту и скорость полета. Согласно [8], рекомендуемыми параметрами полета во время аэрофотосъемки местности являются:

- скорость полета менее 150 км/ч;
- высота полета от 200 до 500 метров.

Исходя из полученных данных, для заданных параметров инфракрасной камеры оптимальная высота полета находится в пределах от 464 до 500 метров со скоростью 125 км/ч. Именно при таких параметрах погрешность эффекта размытия в движении составляет менее одного пикселя снимка, что позволяет производить определение координат границ фронта пожара с наибольшей точностью.

Таблица 1

Фрагмент таблицы с расчетными данными погрешности  
эффекта размытия в движении

Высота полета, м	Размеры снимка, м		Относительная погрешность		Погрешность, пиксели
	a	b	e <sub>a</sub>	e <sub>b</sub>	
Н			e <sub>a</sub>	e <sub>b</sub>	e
200	77	61	0,36%	0,45%	2,31
220	84	68	0,33%	0,41%	2,10
240	92	74	0,30%	0,38%	1,93
260	100	80	0,28%	0,35%	1,78
280	108	86	0,26%	0,32%	1,65
300	115	92	0,24%	0,30%	1,54
320	123	98	0,23%	0,28%	1,45
340	131	104	0,21%	0,27%	1,36
360	138	111	0,20%	0,25%	1,29
380	146	117	0,19%	0,24%	1,22
400	154	123	0,18%	0,23%	1,16
420	161	129	0,17%	0,22%	1,10
440	169	135	0,16%	0,21%	1,05
460	177	141	0,16%	0,20%	1,01
480	184	147	0,15%	0,19%	0,96
500	192	154	0,14%	0,18%	0,93

Стоит отметить, что при условиях сильного ветра 15 – 20 метров в секунду использование БПЛА для аэрофотосъемки не представляется возможным [9].

На основании полученных данных происходит построение цифрового двойника фронта пожара. При получении новых снимков модель уточняется и дополняется.

В результате проведенного исследования было определено, что благодаря описанной технологии цифрового двойника на основании данных аэрофотосъемки с БПЛА самолетного типа можно выполнять прогнозирование распространения фронта лесного пожара и заблаговременно предупреждать близлежащие населенные пункты о надвигающейся угрозе. Также был разработан программный модуль визуализации процесса дистанционного зондирования Земли «K-Media ERS» и выполнена государственная регистрация программы для ЭВМ №2022663294.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Природа России. URL: <http://www.priroda.ru/regions/forest/> (Дата обращения: 08.08.2022).
2. Государственная программа Российской Федерации «Развитие лесного хозяйства». URL: <https://ach.gov.ru/upload/pdf/budget/gr-2022/ГП-29%20развитие%20лесного%20хозяйства.pdf> (Дата обращения: 08.08.2022).
3. Greenpeace. 2021 год стал рекордным по площади пожаров. URL: <https://greenpeace.ru/news/2021/08/16/2021-god-stal-rekordnym-po-ploshhadi-pozharov/> (Дата обращения: 08.08.2022).
4. The Washington Post. Siberia's wildfires are bigger than all the world's other blazes combined URL: <https://www.washingtonpost.com/world/2021/08/11/siberia-fires-russia-climate/> (Дата обращения: 08.08.2022).
5. Wildfire smoke reaches North Pole for 1st time in recorded history. URL: <https://www.fox35orlando.com/news/wildfire-smoke-reaches-north-pole-for-1st-time-in-recorded-history>. (Дата обращения: 08.08.2022).
6. Гринпис получил первые результаты исследования причин лесных пожаров. URL: <https://greenpeace.ru/news/2021/08/10/greenpeace-poluchil-pervye-rezultaty-issledovaniya-prichin-lesnyh-pozharov/>. (Дата обращения: 08.08.2022).
7. В Якутии лесные пожары перешли на населенные пункты, введен режим ЧС. URL: <https://rg.ru/2021/08/09/reg-dfo/v-iakutii-lesnye-pozhary-pereshli-na-naselennye-punkty-vveden-rezhim-chs.html>. (Дата обращения: 08.08.2022).
8. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 5 мая 2016 г. N 277 "Об утверждении Методических указаний по измерению площади, пройденной огнем при лесном пожаре" (с изменениями и дополнениями). URL: <https://base.garant.ru/71492966/> (Дата обращения: 08.08.2022).
9. Горбунов А.А., Галимов А.Ф. Влияние метеорологических факторов на применение и безопасность полета беспилотных летательных аппаратов с бортовым ретранслятором радиосигнала // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». 2016. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-meteorologicheskikh-faktorov-na-primenenie-i-bezopasnost-polyota-bes-pilotnyh-letatelnyh-apparatov-s-bortovym-retranslyatorom> (дата обращения: 08.08.2022).

Д. С. ЛУКИН

*drdreamwatson@gmail.com*

Науч. руковод. – асс. каф. В. Д. ТРУБИН

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДАННЫХ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО МОНИТОРИНГА СЕРВЕРОВ В ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

**Аннотация.** Рассматриваются основные трудности сбора атрибутивной информации компьютерных устройств и возможность их решения с использованием специальных систем мониторинга серверов. Были выдвинуты требования к подобным системам, предложен продукт, удовлетворяющий им и представлен возможный способ его использования с геоинформационной системой.

**Ключевые слова:** геоинформационная система, мониторинг, сетевое оборудование, сервер, отслеживание, Zabbix, база данных.

Геоинформационные системы (ГИС) – это автоматизированные системы, осуществляющие сбор, хранение, анализ, обработку и графическую визуализацию пространственных данных и связанной с ними атрибутивной информацией.

Создание геоинформационной системы – это трудоемкий процесс, который требует сбор пространственных данных и внесение их в рабочую геоинформационную систему. Также важной частью ГИС является атрибутивная информация, связанная с пространственными данными. Примером такой системы может служить ГИС УГАТУ.

Одной из задач, решаемой ГИС УГАТУ, является наглядное представление информации о физическом нахождении устройств в сети и предоставление их атрибутивных данных. К атрибутивным данным относятся аппаратная и сетевая информация. Сбор данной информации предполагает обход всей компьютерной техники вручную, что приводит нас к следующим трудностям:

- Необходимость присутствия в процессе сбора информации ответственного лица;
- Необходимость периодического обновления информации в ручном режиме, вследствие изменения лабораторного фонда;



- Человеческий фактор;
- Большое количество времени, необходимое для обхода всех устройств.

Также, при увеличении размера сети, требуемое время может увеличиваться в геометрической прогрессии.

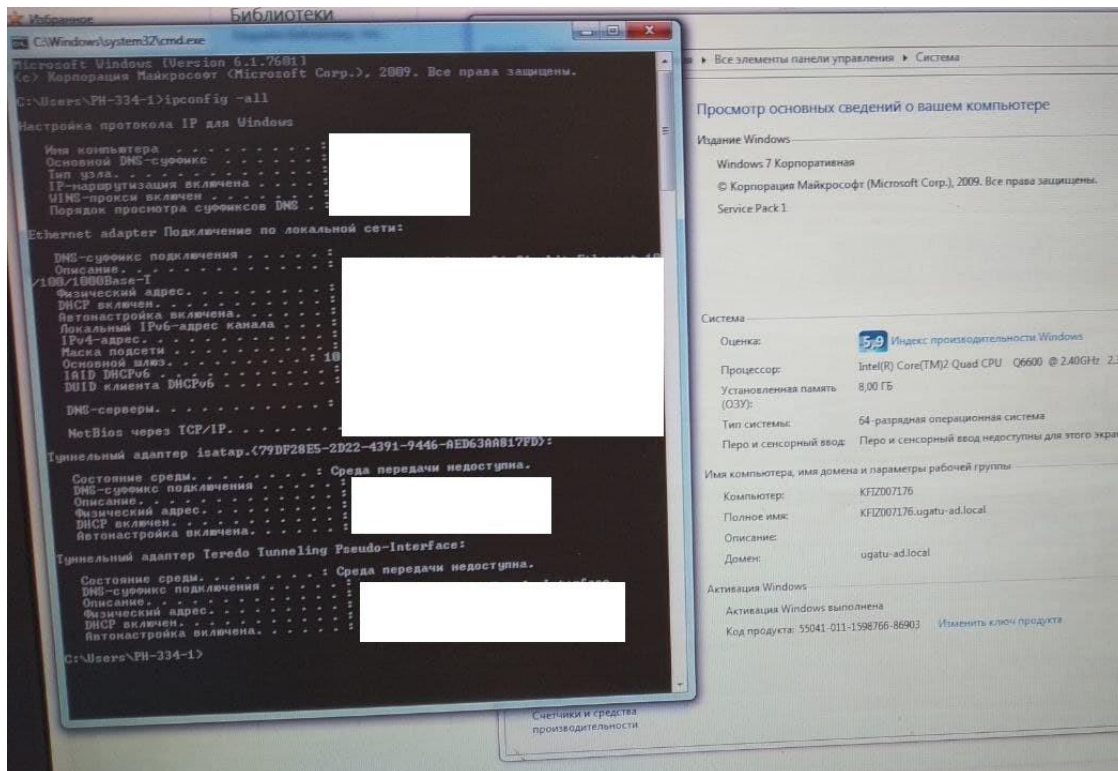


Рис. 1. Пример сбора характеристик ПК

A1	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1		IP	Mac	Процессор	ОЗУ, гб	ОС	Имя компьютера/мен/рабочая группа		
2	1			Core i5 - 4440	4	Windows 7	BUHG007915	ugatu-ad.local	
3	2			Core i3 - 2100	4	Windows 7	BUHG000001	ugatu-ad.local	
4	3			FX - 4100	4	Windows 7	NICH1-442-001	ugatu-ad.local	
5	4			Core i3 - 2120	4	Windows 7	1-buh	БУХГАЛТЕРИЯ	
6	5			Core i5 - 3330	4	Windows 7	BUHG010145	ugatu-ad.local	
7	6			Core i5 - 7400	8	Windows 10 Pro	BUHG007000	ugatu-ad.local	
8	7			Core i3 - 2120	4	Windows 7	BUHG006503	ugatu-ad.local	
9									
10									

Рис. 2. Характеристики в табличном виде

Помочь в преодолении данных трудностей может использование специальных систем автоматизированного мониторинга серверов. Они могут исключить человеческий фактор, убрать надобность в ручном обновлении данных, а

также получить большое количество дополнительной информации, которая будет полезна из-за постоянного сканирования серверов.

Использование данных, полученных с помощью систем мониторинга и отслеживания динамики работы серверов и сетевого оборудования, может существенно улучшить работу геоинформационных систем путем своевременного оповещения о состоянии как самого сервера, так и устройств, подключенным к нему.

К данным мониторинга относятся:

- Производительность сервера (частота ошибок интерфейсов, загрузка ЦП или памяти и т. д.);
- Доступность сервера (свободное место на диске, статус системы, доступность сетевого соединения и т. д.);
- Изменение конфигурации сервера (добавлены или удалены новые компоненты);
- Мониторинг облачных сервисов (Google Cloud, Nextcloud);
- Мониторинг приложений (1С: Предприятие, Gitlab, Microsoft IIS);
- Мониторинг сервисов (Active Directory, DNS, VPN, Systemd) и др.

Благодаря этим данным можно оперативно получать информацию о состоянии сервера и отдельных устройств в самой геоинформационной системе, что позволит оперативно решать появившиеся ошибки.

Для систем мониторинга серверов, данные которых будут импортированы в ГИС, имеются следующие требования:

- Возможность сбора информации с устройств на которых установлен Windows, Linux, FreeBSD;
- Хранение информации о серверах в базе данных.

Одним из решений для мониторинга серверов, которое удовлетворяет всем требованиям, является свободно распространяемый сервис Zabbix.

Zabbix – система мониторинга и отслеживания статусов разнообразных сервисов компьютерной сети, серверов и сетевого оборудования.

Благодаря возможности сохранения информации в базе данных PostgreSQL возможна работа с QGIS и ArcGIS.

Система Zabbix состоит из двух частей: сервера и агента. Сервер Zabbix и агент Zabbix устанавливаются на сервер и клиент соответственно. Для получения информации по плагинам (приложениям, сервисам на стороне клиента) агент выполняет скрипт и формирует набор данных, который после передается на сервер в виде строкового параметра. На стороне сервера полученные данные структурируются на отдельные элементарные параметры и сохраняются в базе данных.

Передачу требуемой информации в геоинформационную систему будем выполнять через протокол TCP/IP. После ее получения ГИС добавит новую информацию к соответствующим объектам и уведомит пользователя при появлении ошибок.

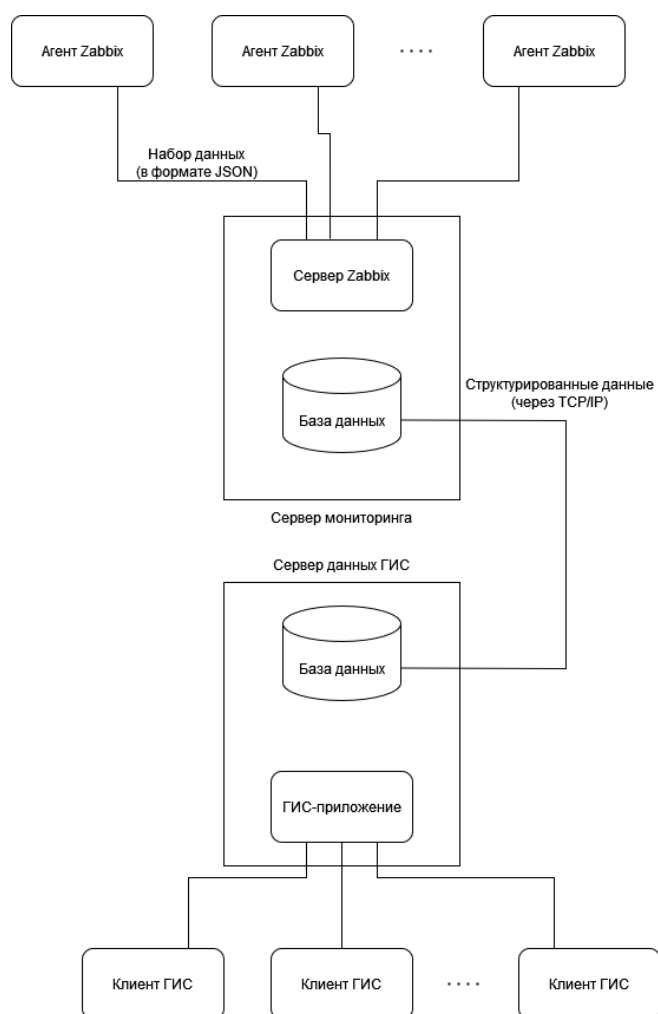


Рис. 3. Схема взаимодействия сервера ГИС с сервером мониторинга

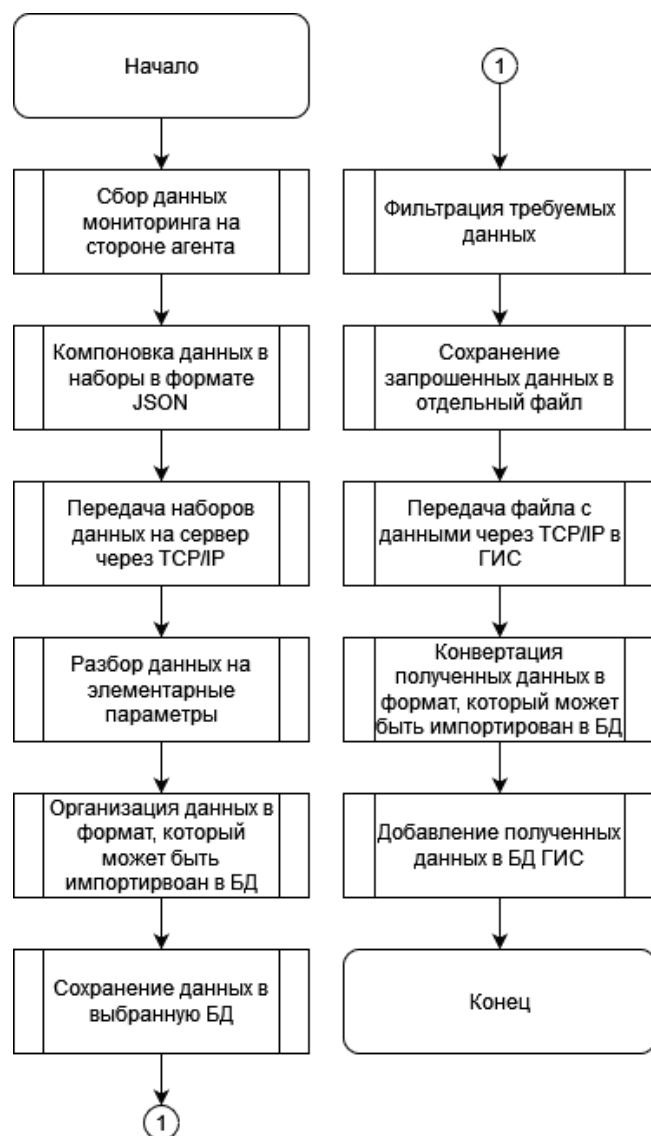


Рис. 4. Блок-схема алгоритма обработки данных мониторинга для передачи в ГИС

### ***Заключение***

Система мониторинга и отслеживания динамики работы серверов и сетевого оборудования помогла бы автоматизировать процесс сбора атрибутивной информации у компьютерных устройств, оперативно оповещать об возникших ошибках, свести неточности полученной атрибутивной информации к минимуму.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Руководство по Zabbix [Электрон., ресурс], 2022. URL: <https://www.zabbix.com/documentation/6.0/ru/manual> Дата обращения: 11.09.2022
2. Гилязов Р. А., Закирова Э. Ф., Трубин В. Д. Подсистема управления вычислительной средой в составе ГИС УГАТУ/ Мавлютовские чтения: Материалы V Международной научно-технической конференции, 2021. Т 5, С. 153–157
3. Zabbix: мониторим все подряд [Электрон. ресурс], 2020. URL: <https://habr.com/ru/post/485538/> Дата обращения: 13.09.2022

УДК 004.032.26

Б. А. МУЗИПОВ

*bulat.muzipov@mail.ru*

Науч. руковод. – канд. техн. наук, проф. А. В. ВОРОБЬЕВ

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕКУРРЕНТНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ИНДЕКСОВ МАГНИТНОГО ПОЛЯ В ПОЛЯРНОЙ ШАПКЕ**

**Аннотация.** Темп событий в современном мире не перестает набирать обороты. Тот, кто может предсказать завтрашний день, неделю или даже месяц, обретает неоспоримое преимущество перед конкурентами или обстоятельствами.

В статье проводится анализ эффективности прогнозирования временных рядов с использованием рекуррентных нейронных сетей на примере геомагнитных данных. Были рассмотрены различные типы нейросетей и их классификация.

**Ключевые слова:** прогнозирование, прогнозирование временных рядов, временные ряды, нейронные сети, геоинформационные системы, ГИС, РНС.

### ***Введение***

Прогнозирование – это разработка прогноза. Прогноз в свою очередь это научно обоснованное суждение о будущем состоянии какого-либо объекта или процесса.

Нейронная сеть – это компьютерная программа, которая работает по принципу человеческого мозга: она пропускает входные данные через систему «нейронов» – более простых программ, взаимодействующих между собой, после чего выдает некий результат вычислений на основе этого взаимодействия, учитывая опыт и ошибки прошлых запусков программы.

Временной ряд – собранный в разные моменты времени статистический материал о значении каких-либо параметров исследуемого процесса. В данном случае в роле временного ряда будет выступать набор геоданных представленный таблицей Excel.

## *Типы нейросетей и их классификация*

На сегодняшний день имеется большое разнообразие нейросетей. С целью систематизации уже имеющихся и будущих нейросетей, делаются попытки их классификации, представленные далее.

Классификация по типу входных данных:

- аналоговые (на входе действительные числа);
- двоичные (на входе двоичные числа);
- образные (на входе знаки, иероглифы, символы) нейронные сети.

Классификация по характеру обучения:

- обучение с учителем (выходное пространство решений нейронной сети известно);
- обучение без учителя (выходное пространство решений формируется только на основе входных воздействий; такие сети называют самоорганизующимися);
- обучение с подкреплением (используется система назначения штрафов и поощрений, получаемых в результате взаимодействия ИНС со средой).

Классификация по характеру настройки синапсов:

- сети с фиксированными связями (весовые коэффициенты нейронной сети выбираются сразу, исходя из условий задачи);
- сети с динамическими связями (у этих сетей в процессе обучения происходит настройка синаптических связей).

Классификация по характеру связей: сети прямого распространения (все связи направлены строго от входных нейронов к выходным);

- рекуррентные сети (сигнал с выходных нейронов или нейронов скрытого слоя частично передается обратно на входы нейронов входного слоя);
- рекуррентная сеть Хопфилда (фильтрует входные данные, возвращаясь к устойчивому состоянию и, таким образом, позволяет решать задачи сжатия данных и построения ассоциативной памяти);

– двунаправленные сети (между слоями существуют связи как в направлении от входного слоя к выходному, так и в обратном).

### ***Прогнозирование геомагнитных данных***

В качестве исходных данных будет выступать временной ряд представляющий ежеминутно зафиксированные значения индексов магнитного поля в полярной шапке. Для повышения точности прогноза значения были усреднены до 30 минут.

Для прогнозирования будет использоваться разработанная программа на языке программирования Python. Программа состоит из 3 модулей: модуль обработки данных, модуль прогнозирования и модуль визуализации прогноза.

Модуль обработки данных предназначен для преобразования данных из формата таблицы (.xlsx) в трехмерный массив данных (куб) который будет использоваться в модуле прогнозирования нейронной сети.

Модуль прогнозирования содержит в себе рекуррентную нейросеть. В нашем случае нейросеть состоит из пяти слоев: входного, трех скрытых и выходного. Три скрытых слоя являются рекуррентными, входной и выходной слои – полносвязными. Методом обучения был выбран метод обучения с учителем. На основе исходных данных был создан ряд моделей, из которых был отобрана модель с самой высокой точностью прогноза, точность оценивалась по формуле среднеквадратической ошибки. Результат прогноза выбранной модели представлен на рисунке 1.

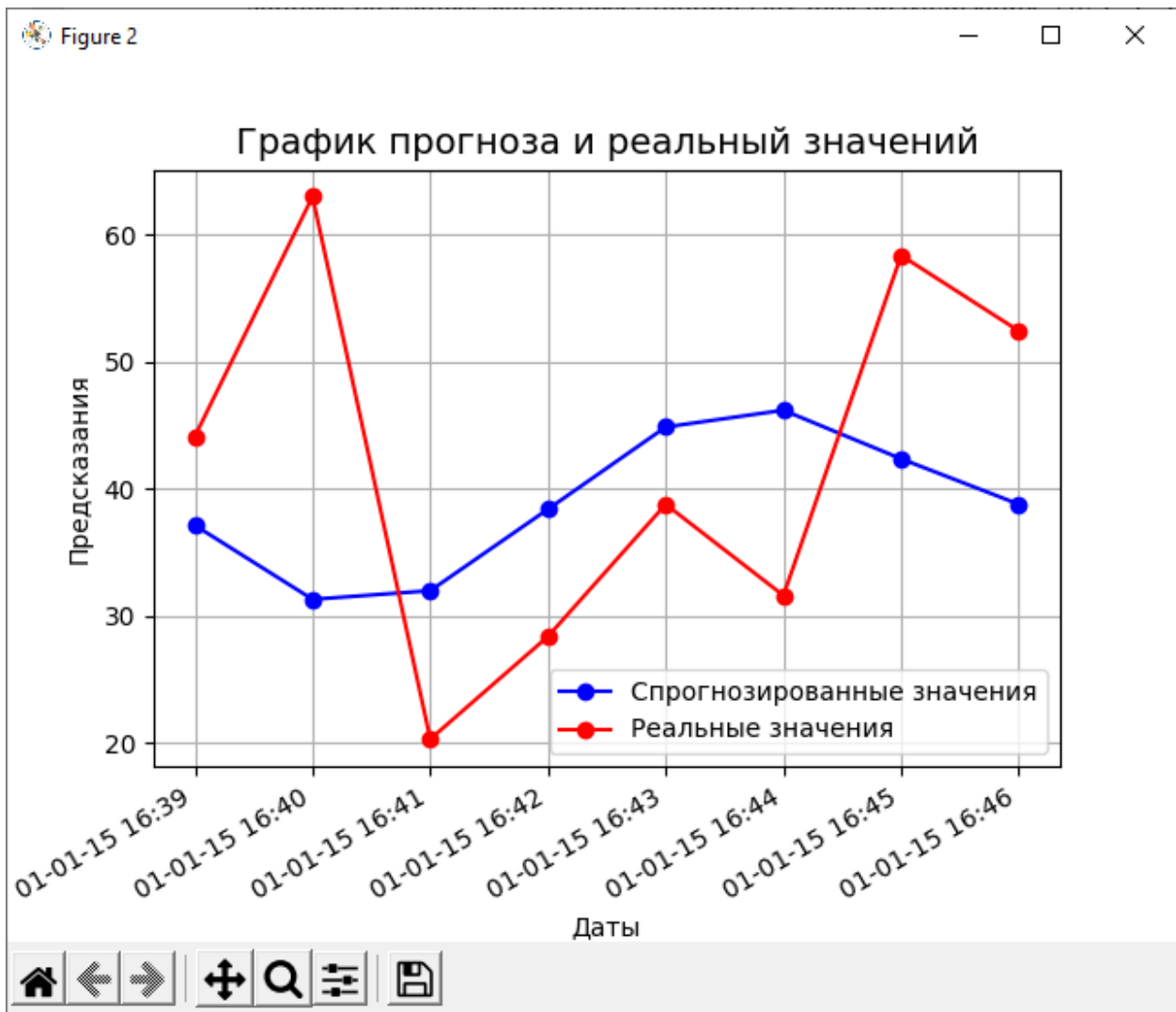


Рис. 1. Результат прогноза

По графику видно, что модель прогнозирует значения с низкой точностью. Значения индексов магнитного поля в полярной шапке изменяются слишком резко, а также имеют большой разброс, поэтому, несмотря на низкую ошибку на обучающем и тестовом наборах, нейросеть с поставленной задачей справляется неэффективно.

### ***Заключение***

В ходе данного исследования была разработана рекуррентная нейронная сеть, были созданы несколько моделей прогнозирования и выбрана наиболее точная. На основе собранной информации и проведенных исследований можно сказать, что для прогноза значений индексов магнитного поля в полярной шап-



ке рекуррентная нейронная сеть является не самым эффективным решением. Модель прогнозирует значения с низкой точностью.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воробьев А.В., Пилипенко В.А. Подход к восстановлению геомагнитных данных на базе концепции цифровых двойников // Солнечно-земная физика. 2021. № 2. С. 53-62. DOI: <https://doi.org/10.12737/szf-72202105>.
2. Воробьев А.В., Пилипенко В.А., Еникеев Т.А., Воробьева Г.Р. Геоинформационная система для анализа динамики экстремальных геомагнитных возмущений по данным наблюдений наземных станций // Компьютерная оптика. 2020. Т. 44. № 5. С. 782-790. DOI: <https://doi.org/10.18287/2412-6179-CO-707>.
3. Тарик Рашид. Создаем нейронную сеть. 2017. С 274.
4. А.Мюллер, С.Гвидо. Введение в машинное обучение с помощью Python. 2017. С 393.

УДК 004

Д. А. ПЫРЯЛИН

*ivanov@mail.ru*

Науч. руковод. – канд. техн. наук, проф. Э. А. ХУЗИЯХМЕТОВА

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ЛОГИКА В ГЕОИНФОРМАТИКЕ**

**Аннотация.** Пространственная логика – широкое направление, связанное с пространственным анализом и с логическими рассуждениями. Пространственная логика рассмотрена как средство геоинформационного моделирования и получения новых знаний. Язык пространственной логики, в отличие от языка математической логики допускает неоднозначность и может содержать противоречия или информационную неопределенность. Однако это служит описанием реальных противоречий, чего не дает математическая логика. Пространственная логика, в общем, является инструментом анализа в геоинформатике и служит основой получения знаний.

**Ключевые слова:** пространственная логика; геоинформатика.

Основные виды пространственной логики, применяемой в геоинформатике это: геометрическая логика, топологическая логика, образная логика и картографическая логика. Геометрическая логика включает аксиомы, теоремы и целевые утверждения, которые выражаются с помощью доказательства или построения. Топологическая логика применяется при топологизации пространственной информации. Топологизация - автоматическая или интерактивная процедура построения топологии при преобразовании векторных нетопологических представлений в векторные топологические представления. Топологизация может входить в состав операций векторизации. Образная логика – это логика пространственных моделей, которым соответствуют некие реальности. Картографическая логика. Она строится на основе определенных картографических правил и стандартизованных информационных единицах. Что такое язык карты? Условные обозначения, способы картографического изображения, правила их построения, употребления и чтения, применяемые для целей создания и использования географических карт.

## Топологические элементы

Были обозначены поселения, я определил дорогу и ее покрытия. Так же определил леса, водную гладь и железную дорогу. Обозначил пересечения.

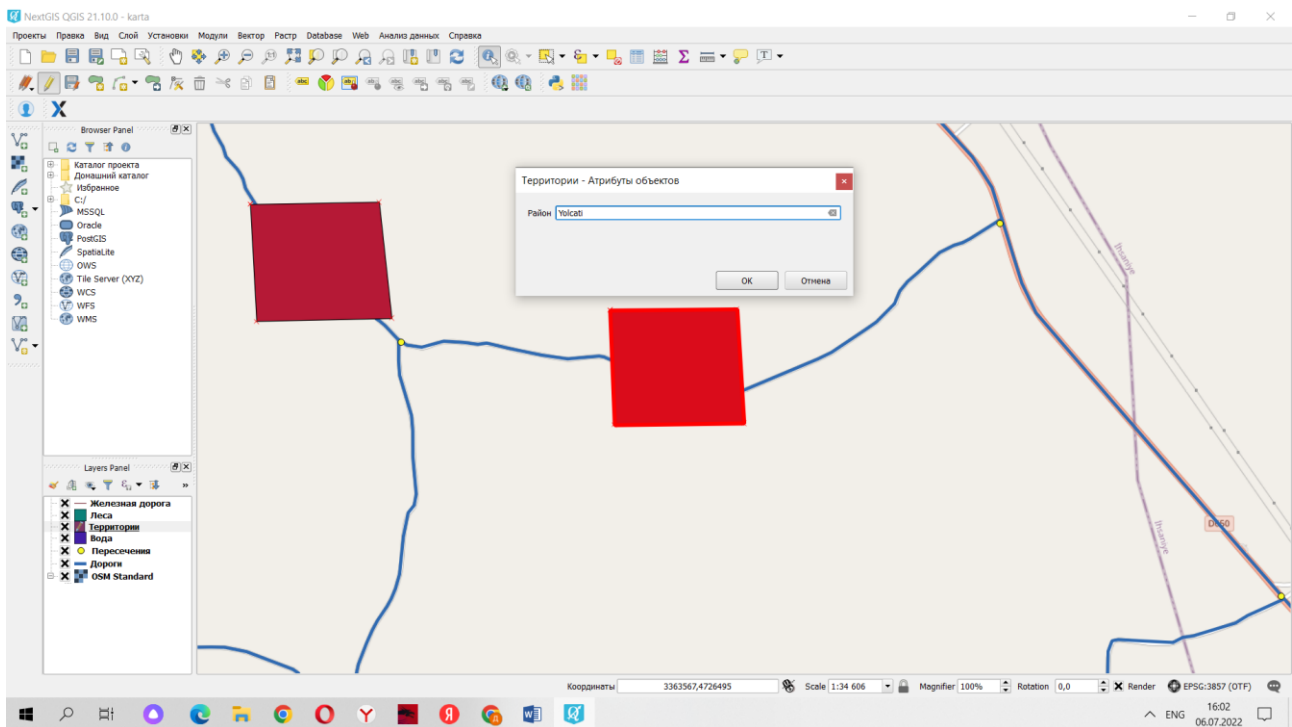


Рис. 1. Поселения

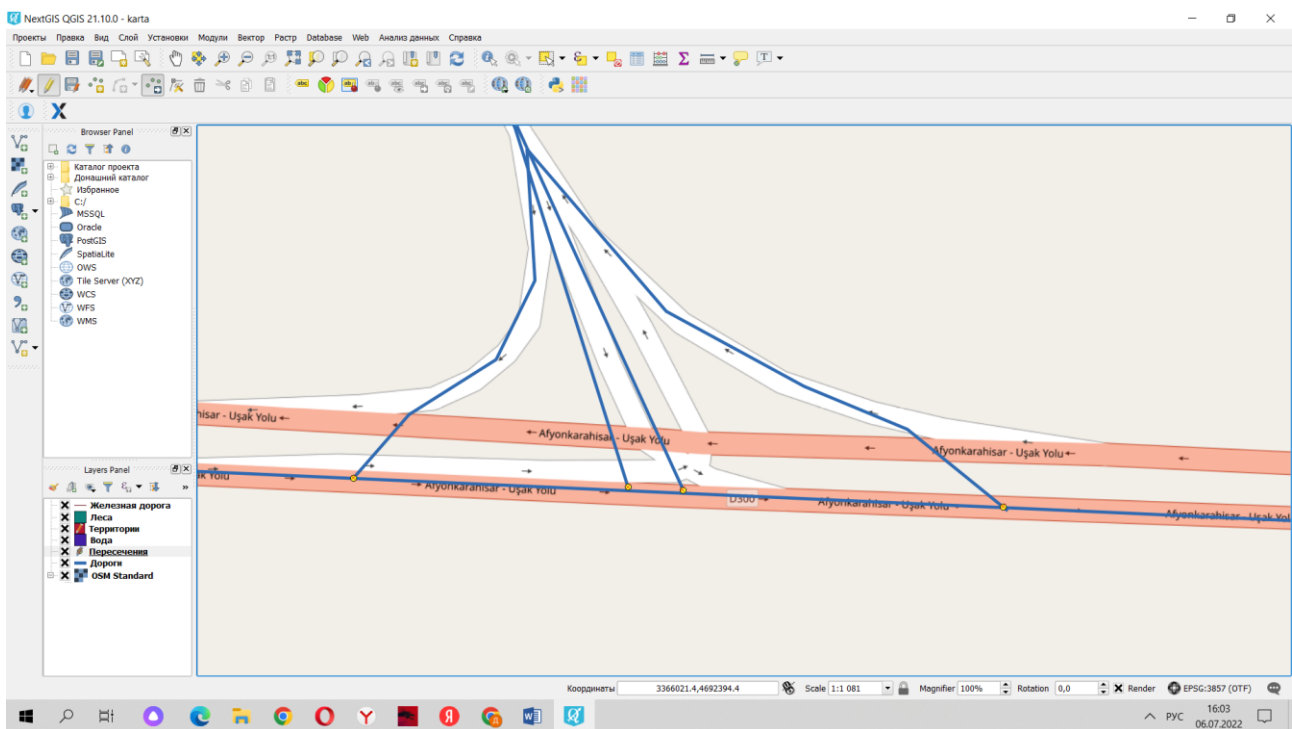


Рис. 2. Пересечения

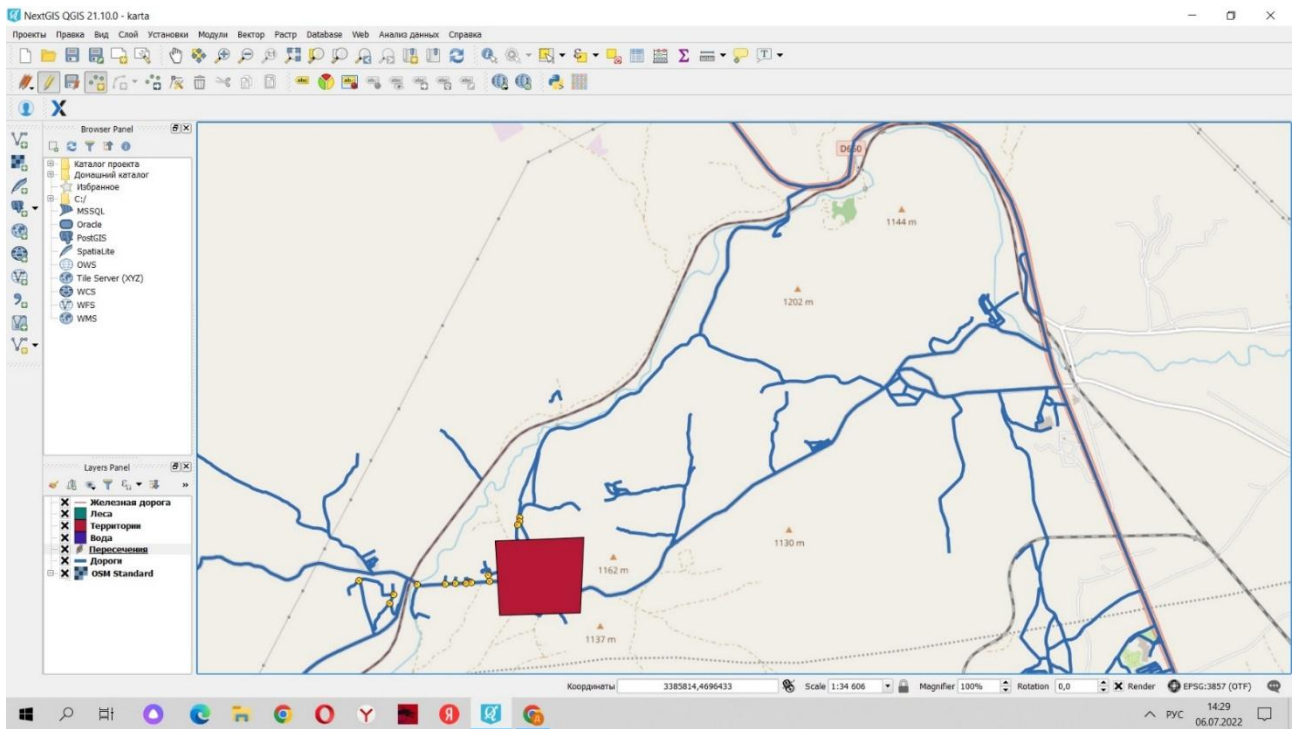


Рис. 3. Железная дорога, дороги в поселениях

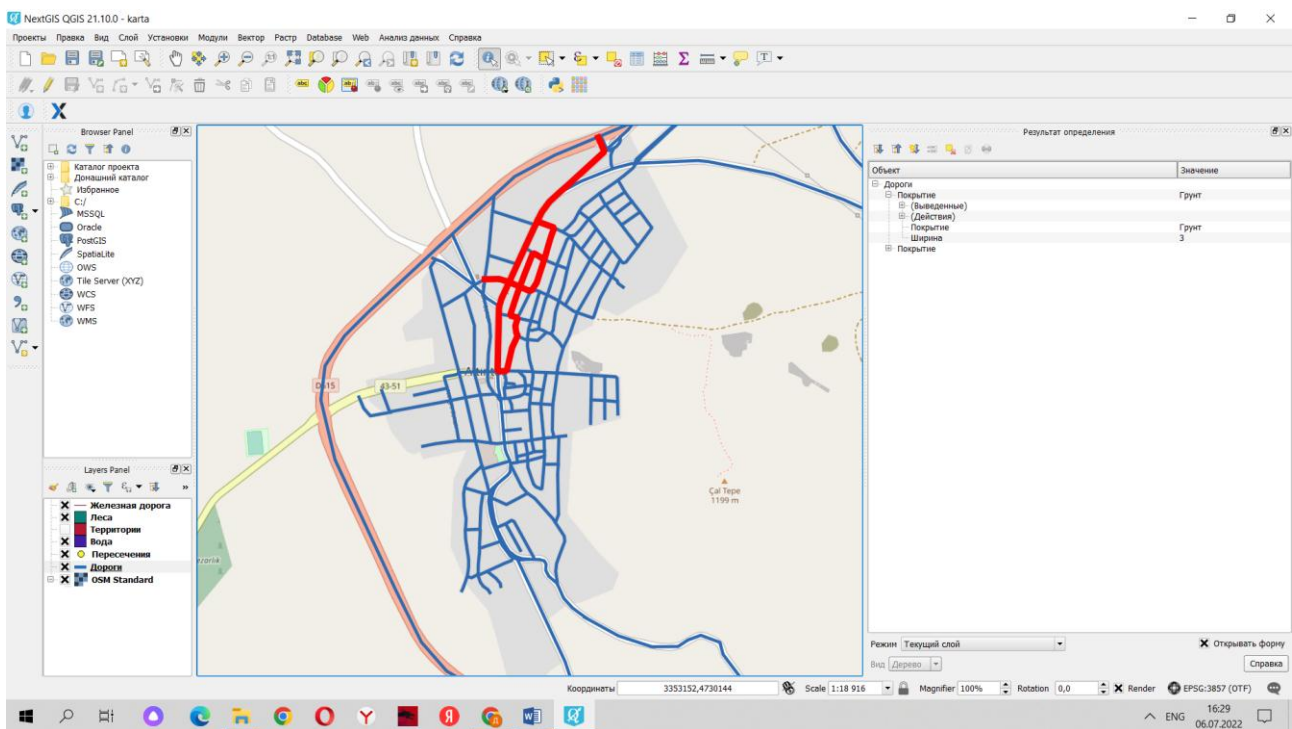


Рис. 4. Дороги поселения: “Altintas”

Карта – модель, форма и источник знания. Формируя, моделируя, выражая и материально закрепляя мысль, возбуждая акты сознания и мышления, язык карты обслуживает обыденное и научное знание, практическую деятель-

ность, способствует более глубокому познанию мира, более полной переработке и накоплению информации о его усвоении человеком, то есть осуществляет свою познавательную функцию. Сложившиеся представления об этом языке, как о языке науки, о карте – как о научной модели и о картографировании, как специфической форме научного моделирования, фактически означают, что реально сформировалась и в научной рефлексии отразилась некоторая система способов работы с картой, способов научного исследования, прямо ориентированных на задачи познания мира.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Chander G., Markham B.* Revised Landsat-5 TM Radiometric Calibration Procedures and Postcalibration Dynamic Ranges // *Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on.* 2003. Т. 41. № 11. С. 2674–2677.
2. *Chevrel M., Courtois M., Weill G.* The SPOT Satellite Remote Sensing Mission // *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing.* 1981. Т. 47. С. 1163-1171.
3. *Савиных В.П., Цветков В.Я.* Геоданные как системный информационный ресурс // *Вестник Российской Академии наук.* 2014. Т. 84. № 9. С. 826–829.
4. Лютый А.А. *Язык карты: сущность, система, функции;* 2-е изд. М.: ГЕОС, 2002. 327 с.
5. *Цветков В.Я.* Язык информатики // *Успехи современного естествознания.* 2014. №7. С. 129-133.

УДК 004.9

П. Ю. САЛЬНИКОВА

*p.salnikova@yandex.ru*

Науч. руковод. – ст. преп. С. Ю. МАКАРОВА

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **ПРИМЕНЕНИЕ И СОЗДАНИЕ СИСТЕМ СПУТНИКОВОГО МОНИТОРИНГА ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

**Аннотация.** Современные тенденции в работе всемирной и российской экономики ставят перед субъектами цель поддержать постоянное развития экономики за счет рационализации и оптимизации всех бизнес-процессов. По этой причине одним из приоритетов долговременного роста является эффективная организация управления грузовыми потоками с использованием всевозможных видов транспорта. Система транспорта в России является симбиозом разнообразных видов транспорта на всех этапах реализации транспортного процесса, целью которого служит объединение интересов поставщиков и потребителей транспортных услуг в существующей конкуренции, а также сокращение затрат на транспортировку товаров по цепочке поставок, гарантирует конкурентное превосходство автомобильного транспорта и позволяет оценить, что объемы использования транспортных средств российскими перевозчиками приводят к увеличению. В сегодняшних рыночных условиях в сфере автомобильных перевозок главной целью является обеспечение интерфейса взаимодействия между сторонами, участвующими в процессе транспортировки, на всех этапах управления за счет использования систем логистического мониторинга. Поэтому была создана система СМТС, которая реализует тесное взаимодействие всех лиц, участвующих в транспортном процессе, и является важной частью технологического развития автомобильного транспорта.

**Ключевые слова:** система; спутник; мониторинг; транспорт; логистика; GPS; ГЛОНАСС.

### ***Применение систем спутникового мониторинга транспортных средств для обеспечения эффективности логистических процессов***

Очевидно, что сегодня передовые бизнес-технологии позволяют компаниям работать более плодотворно, быстрее выполнять технологические операции и поддерживать качество обслуживания клиентов на высоком уровне.

С каждым годом все больше и больше современных и передовых технологий используется во многих областях человеческой деятельности. В начале XXI века зарубежная глобальная система позиционирования GPS (англ. Global Positioning System) и ее отечественный аналог - Глобальная навигационная спутниковая система (ГЛОНАСС) приобрели большое распространение. Первые системы глобального позиционирования производились только для воен-

ных задач, но позже их начали применять и для решений задач гражданской навигации.

Учитывая самые важные свойства системы GPS, можно утверждать, что суть работы заключается в захвате сигнала с нескольких спутников, переработка принятых данных и вычисление географических координат местоположения таких как широта и долгота, а также высота над уровнем моря. В результате устанавливается расположение приемного устройства. Процессор GPS-приемника сопоставляет принятые данные с установленными картами и отображает их на экране. Система глобального позиционирования постоянно связывается со спутниками имея в распоряжении наличие сигнала, что позволяет ей отображать движение владельца устройства GPS. Главными возможностями системы являются выявление расположения устройства, оценка скорости передвижения, определение обратного, кратчайшего и наиболее удобного пути к месту назначения, а также выявление времени поездки. Системы с такими характеристиками стали наиболее распространены во многих областях деятельности человека. Данная тенденция не обошла стороной и сферу экономики.

Так как дорожный транспорт в России производит большое воздействие на рост и формирование социально - экономической сферы в силу своей востребованности при транспортировке грузов на средние и короткие дистанции или при перевозке пассажиров внутри населенного пункта и за его пределами, повышение эффективности затрат на техническое обслуживание транспортных средств представляет собой актуальную задачу для больших корпораций с внушительным автопарком, а также для малых и средних предприятий, контролирующих издержки своего развивающегося бизнеса.

Главной особенностью нашей страны служит высокая часть транспортных расходов, что влияет на итоговый результат цены товара. Во-первых, это результат непродуктивных логистических процессов. Нецелесообразно запланированные маршруты и недостаток контроля за трафиком увеличивают затраты компаний. Потому как в России прослеживается нехватка профессионалов

по логистике, в связи с этим сложность снижения затрат автопарка может быть решена путем использования на предприятии системы спутникового мониторинга транспорта. Систему трекинга, можно объединить с любой системой корпоративной автоматизации, к примеру с системой 1С.

Это способствует автоматизировать поток документов; рассчитывать и разделять размах работы в соответствии с доступными заказами и наличием любого вида транспорта; автоматически выписывать и принимать во внимание путевые листы и товарно-транспортные накладные; прослеживать прохождение контрольно-пропускных пунктов в путевом листе; принимать во внимание затраты топлива и часы работы водителей; генерировать расписания; рассчитывать заработную плату за отработанное время; определите причины простоев.

Главной проблемой почти всех российских компаний, во всяком случае относящихся к грузоперевозкам, существуют "левые" рейсы, слив топлива, плохая рабочая дисциплина водителей, нарушение эксплуатации транспорта, а также неоднократное возникновение чрезвычайных и неблагоприятных обстоятельств на дорогах и кража товаров. Все эти причины препятствуют точному планированию и оказывают огромный экономический ущерб компаниям. Введение систем мониторинга ГЛОНАСС или GPS сводит к минимуму затраты, относящиеся к этим трудностям. Более того, отслеживание способствует сокращению затрат на рабочую силу. К примеру, для диспетчерских служб такси внедрение данных систем, позволяет работать почти автономно. Система находит ближайший к клиенту автомобиль, информирует клиента, доставляет такси к пункту, контролирует оплату и позволяет водителю своевременно сообщать о проблемах и прибытии.

В спутниковую систему мониторинга транспортных средств входит:

– транспортное средство, оснащенное трекером GPS или ГЛОНАСС, для приема информации со спутников и посылает ее на сервер через GSM-связь. Кроме того, применяются контроллеры для сбора информации и накоплении ее



во внутренней памяти устройства, показания передаются на сервер по проводным или беспроводным каналам такие как Bluetooth или Wi-Fi;

- сервер с ПО для приема, обработки, анализа и хранения данных, полученных трекером GPS или ГЛОНАСС;

- Компьютер пользователя, который самостоятельно контролирует транспортировку.

Для приема полных данных о транспортном средстве устанавливаются дополнительные датчики. А именно, датчики расхода и уровня топлива, открытия дверей и капота, температуры авторефрижератора, сигнализации и работы механизмов.

Многие системы мониторинга транспорта обладают аналогичными характеристиками. Отличие касаются лишь ПО, которое сопровождает эти системы. Тем не менее некоторые организации предоставляют отличительные от многих разработки такие как компания "Русские навигационные технологии" в которых обработка данных проводится на бортовом блоке транспортного средства, а затем поступает в распределительный центр, что приводит к увеличению стоимости каждого устройства по отдельности и снижает расходы на обслуживание распределительного центра.

С использованием систем спутникового мониторинга в процессе движения грузов и создании рентабельной логистики на производстве выполняются следующие задачи:

- контроль за своевременным посещением пунктов хранения грузов;
- контроль за изменением маршрута;
- усовершенствование маршрутов;
- обнаружение случаев ненадлежащего использования транспортных средств;
- мониторинг и контроль местонахождения, скорости и направления движения, времени простоя транспорта;
- обнаружение "левых" маршрутов;

- контроль за безопасностью водителя и грузового транспорта;
- контроль за работой мерчандайзеров, водителей, экспедиторов;
- контроль температурного режима при транспортировке груза;
- контроль сроков отправления и доставки грузов в конечный пункт;
- контроль расхода топлива;
- водитель должен информировать диспетчера о чрезвычайных ситуациях, отказах оборудования и авариях используя систему голосовой связи.

Благодаря этому, экономическая эффективность компании увеличивается при помощи понижения эксплуатационных расходов, сокращения количества простоев, уменьшение пустых пробегов, устранение непроизводительных затрат и повышения привлекательности инвестиций компании.

Конечно, использование системы спутникового мониторинга транспорта нуждается в дополнительных финансовых затратах. Для малых предприятий эти инвестиции поначалу не кажутся маленькими. Однако спустя некоторое время после приобретения системы, транспортные затраты будут снижены в среднем на 20%, благодаря чему качество и производительность перевозок значительно возрастут. Кроме того, у некоторых организаций есть предложение для среднего и малого бизнеса, клиент обладает доступом к личному кабинету на сервере организации. Неэффективная логистика, кража грузов, плохая дисциплина водителей, простои и пустые пробеги создают значительные затраты для оптовых и розничных компаний в рамках их деятельности. Системы спутникового мониторинга транспорта разрешают данные проблемы. Спутниковые навигационные системы - лучший метод наблюдения за коммерческими транспортными средствами. С их помощью администрация компании может отслеживать движения своего транспорта в режиме реального времени в любом месте земли. Система ГЛОНАСС или GPS помогает контролировать движения транспорта и расход топлива, а также значительно снижает уровень опасности. Системы контроля транспорта способствуют решению ряда транспортных проблем, которые до недавнего времени казались неразрешимыми.

## *Создание систем спутникового мониторинга транспортных средств для обеспечения эффективности логистических процессов*

Исходя из всего вышеизложенного мною была создана система спутникового мониторинга транспортных средств для обеспечения эффективности логистических процессов. Для начала был создан сервер с базой данных MySQL. Также был установлен phpMyAdmin для контроля за базами данных на компьютере и сервере. phpMyAdmin – простое приложение с открытым исходным кодом, являющейся собой веб-интерфейс для администрирования СУБД MySQL. Благодаря ему имеется возможность администрировать пользователей, создавать и редактировать таблицы, а также осуществлять экспорт и импорт данных в них. Практичность заключается в том, что все эти операции можно выполнять в веб-интерфейсе. Приложение широко распространено среди веб-разработчиков, так как позволяет управлять СУБД MySQL без непосредственного ввода SQL команд. Пример схема работы приложения с сервером представлен на рис. 1.

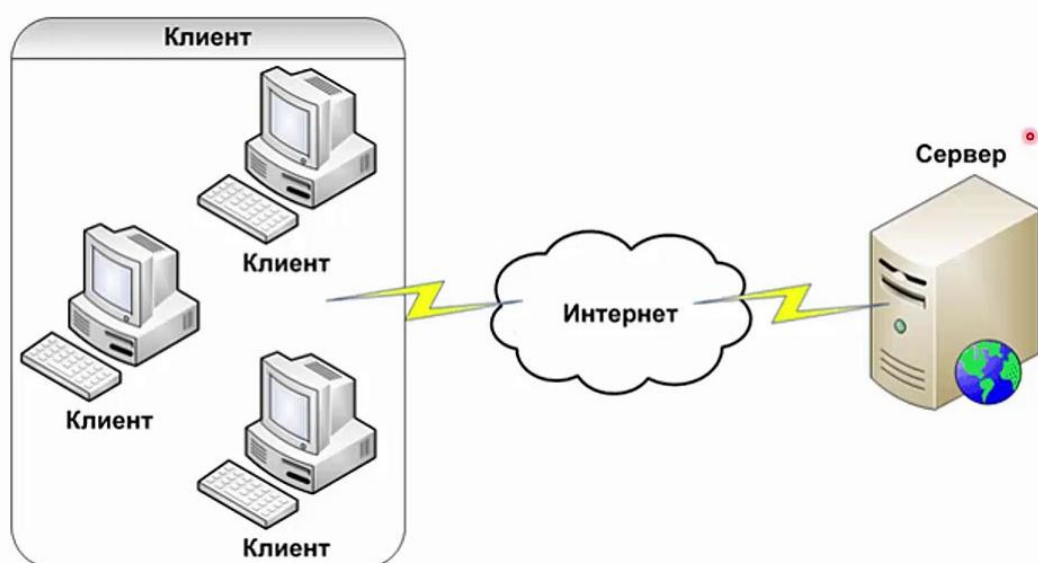


Рис. 1. Схема работы

На рис.2 и рис.3 видно, как клиенты подключаются к серверу с помощью индивидуального логина и пароля и могут обмениваться данными при работе. Если пользователь не авторизован он может пройти регистрацию и в дальнейшем подключается с любого устройства к серверу. В базе данных хранится ин-

формация как о пользователях, так и о водителях, машинах и т. д. Каждый из пользователей может просматривать, изменять и добавлять информацию.

Get Started

Имя пользователя

Фамилия пользователя

Логин

Пароль

Подтвердить пароль

Показать пароль

РЕГИСТРАЦИЯ

ОЧИСТИТЬ

Уже есть аккаунт?  
Вернуться

Рис. 2. Окно регистрации

Get Started

Логин  
Iva

Пароль  
123

Показать пароль

ВХОД

ОЧИСТИТЬ

Нет учетной записи  
Зарегистрироваться

Рис. 3. Окно авторизации

С помощью справочника сотрудника можно просмотреть информацию о работниках предприятия. Пример представлен на рис.4.

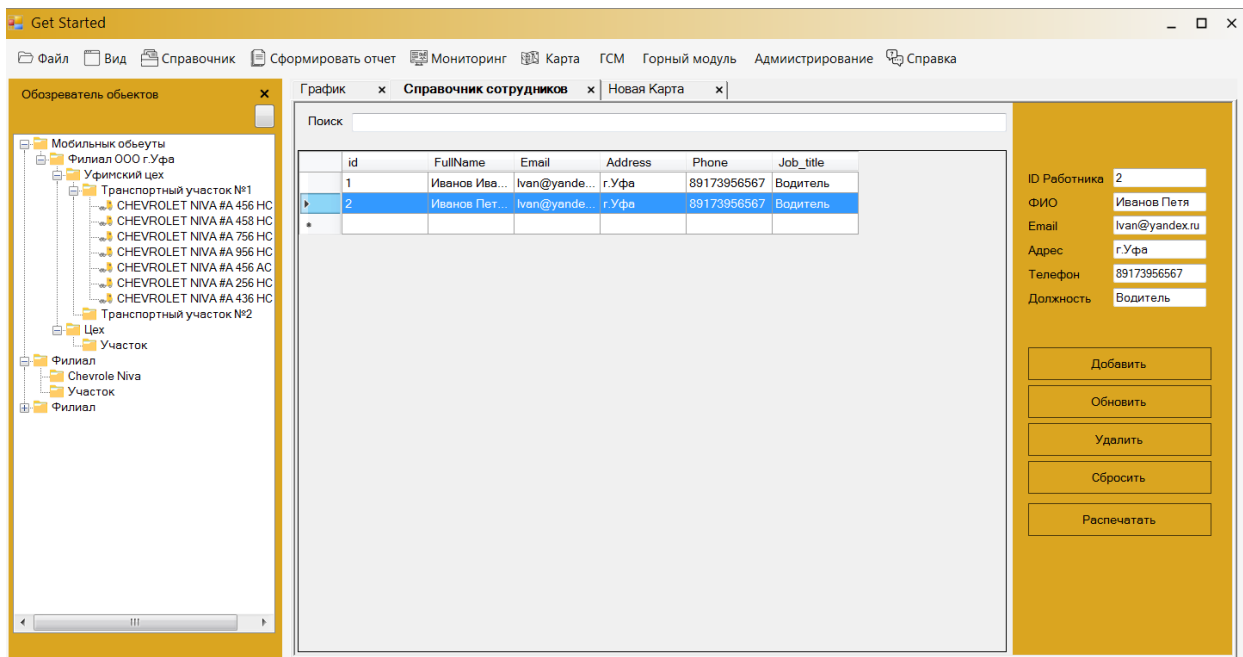


Рис. 4. Справочник сотрудников

Согласно данной карты ведется полный кантроль за местоположением машины, время в пути , остановки, простои, отхождение от маршрута, поломки транспортного средства и т.д. С помощью графика мы можем просматривать по датам с какой скоростью двигался автомобиль, сколько было затрачено бензина и т.д. Пример представлен на рис. 5.

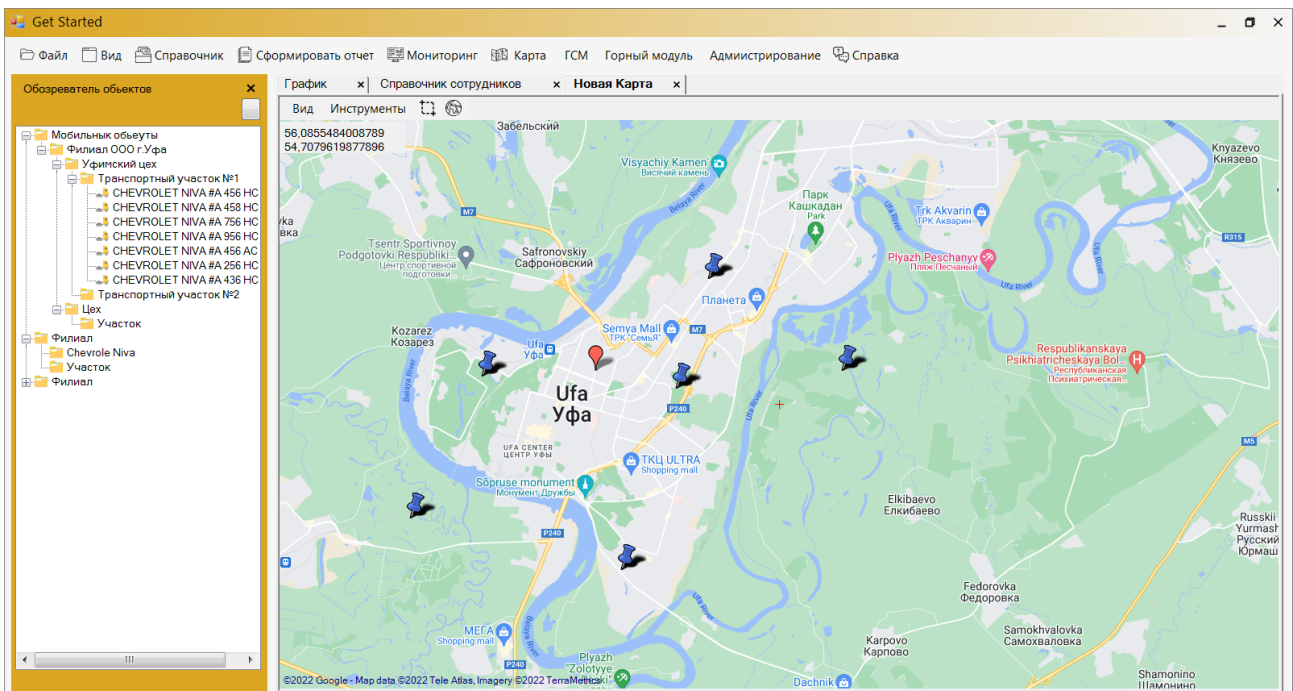


Рис. 5. Карта простоя транспорта

## *Заключение*

Созданная СМТС обеспечит экономическую эффективность компании повышая ее за счет снижения эксплуатационных расходов, сокращения количества простоев и пробега, предотвращения непроизводительных затрат и повышения привлекательности инвестиций компании. Также она кардинально сократит основные проблемы, так или иначе связанных с грузоперевозками, такие как "левые" рейсы, слив топлива, низкая трудовая дисциплина водителей и регистрация, нарушение режимов движения и эксплуатация транспортного средства. Это все также включает в себя частое возникновение чрезвычайных и опасных ситуаций на дорогах и кражу товаров.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Система мониторинга транспорта: что это, из чего состоит, как установить [Электронный ресурс]. - <https://trasscom.ru/blog/sistema-monitoringa-transporta/>.
2. GPS vs ГЛОНАСС-мониторинг: в чем разница и что выбрать [Электронный ресурс]. - Электр. ст. - <https://aif.ru/boostbook/gps-i-glonass-monitoring.html>.
3. «АвтоТрекер» и ГЛОНАСС помогут управлять транспортом [Электронный ресурс]. - Электр. ст. - <http://www.tadviser.ru/index.php>.
4. «АвтоТрекерОне»: мониторинг транспорта для малого и среднего бизнеса [Электронный ресурс]. - Электр. ст. - [http://www.thg.ru/technews/20100325\\_235400.html](http://www.thg.ru/technews/20100325_235400.html).
5. Система ГЛОНАСС, ЭРА ГЛОНАСС и GPS: как работает и для чего нужна. [Электронный ресурс]. - <https://omnicomm.su/about/news/sistema-glonass-era-glonass-i-gps-kak-rabotaet-i-dlya-chego-nuzhna/>.
6. Спутниковая навигационно-трекинговая система. [Электронный ресурс]. - <http://www.nppkpkvant.ru/products/sputnikovye-nazemnye-navigaczionnye-sistemy/glonass-np-1k-gps-np-1k>.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ РАБОЧЕГО МЕСТА СОТРУДНИКА, ОТВЕТСТВЕННОГО ЗА ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ**

**Аннотация.** В статье описывается, как с использованием ГИС систем можно создавать решения, позволяющие автоматизировать рабочее место сотрудника, ответственного за техническое оборудование. Также рассказывается, какие ГИС можно использовать, языки программирования и модули на примере уже созданной системы.

**Ключевые слова:** АРМ; автоматизация; рабочее место; ArcGIS; Arcpy, ArcObjects; база данных; отслеживание; технологии; геоинформационные системы; ГИС.

### ***Введение***

На данном момент все операции, которые так или иначе связанный с пространственными данными во многих предприятиях и компаниях осуществляются вручную. Все последующие созданные документы хранятся по большей части у определенных сотрудников, не имея возможности к быстрым изменениям, а также затрудняя обмен данных между сотрудниками. Но стоит отметить, что прогресс не стоит на месте и существуют такие приборы как сканеры, принтеры и прочее оборудование, которые помогают быстрее передавать данные между сотрудниками. Однако, это все равно не является самым быстрым процессом. Также оборудование влияет на экономический аспект, то есть, является ли это оборудование целесообразно для учреждения.

Задача по созданию модуля автоматизации рабочего места сотрудника ответственного за техническое оборудование с использованием пространственных данных стала востребована среди таких сотрудников как заведующих лабораториями Уфимского Государственного Авиационного Технического Университета (далее УГАТУ) и системных администраторов. Существует много задач, которые выполняются сотрудниками ответственные за оборудование, одна из таких, поиск конкретных компьютеров по атрибутам,

соответствующие требованиям нового программного обеспечения (далее ПО). Благодаря модулю можно получить полную информацию о компьютерах, а также показать их местоположение конкретно в лаборатории и сделать вывод, целесообразно ли закупать такое ПО. Это позволит сэкономить время и облегчит задачу.

### **Проектирование системы**

Для начала разработки модуля необходимо понять, как модуль должен функционировать и какие данные будут использоваться, какая будет структура данных, где будут храниться данные.

Для того, чтобы определить как должен работать модуль, на помощь приходит методология SADT - *Structured Analysis and Design Technique*. Она известна также под таким названием как IDEF0 – методология функционального моделирования и графическая нотация, позволяющая формализовать бизнес-процессы.

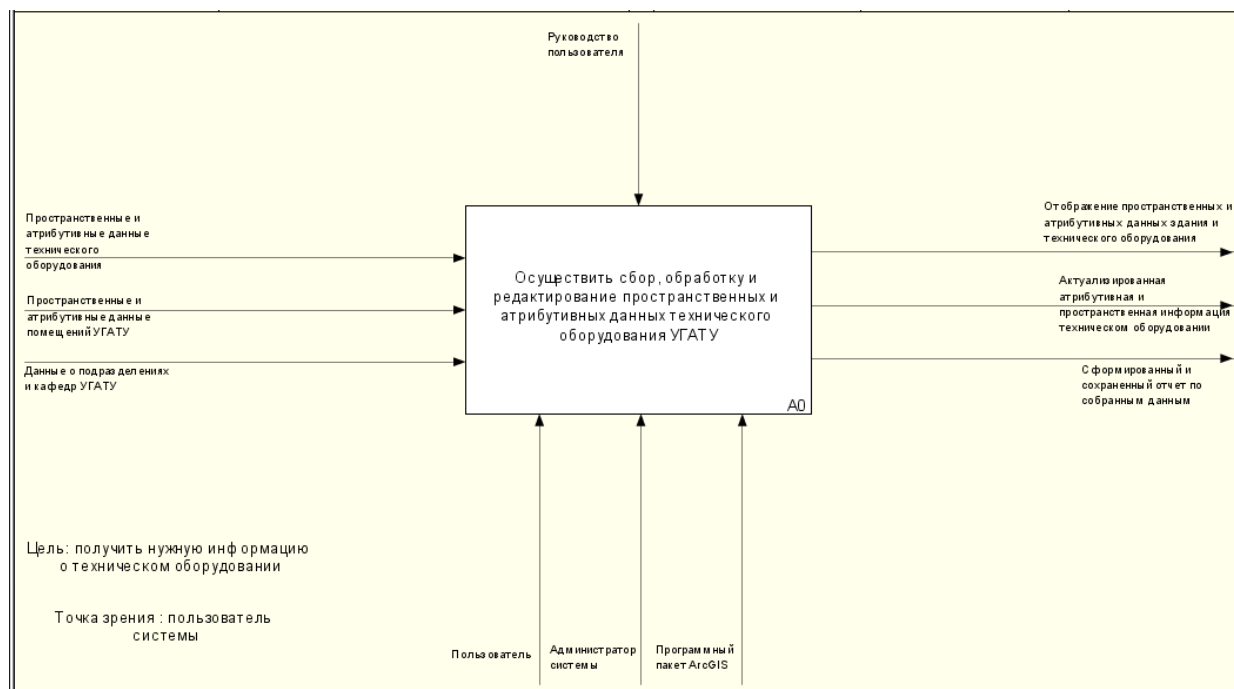


Рис. 1. Функциональная модель



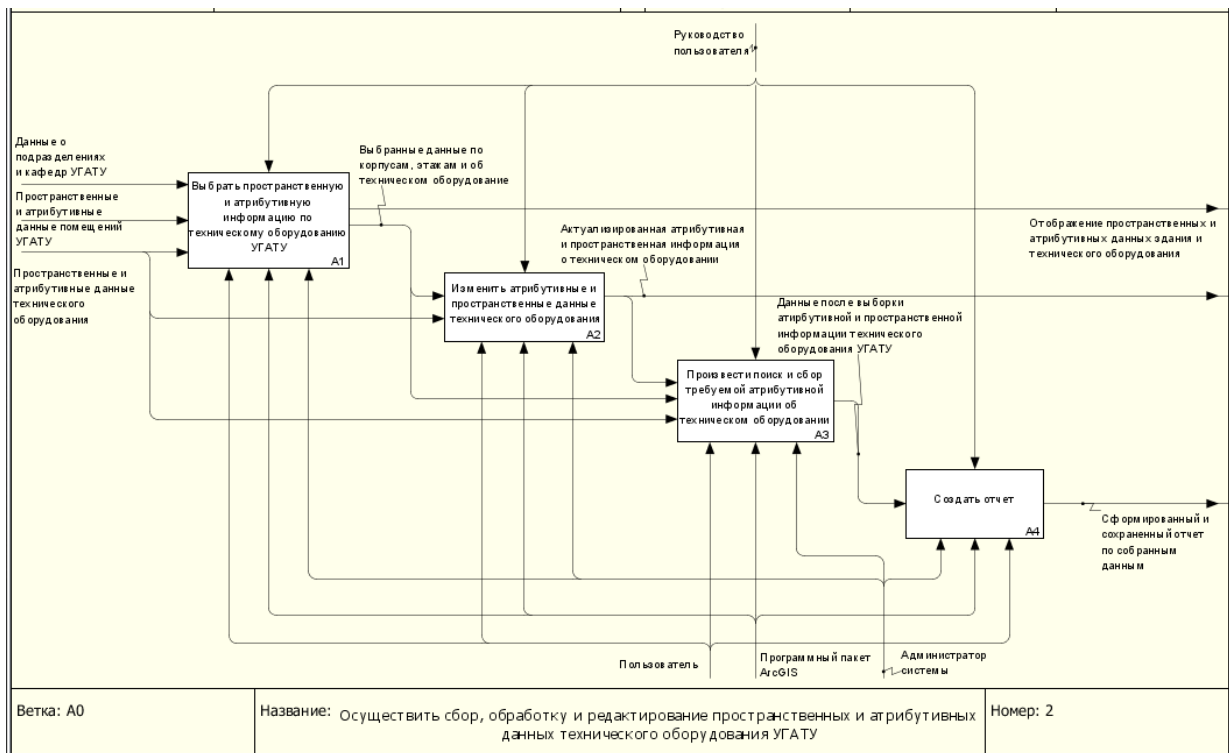


Рис. 2. Декомпозиция функциональной модели

После построения функциональной модели необходимо построить информационную. Для этого воспользуемся методологией IDEF1X. Она позволяет определить какие сущности будут участвовать в системе и какими являются атрибуты эти сущностей. Также необходимо установить связь между сущностями.

В нашем случае сущностями будут являться следующие объекты:

- аудитория – это кабинеты УГАТУ;
- корпус – корпуса УГАТУ;
- полигоны/аудитории – пространственные данные аудиторий;
- подразделение – название подразделения УГАТУ.
- полигоны – геометрия аудиторий и технического оборудования.

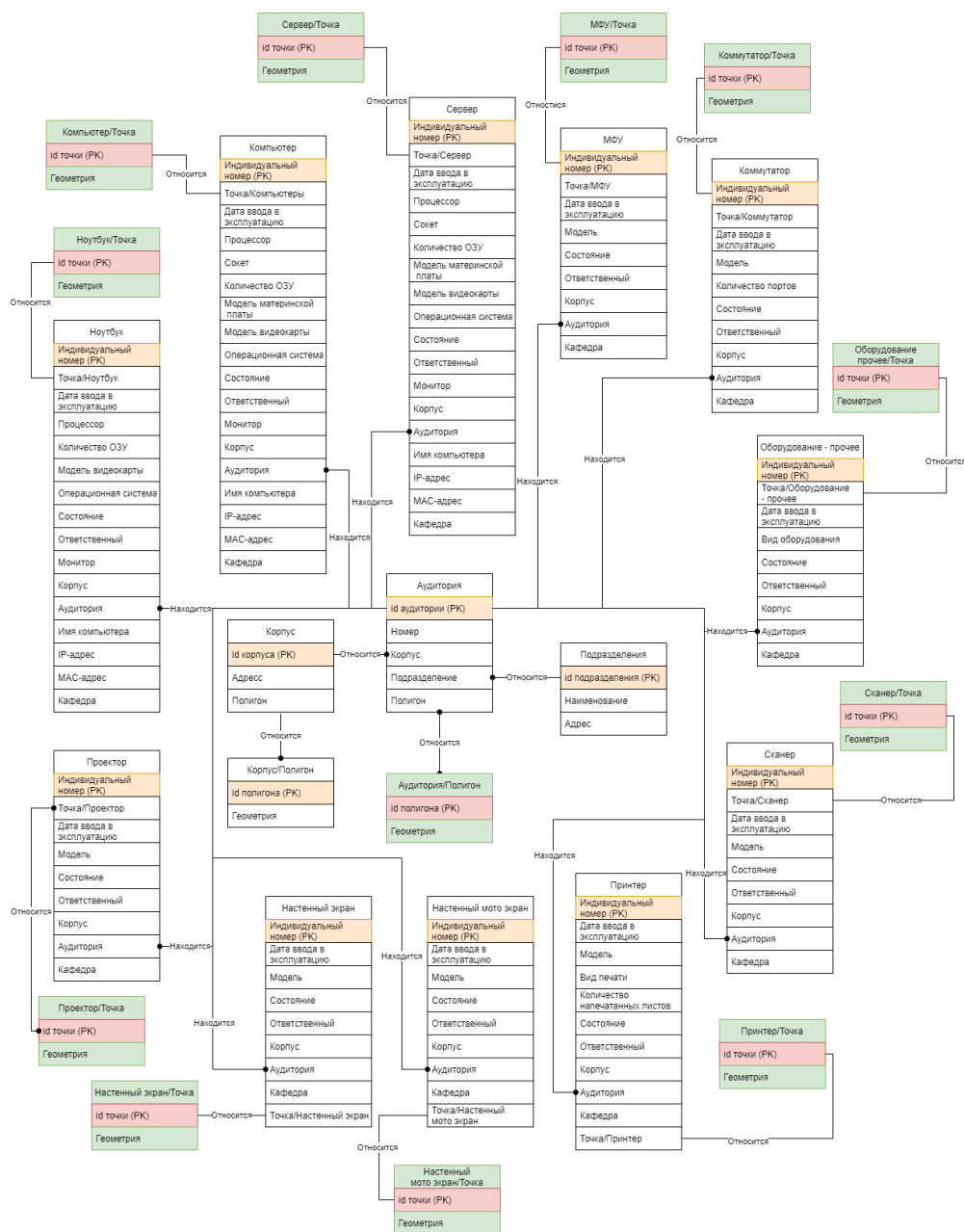


Рис. 3. Информационная модель

### Схема алгоритма

Схема алгоритма является графической иллюстрацией алгоритма функционирования подсистемы, основным преимуществом построения блок-схемы – это ее наглядность и понятность для пользователей подсистемы.

В случае работы с модулем в блок-схеме отображается процесс подключение к базе данных пространственных и ее атрибутивных данных. Далее описывается работа пользователя в системе.

На каждое изменение модуль должен реагировать соответствующим образом. Это нужно для предоставления пользователю актуальной информации.

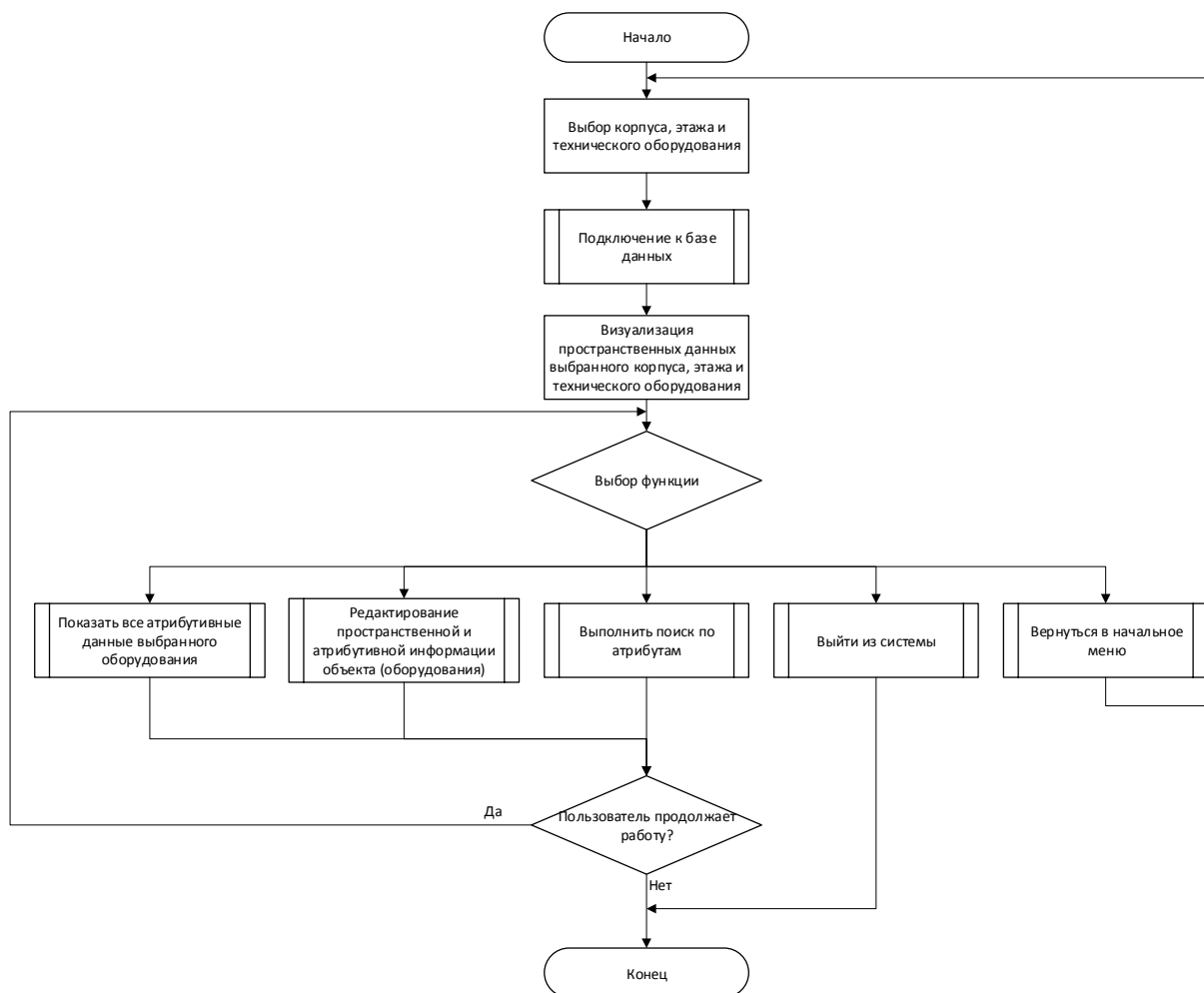


Рис. 4. Блок схема алгоритма работы модуля

### ***Разработка модуля***

Перед началом разработки необходимо понять, какие языки программирования и библиотеки использовать для реализации модуля. В ArcGIS используются две большие библиотеки: ArcPy и ArcObject.

В начале разработки было принято решения о создании модуля с использованием лишь одной библиотеки ArcObjects, но, так как технологии не стоят на месте и в дальнейшем модуль может потребовать модернизации, то был сделан выбор и на использования библиотеки ArcPy.

ArcObjects в данном случае будет является той библиотекой, которая позволяет интегрировать модуль в ArcGIS, а с помощью библиотеки ArcPy

будут писаться скрипты, позволяющие выполнять какие либо функции или операции в модуле.

Для того что бы модуль функционировал ему необходимы данные. Данные представляют из себя набор слоев, которые хранят в себе пространственные и атрибутивные данных. В базе данных (далее БД) хранятся слои технического оборудования и планы зданий.

БД в данном случае имеет расширение «.gdb» и называется «Baza\_UGATU», что является собственной разработкой компании ESRI. Данная БД может храниться как на сервере, так и локально на компьютере.

Структура базы данных представлена на рисунке

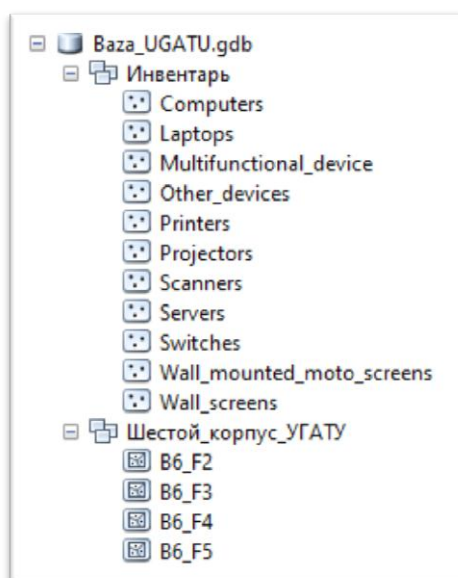


Рис. 5. База данных в формате «.gdb»

В каждом слое есть своя атрибутивная таблица. В ней уже записываются данные непосредственно технического оборудования

Модуль представляет собой дополнение к программе ArcMap. Его можно запускать как в ArcGIS Desktop, так и с иконки на рабочем столе.

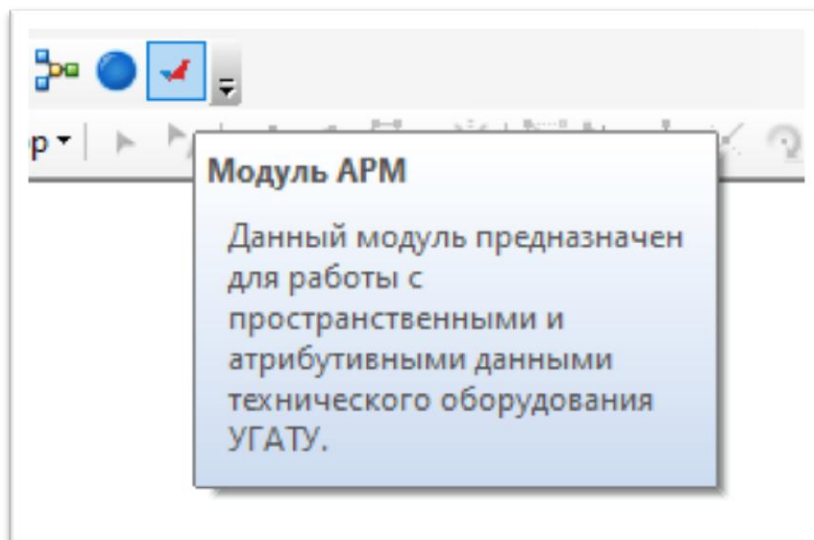


Рис. 6. Модуль в ArcGIS Desktop

При нажатии на модуль у нас открывается начальное меню. В нем мы выбираем корпус, этаж, а также техническое оборудование, с которым будет работать пользователь.

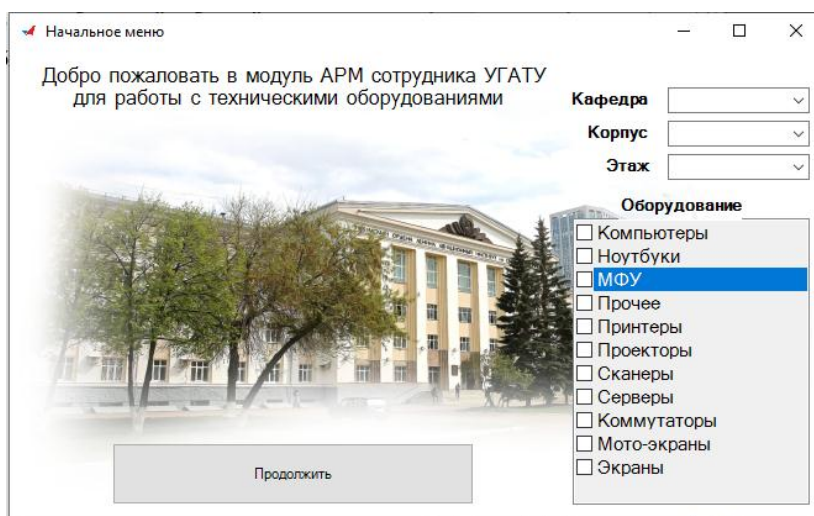


Рис. 7. Главное меню модуля

При вводе необходимых значений после нажатия «продолжить» откроется рабочее меню.

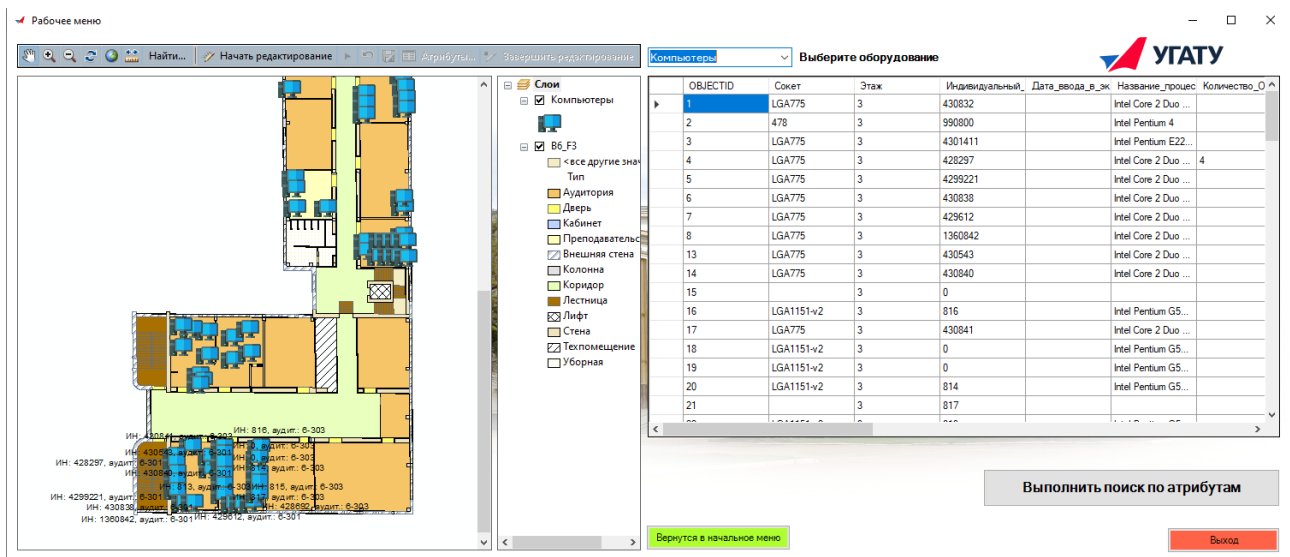


Рис. 8. Рабочее меню

В главном меню есть кнопка «Выполнить поиск». После выбора оборудования и нажатия по этой кнопке откроется окно, в котором можно будет ввести нужные атрибутивные данные по оборудованию. В данном случае откроется окно по поиску компьютеров.

Для примера в строку «сокет» введем значение LGA. Этот сокет является родным для представителей процессора Intel. После выполним поиск.

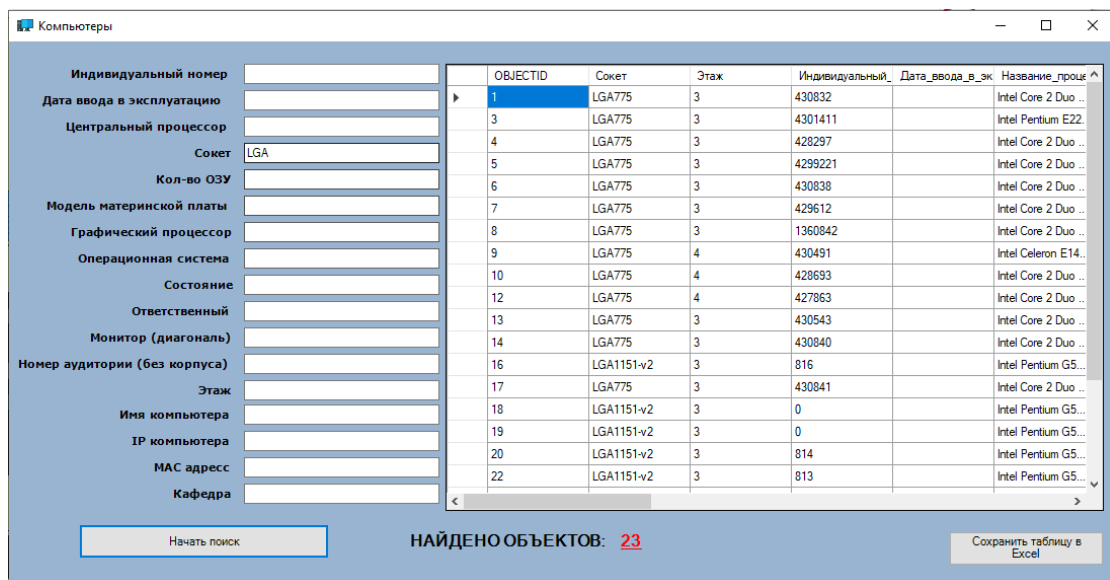


Рис. 9. Поиск по атрибутам

В окне справа покажется вся информация о компьютерах, где в атрибуте «сокет» имеется слово LGA.

Также эту таблицу можно выгрузить в формате Excel. После нажатии кнопки откроется таблица со всеми теми объектами, которые были найдены в результате поиска. Ее можно будет сохранить.

Данный модуль может изменять атрибутивную информацию элементов геопространственных данных. Для этого необходимо запустить функцию редактирования, выбрать объект и нажать «Атрибутивные данные». Откроется окно с атрибутивными данными выбранного объекта. Их можно изменить или внести новые если они не указаны. После нужно нажать кнопку «завершить редактирование» и тогда изменения применятся.

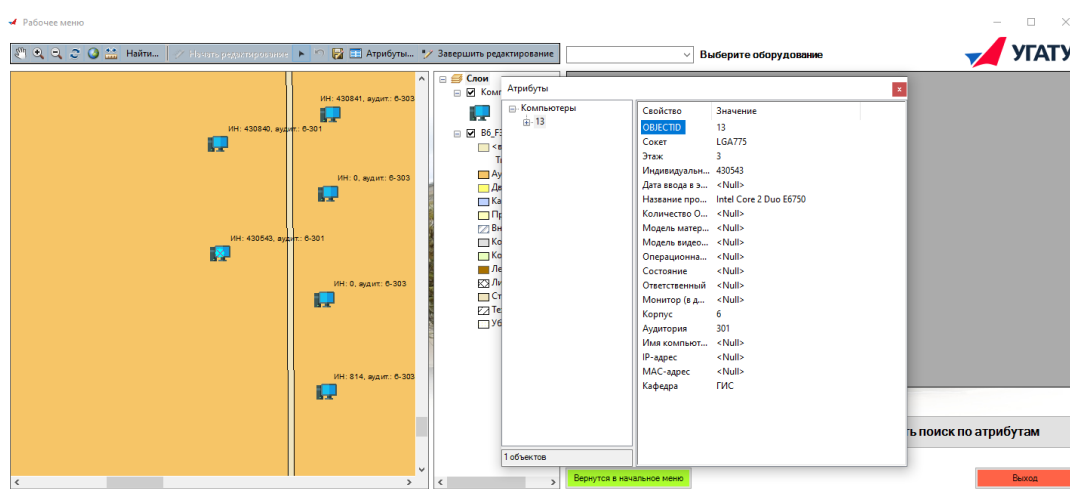


Рис. 10. Изменения атрибутов

## **Вывод**

Можно сделать вывод, что автоматизация рабочего места с использованием ГИС достаточно актуально. Помимо того, что она включает в себя обычные работы с таблицами атрибутов технического оборудования, так и помогает определять местоположения конкретного объекта-оборудования. В дальнейшем эти системы можно модернизировать для достижения других целей.

Использование современных и популярных технологий позволяет довольно легко создавать такие системы. Такие языки программирования как python довольно просты в усвоение, а новые модули, как Arcsru, позволяют легко

достичь целей. Также не стоит забывать про старые модули, которые до сих пор актуальны, такие как ArcObjects на языке C#.

На примере модуля была проиллюстрированная разработка и работа этой системы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. «Кратки обзор ArcPy» // [Электронный ресурс]. URL.: <https://desktop.arcgis.com/ru/arcmap/10.8/analyze/arcpy/a-quick-tour-of-arcpy.htm>
2. Дэвид А. «Методология структурного анализа и проектирования SADT» / А. Дэвид и К. МакГоуэн// 1999. — 243 с.
3. «Learning ArcObjects» // [Электронный ресурс]. URL.: <https://desktop.arcgis.com/en/arcobjects/latest/net/webframe.htm#RoadmapToLearningArcObjects.htm> (Дата обращения 25.05.2022).
4. Лутц М. «Изучаем Python» / Лутц М. // СПб.: Символ-Плюс, 2011. – 1280 с.
5. «ГИС-Ассоциации» // 2004 [Электронные ресурс]. URL: <http://www.gisa.ru/13058.html> (Дата обращения: 25.05.2022).
6. «ГИС-продукты Esri | Геоинформационная система ArcGIS - настольные, корпоративные, серверные и SaaS решения» // [Электронные ресурс]. URL.: <https://www.esri-cis.com/ru-ru/arcgis/products/> (Дата обращения 25.05.2022)
7. А. В. Воробьев, В. А. Пилипенко, Т. А. Еникеев, Г. Р. Воробьева, О.И. Христодуло. Система динамической визуализации геомагнитных возмущений по данным наземных магнитных станций (2021). Научная визуализация 13.1: 162 - 176, DOI: 10.26583/sv.13.1.11
8. А.В. Воробьев, В.А. Пилипенко, А.Г. Решетников, Г.Р. Воробьева, М.Д. Белов. Веб-ориентированная визуализация геофизических параметров в области аврорального овала (2020). Научная визуализация 12.3: 108 - 118, DOI: 10.26583/sv.12.3.10



УДК 004.62

В. Э. ТИМИРБАЕВ

*timirbaev\_ve@mail.ru*

Науч. руковод. – канд. техн. наук, А. В. ВОРОБЬЁВ

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ МОНИТОРИНГА И АНАЛИЗА ГЕОМАГНИТНЫХ СПУТНИКОВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ**

**Аннотация.** В настоящей работе предлагается подход к созданию веб-ориентированной геоинформационной системы специального назначения, а именно для визуализации горизонтальной составляющей векторов индукции магнитного поля Земли. Данная ГИС основана на Django, свободном фреймворке для веб-приложений на языке Python, что позволяет оперировать с большими объемами данных. Сама же визуализация векторов выполнена с помощью ArcGIS API для Javascript. Визуализируемые данные были получены благодаря спутниковой миссии SWARM, предназначенной для изучения магнитного поля Земли.

**Ключевые слова:** геоинформационная система, геомагнитные данные, геопространственный анализ, геостатистика, геомагнитные возмущения.

### ***Введение***

Наша планета обладает собственным магнитным полем, в настоящее время природа возникновения этого природного явления оставляет множество вопросов для современной науки.

Магнитное поле Земли может быть обнаружено в любой точке планеты даже с помощью такой примитивной конструкции, как магнитной стрелки, подвешенной на нити. Стрелка будет показывать направление вектора магнитной индукции в данной точке. Составляющая вектора магнитной индукции в горизонтальной плоскости называется горизонтальной компонентой магнитного поля Земли.

На сегодняшний день для фиксации геофизических параметров мы можем позволить себе использовать более продвинутые технологии, такие как, спутники. Европейская космическая программа SWARM предоставила возможность изучения магнитного поля Земли, группа из трех спутников замеряет геомагнитные колебания, позволяя изучать данное явление.

Полезная нагрузка трех космических аппаратов состоит из следующих приборов:

– Магнитометр векторного поля (VFM): Линейные и малозумящие измерения компонент вектора магнитного поля Земли.

– Абсолютный скалярный магнитометр (ASM): Калибровка основного прибора VFM.

– Прибор для измерения электрического поля (EFI): Измерение плотности ионов, скорости дрейфа и электрического поля.

– Акселерометр (ACC): Измерение негравитационных ускорений, таких как сопротивление воздуха, ветер, альbedo Земли и давление солнечной радиации.

– Отражатель лазерного диапазона (LRR): Отражающие кварцевые призмы как часть спутниковой лазерной дальномерной сети.

Для тестирования данной геоинформационной системы были выбраны данные за март 2015 года, так как, этот год является серединой 24-го цикла солнечной активности, а одно из самых значительных геомагнитных возмущений этого цикла произошло в марте 2015 года (-222 нТл).

### ***Исходные данные***

В качестве исходных данных используются геомагнитные данные, имеющиеся в открытом доступе на портале Европейской космической программы earth.esa.int. Из всего доступного объема были взяты данные за период с 1 по 31 марта 2015 года.

№ C2	№ C3	№ C4	№ C5	№ C6	№ C7	№ C8	№ C9	
1	Timestamp	Latitude	Longitude	Radius	MLT	SunZenithAngle	SunAzimuthAngle	B_VFM
2	2015-03-01T00:00:00Z	85.89743229999998	96.60346	6823983.54	6.22558212	97.5236599	94.0366384	{45941.2213;1105.6053;1056
3	2015-03-01T00:00:01Z	85.8482652	97.1719206	6823984.98	6.24308014	97.4788532	94.6138252	{45944.5828;1118.9321;1058
4	2015-03-01T00:00:02Z	85.7986945	97.7269458	6823986.44	6.26041985	97.4340417	95.1775394	{45947.7624;1127.6276;1060
5	2015-03-01T00:00:03Z	85.7487344	98.2689016	6823987.92	6.27760887	97.3892255	95.7281471	{45950.339;1137.3229;10635
6	2015-03-01T00:00:04Z	85.6983986	98.798146	6823989.42	6.29463959	97.3446045	96.2660061	{45952.3105;1149.3107;1066

Рис. 1. Фрагмент исходных данных

### ***Обработка и визуализация данных***

В Табл. 1 представлен алгоритм, обеспечивающий обработку и визуализацию геомагнитных данных, предоставленных в виде csv-файла с собственной

организацией. Так, массивы данных представлены в формате временных рядов с параметрами, получаемыми со спутниковых приборов.

Таблица 1

Алгоритм обработки данных

Шаг	Описание	Используемые библиотеки
1	Выбор даты и времени через пользовательский интерфейс	bootstrap.min.js, jquery.min.js,
2	Предварительная обработка исходных геомагнитных данных	Pandas, GeoPandas, Pyproj
3	Визуализация исходных картографических, а также обработанных геомагнитных данных	ArcGIS API for Javascript

На первом этапе процедуры производится выбор периода отображаемых данных. Далее происходит удаление значений временного ряда, которые не соответствуют выбранному периоду. Для нахождения векторов в каждой точке используется прямое вычисление (с использованием метода "fwd") включающее определение широты, долготы и обратного азимута конечной точки с учетом широты и долготы начальной точки, а также азимута и расстояния.

На следующем этапе из массива формируется файл в формате GeoJSON и размещаются на «виртуальном глобусе».

```

Timestamp geometry
0 2015-03-01 00:00:00 LINESTRING (96.60346 85.89743, 98.09078 85.99426)
10 2015-03-01 00:00:10 LINESTRING (101.72575 85.38918, 102.91908 85.4...
20 2015-03-01 00:00:20 LINESTRING (105.79863 84.85114, 106.75981 84.9...
30 2015-03-01 00:00:30 LINESTRING (109.08133 84.29172, 109.85358 84.4...
40 2015-03-01 00:00:40 LINESTRING (111.76506 83.71664, 112.39929 83.8...

```

Рис. 2. Фрагмент данных, преобразованных благодаря библиотекам Pandas и GeoPandas

**Модель и архитектура веб-ГИС**

Данная геоинформационная система разработана по принципам клиент-серверного взаимодействия.

Клиентская часть представляет собой веб-браузер, отображающий пользовательский интерфейс, формирующий запрос к серверу и обрабатывающий отклики от него.

Серверная часть формирует ответ на запрос клиента посредством фреймворка Django, раскрывающего потенциал обработки больших объемов данных языка программирования Python в веб-среде.

Взаимодействие этих частей реализуется посредством протокола HTTPS с помощью запросов клиента и откликов сервера и осуществляется следующим образом (рис. 3). Основной алгоритм обработки данных размещается в файле Views.py и принимает на вход аргументы типа HttpRequest(Запрос) и возвращает значения типа HttpResponse(Отклик). URL.py содержит ссылки на ресурсы к которым обращается алгоритм Views.py.

ArcGIS API for Javascript (<https://developers.arcgis.com/javascript/>) используется в приложении для визуализации пространственных данных. В первую очередь формируется базовая карта, посредством обращения класса Map к удаленному серверу, получающего картографическую подложку. Далее идет обращение к файлу типа GeoJson, в котором содержится массив обработанных данных. Получая на вход данный файл экземпляр класса LayerViewClass формирует картографический слой, привязанный к вышеупомянутой подложке. Далее, подложка и привязанный к ней слой формируются в экземпляр виртуального глобуса. В конечном итоге, браузер получает поток данных в виде отклика, содержащего HTML-код и сценарии рендеринга на клиентской стороне.

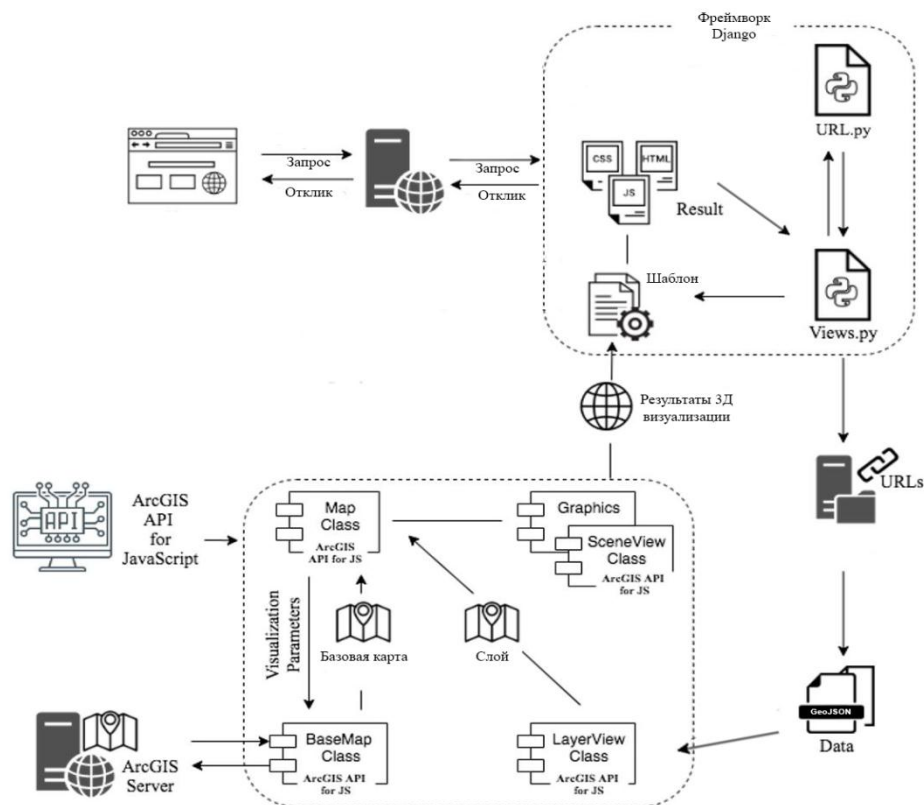


Рис. 3. Клиент-серверная архитектура веб-ГИС для мониторинга и анализа геомагнитных спутниковых наблюдений.

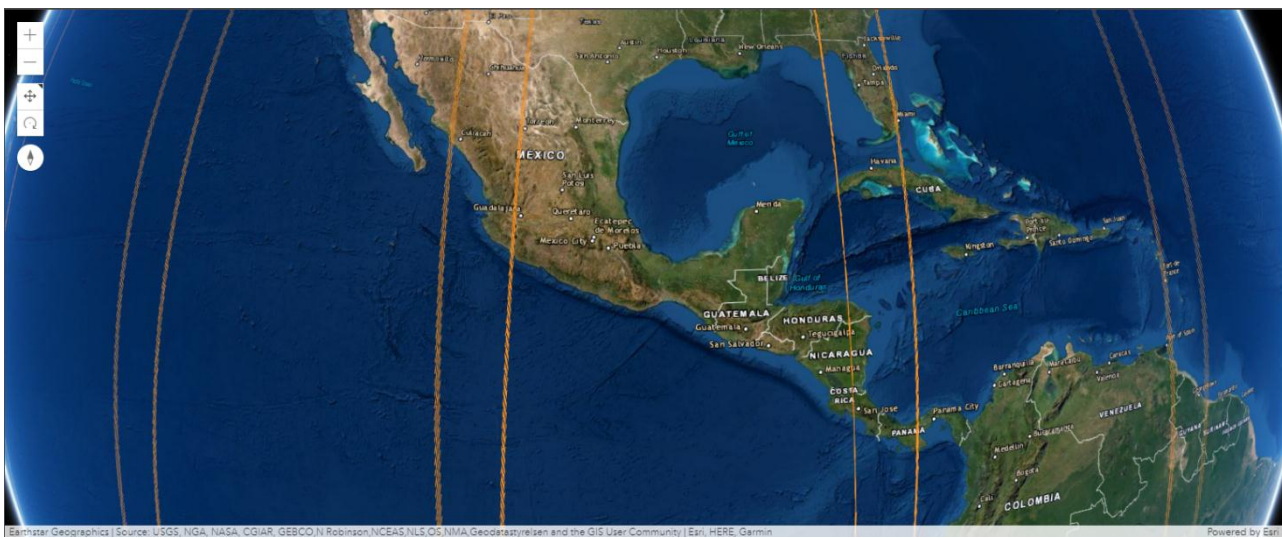


Рис. 4. Результат веб-ориентированной визуализации горизонтальной составляющей вектора магнитного поля Земли

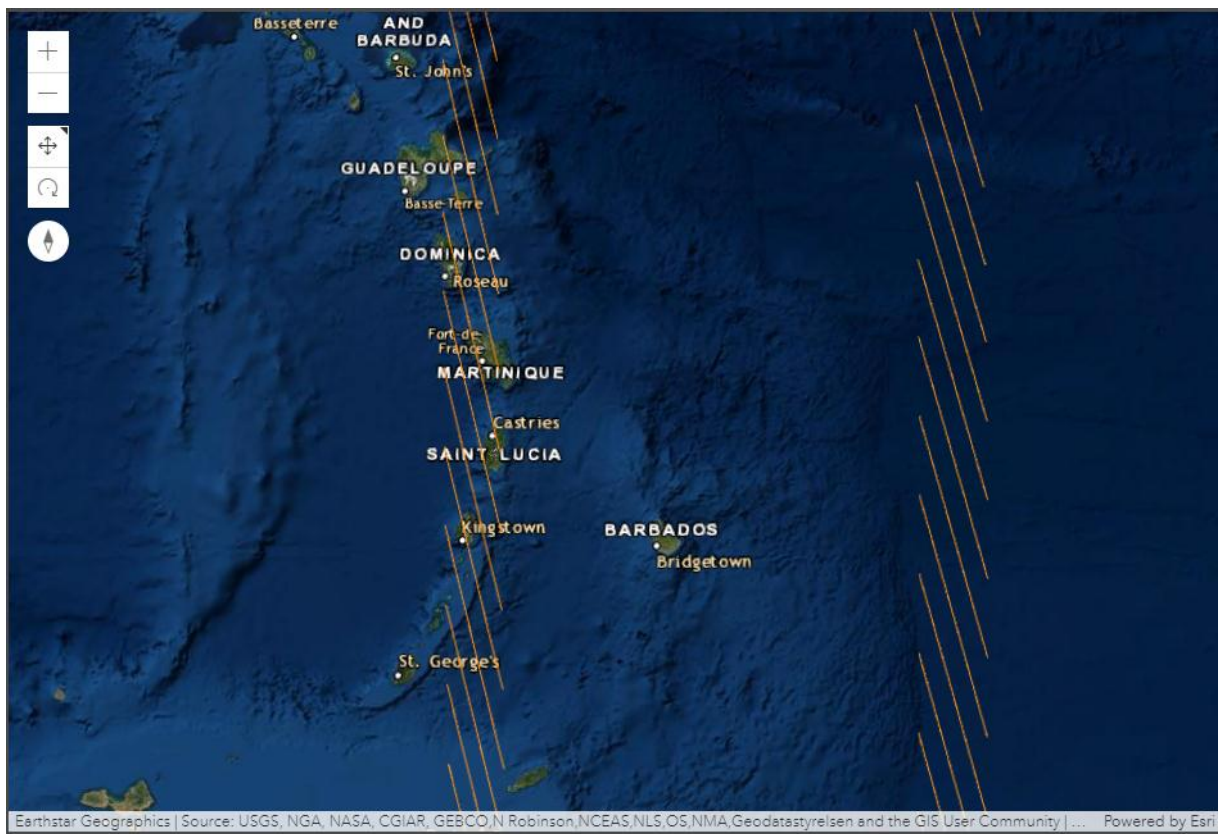


Рис. 5. Результат визуализации при увеличении масштаба

### ***Заключение***

В настоящей работе был предложен один из возможных подходов к созданию веб-ориентированной геоинформационной системы для визуализации горизонтальной составляющей векторов индукции магнитного поля Земли, основанной на фреймворке Django, использующем в качестве языка программирования Python. В дальнейшем планируется развитие данной ГИС, добавление интерактивных слоев, повышение функциональности и быстродействия.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Система динамической визуализации геомагнитных возмущений по данным наземных магнитных станций Научная визуализация / Воробьев А.В., Пилипенко В.А., Еникеев Т.А., Воробьева Г.Р., Христовуло О.И. // 2021. Т. 13. № 1. С. 162-176.
2. Геоинформационная система для анализа динамики экстремальных геомагнитных возмущений по данным наблюдений наземных станций Компьютерная оптика / Воробьев А.В., Пилипенко В.А., Еникеев Т.А., Воробьева Г.Р. // 2020. Т. 44. № 5. С. 782-790.
3. Веб-ориентированная визуализация геофизических параметров в области аврорального овала Научная визуализация / Воробьев А.В., Пилипенко В.А., Решетников А.Г., Воробьева Г.Р., Белов М.Д. // 2020. Т. 12. № 3. С. 108-118.
4. Визуализация геомагнитных вариаций в частотно-временной области информационного сигнала Научная визуализация / Воробьев А.В., Воробьева Г.Р. // 2019. Т. 11. № 2. С. 143-155

5. Подход к оценке относительной информационной эффективности магнитных обсерваторий сети intermagnet Геомagnetизм и аэрономия / Воробьев А.В., Воробьева Г.Р. // 2018. Т. 58. № 5. С. 648-652.
6. Веб-ориентированная 2d/3d-визуализация параметров геомагнитного поля и его вариаций Научная визуализация / Воробьев А.В., Воробьева Г.Р. // 2017. Т. 9. № 2. С. 94-101.
7. Статистические взаимосвязи вариаций геомагнитного поля, аврорального электроджета и геоиндуцированных токов Солнечно-земная физика / Воробьев А.В., Пилипенко В.А., Сахаров Я.А., Селиванов В.Н. // 2019. Т. 5. № 1. С. 48-58.

УДК 5.05

М. В. ТОКАРЕВ

*michael\_tokarev\_01@mail.ru*

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. А. В. СОКОЛОВА

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **ТРЕХМЕРНАЯ ГЕОВИЗУАЛИЗАЦИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ В QGIS**

**Аннотация.** В данной статье рассмотрена трехмерная геовизуализация зданий и сооружений в QGIS с помощью «вытягивания» векторных слоев поэтажного плана по атрибутивной таблице высот объектов с использованием модуля Q2threejs, отображающего в 3D данные цифровой модели рельефа местности и векторные данные в виде веб-интерфейса. Реализация рассмотренной технологии осуществлена на примере здания шестого учебного корпуса УГАТУ.

**Ключевые слова:** геоинформационная система; пространственные данные; атрибутивные данные; трехмерное моделирование; информация; слои.

### ***Введение***

Эффективное развитие современного высокотехнологичного общества все больше нуждается в системе получения оперативной, актуальной и достоверной информации об окружающем нас мире в виде информационных систем различного назначения. На сегодняшний день аппаратные и программные средства позволяют получать трехмерные геопространственные данные с высокой точностью в режиме реального времени.

Пространственные данные позволяют определять расположение объекта в пространстве. Преимуществом отображения пространственных данных в 3D является высокое и наглядное качество визуализации объекта за счет объемного изображения.

Отображение пространственных данных в 3D подходит как для отображения планов зданий и сооружений, так и для получения необходимой информации о них.

Разработка трехмерных моделей зданий в рамках геоинформационной системы позволит не только отображать сами здания, но и внутренние планировки, объекты инфраструктуры. Данные могут представлять интерес для широко-



го круга пользователей. В связи с этим необходимо разработать трехмерную модель здания на примере шестого корпуса УГАТУ, а также опубликовать ее.

Существуют различные программные средства, позволяющие решить поставленную задачу. Для реализации поставленной задачи используется QGIS – свободная кроссплатформенная геоинформационная система, работа над которой была начата американским геологом Гари Шерманом в феврале 2002 года. Выбор в пользу QGIS обусловлен следующими факторами:

это свободно распространяемое программное обеспечение, что дает возможность любому разработчику развивать его, создавать новые модули;

это кроссплатформенное программное обеспечение, оно независимо от аппаратной платформы и операционной системы.

### ***Разработка трехмерной модели в QGIS***

Для создания полноразмерной 3D модели необходимо отдельно формировать поверхность рельефа и объекты инфраструктуры. В QGIS механизм создания трехмерных моделей зданий и сооружений основан на модуле Q2threejs, который позволяет визуализировать в 3D данные цифровой модели рельефа местности и векторные данные в виде веб-интерфейса.

Исходными данными являются векторные слои, которые содержат информацию о высоте в качестве атрибута. Отображаемыми данными являются 3D объекты, выводимые при помощи данных геометрии слоев и таблицы высот. Данные хранятся на сервере, публикуются слой базовой карты и слои поэтажного плана здания.

Более наглядно отобразить процесс разработки 3D-модели позволяет схема вытягивания векторных объектов в 3D, показанная на рисунке 1.

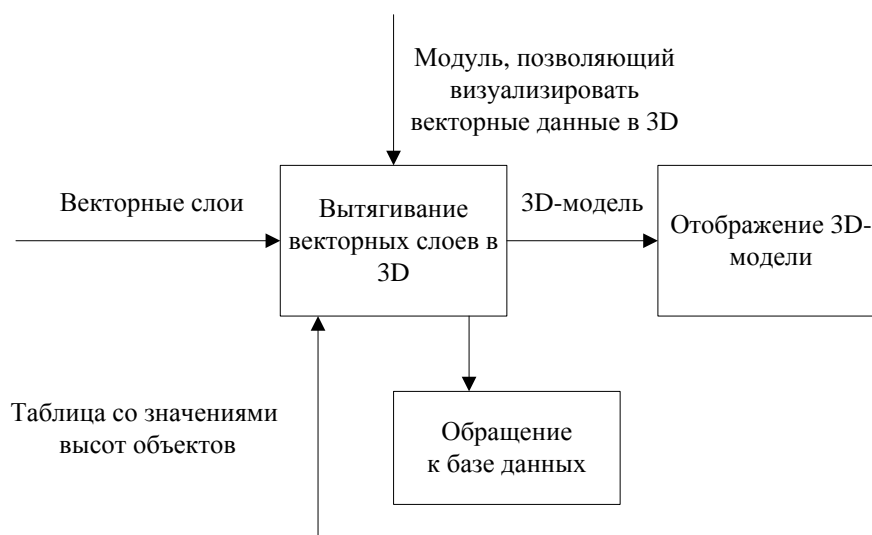


Рис. 1. Схема вытягивания векторных объектов в 3D

Преимуществом данного подхода к трехмерному моделированию является возможность отображения отдельных слоев поэтажного плана, что позволяет получать информацию о каждом объекте определенного слоя. Недостатком данного подхода является невозможность отобразить текстуру зданий в случаях, когда на фасаде моделируемого объекта присутствуют декоративные элементы (рисунки, лепнина и т.п.). Однако данный подход дает упрощенное представление здания без отвлечения на несущественные свойства объекта, такие как декоративные элементы фасада здания.

Данные могут представлять интерес для широкого круга пользователей, поэтому полученную 3D модель можно опубликовать.

### ***Публикация трехмерной модели в сети***

Под публикацией пространственных данных подразумевается размещение пространственных данных на сервере с последующим формированием ссылки, позволяющей открыть доступ к этим данным другим пользователям.

Публикация трехмерной модели в сети осуществляется при помощи формирования веб-страницы в формате .html со ссылкой на модель, хранящуюся на сервере. Публикуются как слой базовой карты, так и слои поэтажного плана здания.

В качестве базовой карты выбрана топографическая карта OpenStreetMap. Поверх базовой карты размещаются слои с пользовательскими данными, выполняется их анализ и просматривается его результат.

Более наглядно отобразить процесс публикации 3D-модели позволяет схема ее публикации, показанная на рисунке 2.

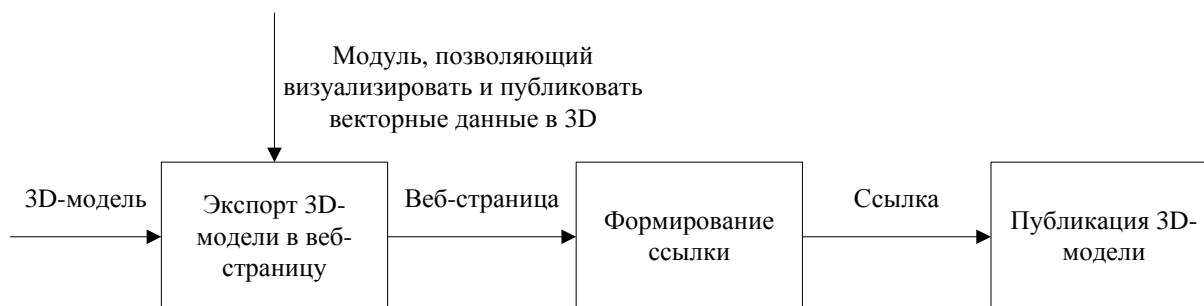


Рис. 2. Схема публикации 3D-модели

### ***Реализация задачи создания и публикации трехмерных моделей зданий и сооружений на примере здания шестого учебного корпуса УГАТУ***

Создание трехмерной модели зданий с помощью «вытягивания» двумерных слоев поэтажного плана по атрибутивной таблице высот объектов, а также публикация созданной трехмерной модели реализованы в QGIS на примере здания шестого учебного корпуса УГАТУ. В качестве исходных данных были использованы слои поэтажного плана здания и атрибутивная таблица высот объектов поэтажного плана.

Результат реализации задачи создания и публикации трехмерных моделей зданий и сооружений на примере здания шестого учебного корпуса УГАТУ приведен на рисунке 3.



Рис. 3. Результат реализации задачи создания и публикации трехмерных моделей зданий и сооружений на примере здания шестого учебного корпуса УГАТУ

### ***Заключение***

В результате выполнения задачи трехмерного геоинформационного моделирования зданий и сооружений была создана и опубликована трехмерная модель здания шестого учебного корпуса УГАТУ. Модель создана с помощью «вытягивания» двумерных слоев поэтажного плана по атрибутивной таблице высот объектов с использованием модуля Q2threejs, отображающего в 3D данные цифровой модели рельефа местности и векторные данные в виде веб-интерфейса.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Брекоткина Е. С., Павлов С. В., Трубин В. Д., Христовуло О. И. Управление проектом создания сложной геоинформационной системы на основе специализированного справочника. – Системная инженерия и информационные технологии, 2021. – Т. 3, № 2 (6). – С. 67–74.
2. Ефремова О. А., Павлов А. С., Павлов С. В. Многопользовательская обработка пространственной информации в региональной инфраструктуре пространственных данных: учеб. пособие для бакалавров и магистров направ. 230400 «Информационные системы и технологии». Уфа: УГАТУ, 2011. 117 с.
3. Павлов С. В., Ефремова О. А., Соколова А. В. Формализованное описание пространственной информации в составе трехмерных моделей потенциально опасных объектов на основе теоретико-множественного подхода. – Электротехнические и информационные комплексы и системы. № 1, т. 10, 2014. – 120 с. – С. 66–72.

УДК 004

А. А. ФАТТАХОВ

*aydar.fattakhov.04@mail.ru*

Науч. руковод. – Э. А. ХУЗИЯХМЕТОВА

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## КОСМИЧЕСКАЯ ГЕОИНФОРМАТИКА

**Аннотация.** Дистанционное зондирование Земли и огромные данные, которые поступают со спутников требуют систематизации и обработки. Геоинформатику применяют практически во всех сферах человеческой деятельности. Природные катастрофы, мониторинг окружающей среды, управление природными ресурсами, землепользованием или даже налоговым учетом.

*Цель исследования:* Космическая геоинформатика

*Объект исследования:* Возможность анализировать различные территории.

*Предмет исследования:* г. Керчь, мкр-н. Нижний Солнечный

*Методы исследования:* Анализ местности, практическая работа над проектом и анализ полученных результатов.



Рис. 1. Пример выявления объектов на спутниковой карте

Современные космические исследования и построение картины мира связаны с применением наук геоинформатики, географии и геодезии. Существует и применяется космическая геодезия и космическая география. Геоинформатика имеет все основания на термин космическая. Космическая геоинформатика требует внедрения новых методов анализа, которые обусловлены новыми задачами и требованиями, а так же обеспечивает на уровне данных сопоставимость и анализ. На уровне технологий космическая геоинформатика создает инструмент обмена методами анализа и обработки, на уровне познания она способствует интеграции многих наук.

Космическая геоинформатика ориентирована на построение интегральной картины. Общая картина мира не исключает наличие персонифицированных картин мира, которые создает отдельный субъект при анализе и познании окружающего мира. Картина мира мотивирует человека к различным действиям, в том числе и повышению уровня знаний в определенной области или к совершенствованию методов. Восприятие внешнего мира осуществляется человеком с использованием имеющихся у него знаний, опыта, информации о внешнем мире и применяемых инструментов познания. Это служит основой построения новых моделей мира или модификации существующей.

Геоинформатика изучает три пространства низших уровней, это: подземное, наземное и околоземное космическое пространства, а космическая геоинформатика изучает все пространства. Следует обратить внимание на то, что по названию геоинформатика – наука, связанная с изучением Земли. Но по сущности ее методы исследований перешагнули земные рамки и распространились на исследование космического пространства.

При дистанционных исследованиях можно получать информацию об объекте исследования в разных спектральных диапазонах: рентгеновском, ультрафиолетовом, видимом, инфракрасном. Чем меньше длина волны, тем выше точность измерения положения объекта. Длины волн оптического диапазона меньше длин волн теплового или радиолокационного диапазона.

Свойство геоинформатики в междисциплинарном переносе знаний сближает ее с системным анализом и создает предпосылки для их интеграции. Это создает предпосылки для развития системного геоинформационного анализа как нового научного направления. Геоинформационный анализ имеет свою специфику и свой методический подход, отличающий его от системного анализа и геоинформационного анализа.

Космическая геоинформатика является очередным шагом в развитии наук о Земле и космосе. В аспекте организации данных космическая геоинформатика вводит новый термин «интегрированные данные дистанционного зондирования». Он является аналогом геоданных по принципу организации как интегрированной и систематизированной модели. Но аспект интеграции становится шире – пространственные данные космических пространств, связанных между собой единицами координатными преобразованиями. Интегрированные данные дистанционного зондирования можно применять для решения земных и космических задач, применительно к любому масштабу космического пространства.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Савиных В.П. Космические исследования как средство формирования картины мира // Перспективы науки и образования. 2015. № 1. С. 56-62.
2. Бондур В.Г. Информационные поля в космических исследованиях // Образовательные ресурсы и технологии. 2015. №2 (10). С. 107-113.
3. Майоров А.А., Савиных В.П., Цветков В.Я. Геодезическое космическое обеспечение России // Международный научнотехнический и производственный журнал «НАУКИ О ЗЕМЛЕ». 2012. № 4. С. 23-27.
4. Савиных В. П., Смирнов Л. Е., Шингарева К. Б. География внеземных территорий. М.: Дрофа, 2009. 5. Розенберг И.Н., Цветков В.Я. Космическая геоинформатика: Учебное пособие. М.: МГУПС (МИИТ), 2015. 72 с.
6. Максудова Л.Г., Савиных В.П., Цветков В.Я. Интеграция наук об окружающем мире в геоинформатике // Исследование Земли из космоса. 2000. № 1. С. 46-50.
7. Леонтьев А. Н. Образ мира // Избранные психологические произведения. М.: Педагогика, 1983. С. 251-261.
8. Tsvetkov V. Ya. Worldview Model as the Result of Education // World Applied Sciences Journal. 2014. 31 (2). P. 211-215.
9. Цветков В.Я. Картина мира как образовательная парадигма // European Social Science Journal = Европейский журнал социальных наук. 2013. № 10-1 (37). С. 28-34.
10. Цветков В.Я. Информационное описание картины мира // Перспективы науки и образования. 2014. № 5. С. 9-13.

11. Поляков А.О. Информационная общность систем. СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2002.
12. Tsvetkov V. Ya. Information Interaction as a Mechanism of Semantic Gap Elimination // European Researcher, 2013, Vol.(45), № 4-1, p.782-786.
13. Цветков В.Я. Космический мониторинг: Монография. М.: МАКС Пресс, 2015. 68 с.
14. Бармин И.В., Данхем Д.У., Кулагин В.П., Савиных В.П., Цветков В.Я. Координатное обеспечение системы глобального мониторинга // Вестник НПО им. С.А. Лавочкина. 2014. № 3. С. 109-115.
15. Попович П.Р., Гусинский А.И., Колесников Г.М., Савиных В.П. Системный анализ комплексов «космонавт – техника». М.: Машиностроение, 1994. 192 с.
16. Ожерельева Т.А. Об отношении понятий информационное пространство, информационное поле, информационная среда и семантическое окружение // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 10. с. 21-24.
17. Савиных В.П. Информационное обеспечение научных и прикладных исследований на основе космической информации // Перспективы науки и образования. 2015. № 2. С. 51-59.
18. Tsvetkov V. Ya. Information Constructions // European Journal of Technology and Design. 2014. Vol.(5). № 3. p. 147-152.
19. Tsvetkov V.Ya. Information objects and information Units // European Journal of Natural History. 2009. № 2. p.99.
20. Бондур В.Г. Методы моделирования полей излучения на входе аэрокосмических систем дистанционного зондирования // Исследование Земли из космоса. 2000. № 5. С. 16-27.
21. Бондур В.Г., Савин А.И. Концепция создания систем мониторинга окружающей среды в экологических и природноресурсных целях // Исследование Земли из космоса. 1992. № 6. С. 70-78.
22. Савиных В.П., Цветков В.Я. Геоданные как системный информационный ресурс // Вестник Российской Академии Наук. 2014. Т. 84. № 9. С. 826–829. DOI: 10.7868/S0869587314090278.
23. Бондур В.Г., Калери А.Ю., Лазарев А.И. Наблюдения Земли из космоса. Орбитальная станция «Мир» март-август 1992 г. СПб.: Гидрометеоздат, 1997. 92 с.
24. Лазарев А.И., Бондур В.Г., Коптев Ю.И., Савин А.И., Севастьянов В.И. Космос открывает тайны Земли. СПб.:



А. И. ХАБИБУЛЛИН, А. Ф. ШАРАПОВ

*almaz204-2@yandex.ru*

Науч. руковод. – д-р техн. наук, проф., зав. каф. ГИС О. И. ХРИСТОДУЛО

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **ПРИМЕНЕНИЕ ДДЗ ПРИ МОНИТОРИНГЕ ПАВОДКОВОЙ СИТУАЦИИ**

**Аннотация.** В статье анализируются методы обработки космических снимков, исследуются методы мониторинга, оценивается роль дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) при прогнозе и мониторинге паводковой обстановки на территории Башкирии.

**Ключевые слова:** весенний паводок; прогноз паводков; мониторинг паводковой обстановки; дистанционное зондирование Земли; роль ДЗЗ; противопаводковая комиссия; сопровождение половодья.

### ***Введение***

Необходимость в контроле паводковой ситуации утверждается на государственном уровне, поскольку нередко масштаб ущерба от такого явления не только экономике, но и человеческим жизням бывает очень велик. Так, Правительство Республики Башкортостан регулярно на весенний период половодья учреждает противопаводковую комиссию, в состав которой входят такие ведомства, как МЧС по РБ, Госкомитет РБ по ЧС, Башгидрометцентр, МинПрироды РБ и другие. Данная комиссия обеспечивает своевременную и качественную подготовку гидротехнических сооружений, а также защиту населения и сохранения материальных ценностей на затопливаемых территориях [1].

Но каким образом достигается контроль и все те действия, которые предпринимает противопаводковая комиссия? Дело в том, что паводок это явление природное и непредсказуемое, которое проходит ввиду резкого увеличения уровня воды в водоемах при обильных осадках, а также вследствие быстрого таяния льда и снега в весенний период половодья. Поэтому можно лишь минимизировать последствия этого стихийного явления. Для этого различные службы из состава комиссии занимаются мониторингом паводковой обстановки и, конечно, для предупреждения населения о возможном затоплении их территорий в период половодья, проводят различные прогнозы вскрытия рек и начала

половодья. Здесь под мониторингом понимается ежедневный замер уровня рек, снегосъемка, сбор сведений о возможном заторе или зажоре в руслах рек по данным, полученных с гидропостов, автоматизированных станциям, а также средств аэро и космосъемки. Под прогнозом же имеется в виду установление максимально возможного уровня воды к определенному моменту времени на основе полученных данных мониторинга, а также и на основе прогноза погоды к этому времени [2].

### ***Оценка роли дзз при мониторинге паводковой ситуации в Республике Башкортостан***

И к мониторингу, и к прогнозу имеют отношение технологии дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). В данной статье перед исследователями поставлена задача: оценить роль данных ДЗЗ в мониторинге, в прогнозе паводковой обстановки и оценке ущерба от паводков в Башкирии.

В России существует множество ГИС, которые используются для мониторинга паводков. Например, в 2017-м году начал свою работу сервис «Паводок 2.0», активно используемый противопаводковой комиссией в Башкирии [3]. Как и многие другие ГИС из других регионов, система «Паводок 2.0» широко применяет данные дистанционного зондирования для получения в период половодья информации, которая будет важна при оценке обстановки [2].

Но что может представлять собой данная информация? Существуют различные способы применения данных дистанционного зондирования для мониторинга, прогноза и оценки ущерба от паводков, а потому и методов обработки существует немало. Поэтому информация, получаемая при ДЗЗ, бывает разного вида.

### ***Применение ДДЗ для мониторинга паводковой обстановки***

Как известно, вода очень хорошо поглощает тепло, а следовательно и ИК-излучение. Из-за такой особенности воды, на снимках в синтезе спектров в

псевдоцвета на каналах изображения RGB: SWIR-NIR-RED, участки с водой будут очень темными, чем при наблюдении в естественных цветах, т.е. становятся легко дешифрируемы (рис. 1).

Также водные объекты можно отличать при применении на снимках методов спектральной классификации. Например, можно использовать спектральный нормализованный разностный водный индекс NDWI (Normalized Difference Water Index), который рассчитывается согласно формуле:

$$NDWI = \frac{GREEN - NIR}{GREEN + NIR} ,$$

где GREEN – излучение в зеленой зоне спектра, NIR – излучение в ближнем ИК-диапазоне.



Рис. 1. Снимок Landsat-7 некоторой местности с водными объектами. Изображение слева – синтез в естественных цветах, по середине – синтез SWIR-NIR-RED, справа – с рассчитанным индексом NDWI

Для наблюдения за снежным покровом и льдом используются схожие методы дешифровки, однако, в отличие от воды, снег и лед не поглощают ИК-излучение, а отражают значительную его часть. На этом свойстве и основаны методики наблюдения.

Для дешифрирования заснеженных участков и ледового покрова применяют также синтез последовательности каналов SWIR-NIR-RED. Так, объекты мониторинга будут иметь голубой цвет, отсюда облака не будут ошибочно распознаны как снег или лед.

Обнаружить снег, используя методы классификации снимков, позволяет индекс NDSI - нормализованный относительный индекс снега (normalized difference snow index) и рассчитывается по формуле:

$$NDSI = \frac{GREEN - SWIR}{GREEN + SWIR} ,$$

где GREEN – излучение в зеленой зоне спектра, SWIR – излучение в среднем ИК-диапазоне.

Сравнение типов обработки снимка для наблюдения за снежным покровом и льдом показано на рис.2.

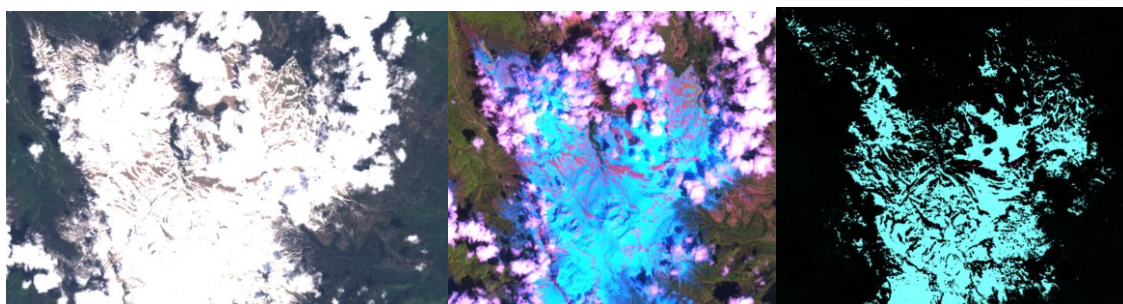


Рис. 2. Снимок Landsat-7 некоторой горной местности с заснеженными участками. Изображение слева – синтез в естественных цветах, по середине – синтез SWIR-NIR-RED, справа – с рассчитанным индексом NDSI

Такая информация, безусловно, полезна при наблюдении и прогнозе паводков по нескольким причинам:

- При мониторинге за снегом и льдом, нужно знать площадь снежного покрова, для того чтобы определить количество воды в снежных покровах, прилегающих к рекам, и спрогнозировать поведение паводка в период таяния снега;

- При мониторинге за водой, нужно знать границы протекания рек в период половодья, чтобы в последующем, во время меженья (мелководья реки в летнее время) реки обозначить эту территорию как пойменную, то есть затопливаемую. Также границы воды в период паводков, позволят определить точным образом затопленные водой территории домов и участков жителей, попавших в стихийное бедствие.

Приняв к сведению, вышеизложенную краткую и неполную, но достаточную для понимания сути обработки данных для мониторинга паводковой обстановки, информацию, можно прийти к выводу, что космических снимков Земли видимого диапазона для дешифровки воды, снега и льда, объектов, которых

необходимо достоверно различить, недостаточно. В связи с этим, наиболее ценятся мультиспектральные снимки с ИК каналами.

Однако, все же наличие у ДДЗ множества спектров ничего не значит для мониторинга, если у снимка низкое пространственное разрешение. Снимок с плохим разрешением не несет полезной информации для наблюдателя потому, что при низком пространственном разрешении невозможно вести мониторинг паводковой обстановки ввиду того, что некоторые реки настолько узкие что при малых разрешениях их становится не видно, а также невозможно проводить анализ затопляемых территорий. Потому очень важно при мониторинге использовать снимки только с высоким разрешением, как, например, представленному в табл. 1 КА «Канопус-В» и «Ресурс-П».

Таблица 1

Российская спутниковая группировка по данным Росгидромета и Роскосмоса

<i>Наименование комплекса</i>	<i>Характеристики КА</i>
Космический комплекс "Канопус-В"	Тип спутника: природно-ресурсный КА «Канопус-В»: Разрешение: ПСС – 2,5 м/пиксель (в надире), МСС – 12 м/пиксель КА «Канопус-В-ИК» дополнительно обладает ИК радиометром с разрешением 2 м/пиксель Орбита: Круговая солнечно-синхронная
Космический комплекс "Метеор-3М"	Тип спутника: метеорологический Разрешение: МСУ – 60, 120, 1000 м/пиксель Орбита: Околокруговая солнечно-синхронная
Космический комплекс "Ресурс-П"	Тип спутника: природно-ресурсный Разрешение: При высокдетальном наблюдении используется оптико-электронный комплекс «Геотон-Л1» : Панхроматические снимки – 1 м/пиксель, Узко-спектральные снимки – 2-3 м/пиксель; При гиперспектральном наблюдении используется гиперспектральная аппаратура (ГСА): Гиперспектральные снимки (от 96 до 216 спектральных каналов) – 25-30 м/пиксель; Широкозахватные комплексы наблюдения: ШМСА-ВР: панхроматические снимки – 12 м/пиксель, мультиспектральные снимки – 23,8 м/пиксель ШМСА-СР: панхроматические снимки – 60 м/пиксель, мультиспектральные снимки – 120 м/пиксель Орбита: Околокруговая солнечно-синхронная
Геостационарный гидрометеорологический космический комплекс "Электро-Л"	Тип спутника: метеорологический Разрешение: МСУ-ГС: в ИК – 1000 м/пиксель, в видимом диапазоне – 4000 м/пиксель Орбита: геостационарная

## *Заключение*

Подводя итоги исследования данной темы, была определена роль данных ДЗЗ при мониторинге и контроле паводковой обстановки в Башкирии. Различные ГИС используют данные ДЗЗ практически во всех автоматически наблюдаемых явлениях. ДЗЗ позволяет намного эффективнее получать оперативные и качественные данные, определяющие характер прохождения паводка.

Использование данных ДЗЗ экономически оправдано, поскольку вовремя не смягченные последствия паводковой стихии, нанесут более тяжкий удар экономике, а что еще хуже, что может произойти, это гибель людей при некачественном контроле паводковой ситуации.

Потому выгода в поддержании и развитии технологий ДЗЗ очевидна. Во многих чрезвычайных ситуациях, государство применяет технологии ДЗЗ для надлежащего контроля ситуации. Примером того, где также важно применять эти технологии, является мониторинг лесного хозяйства – предупреждение населения о лесных пожарах, системы мониторинга в нефтегазовой сфере – снижения возможных последствий аварий [4, 5].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Распоряжение Правительства РБ "Об утверждении состава республиканской противопаводковой комиссии, плана мероприятий по безаварийному пропуску весеннего половодья на территории Республики Башкортостан в 2021 году, плана-графика контроля за развитием паводковой ситуации в 2021 году на территории Республики Башкортостан" от 09.03.2021 № 154-р // Официальный интернет-портал правовой информации. - 2021 г. - № 202103100004. - с изм. и допол. в ред. от 10.03.2021.
2. Информационное сопровождение весеннего паводка на территории Республики Башкортостан с использованием ГИС-технологий / С. В. Павлов, И. У. Ямалов, А. Ф. Атнабаев, Ю. Н. Кунаков // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. – 2011. – Т. 15. – № 2(42). – С. 29-38.
3. В Башкирии запускают сайт для наблюдения за паводком // Башинформ URL: <https://www.bashinform.ru/news/social/2017-04-12/v-bashkirii-zapuskeyut-sayt-dlya-nablyudeniya-za-pavodkom-2207572> (дата обращения: 19.02.2022).
4. Атнабаев, А. Ф. Применение сервис-ориентированной архитектуры ГИС для мониторинга состояния лесного хозяйства / А. Ф. Атнабаев, В. Р. Калимуллин, Г. Р. Мустафина // Геоинформационные технологии в проектировании и создании корпоративных информационных систем. – Уфа : ГОУ ВПО "Уфимский государственный авиационный технический университет", 2012. – С. 85-90.
5. Атнабаев, А. Ф. Использование сервис-ориентированной архитектуры при разработке подсистемы моделирования аварийных разливов нефти / А. Ф. Атнабаев, А. Р. Сайдуганов, О. С. Саубанов // Геоинформационные технологии в проектировании и создании корпоративных информационных систем. – Уфа : ГОУ ВПО "Уфимский государственный авиационный технический университет", 2012. – С. 147-154.

УДК 004

А. Ф. ШАРАПОВ, А. И. ХАБИБУЛЛИН

*aynur.sharapov.2001@mail.ru*

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. С. Ю. МАКАРОВА

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **ДИСТАНЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ВЫЯВЛЕНИЯ МЕСТ ПОВРЕЖДЕНИЙ ТРУБОПРОВОДОВ**

**Аннотация.** В статье описаны дистанционные методы выявления мест повреждений трубопроводов такие как радиоволновый метод, метод дистанционного обнаружения утечек тепла из трубопроводов, акустически-корреляционный способ, ультразвуковое сканирование. Данные методы были проанализированы и из них был выбран самый эффективный метод.

**Ключевые слова:** трубопровод, радиоволновый метод, метод дистанционного обнаружения утечек тепла из трубопроводов, акустически-корреляционный способ, ультразвуковое сканирование, дистанционный способ, эксплуатация.

Трубопроводы в наше время – один из важнейших видов транспорта. Мы постоянно пользуемся тем, что нам в квартиру доставляют водопровод и газопровод, без их работы жизнь в городе становится невыносимой. Эти трубопроводы бывают просто огромными (в России диаметр трубы может достигать до 1422 мм) и достигают более 1000 км в длину. [1]

Трубопроводы очень эффективны в наше время они имеют множество преимуществ. Трубопроводы работают постоянно, имеют малые затраты на эксплуатацию, также преимуществом является высокая производительность и независимость от местности на которой был установлен трубопровод.

И если один из таких трубопровод повредится, то это может привести к аварии. Такие аварии могут нарушить работу многих предприятий, вызвать загрязнение природы нефтью или нанести большой материальный ущерб и привести к человеческим жертвам.

Поэтому очень важно найти повреждение до того, как это приведет к аварии. Для этого разберем какие существуют причины возникновения поврежденных трубопроводов.

Основными причинами аварий трубопроводов, являются дефекты сварных соединений трубопроводов, коррозионный износ, ошибки при проектировании трубопроводов и выборе материалов, конструкций трубопроводов с учетом свойств транспортируемой среды; отступление от проекта при строительном-монтажных работах; нарушения режима эксплуатации трубопроводов; гидравлические удары; отступление от требований промышленной безопасности, эксплуатационные повреждения трубопроводов, несвоевременный и некачественный ремонт и т.д.[2]

Очевидно, что проводить вскрытие трубопровода для диагностики не экономично. К тому же вскрытие может привести дефекту самого трубопровода. Это является большой проблемой, однако она успешно решается если использовать дистанционные способы диагностики трубопроводов.

Разберем дистанционные методы анализа и оценки состояния трубопровода. Существует несколько таких методов.

- радиоволновый метод;
- метод дистанционного обнаружения утечек тепла из трубопроводов;
- определение повреждений трубопроводом электронно-акустическим и ультразвуковым сканированием.

Один из самых основных дистанционных методов выявления мест повреждений трубопроводов является радиоволновый способ. Благодаря радиоволновому методу возможно просматривать трубопроводы, которые находятся и над землей, так и под землей. Он основан на регистрации изменения электромагнитных колебаний, взаимодействующих с объектом исследования. Электромагнитные колебания в местах дефекта будет отличаться от колебаний в неповрежденных местах трубопровода. Особенности данного метода являются большая эффективность и точность. (Рис.1)



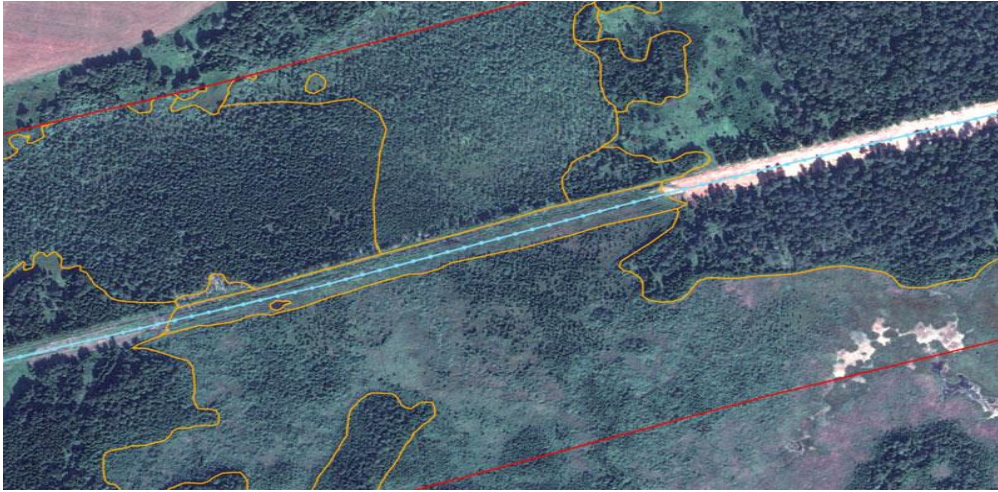


Рис. 1. Радиоволновый метод

Еще одним способом является метод дистанционного обнаружения утечек тепла из трубопроводов, который включает аэросъемку теплового поля трассы трубопровода, фиксирование местоположения локальных участков местности с повышенной температурой, а также наземную термометрию эталонных участков трассы. Точность определения местоположения утечки при данном способе диагностики достаточно высока, так как повышение температуры земной поверхности происходит непосредственно в месте повреждения трубы. Однако указанный способ применим лишь для поиска дефектов в трубопроводах, служащих для транспортировки сильно нагретой среды, например, теплоносителя в теплопроводах, и не позволяет обнаружить утечки транспортируемых жидких и газообразных углеводородов, если их температура чуть выше или близка к температуре окружающей среды. К тому же данный способ предполагает проведение наземной термометрии. [3] (Рис.2)

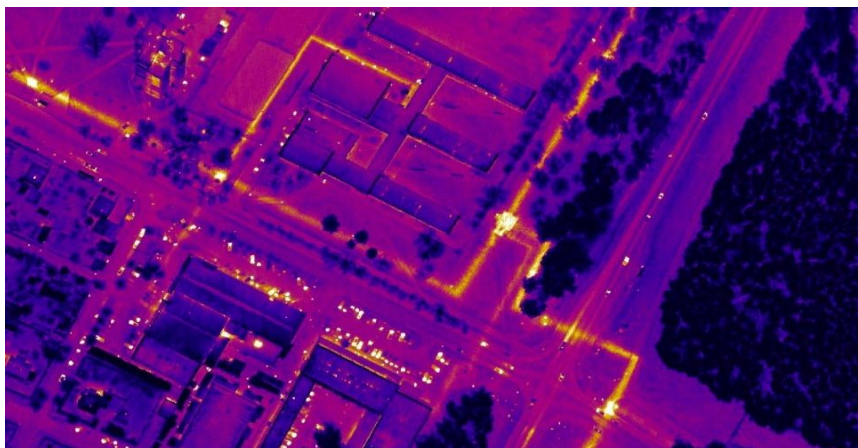


Рис. 2. Метод дистанционного обнаружения утечек тепла из трубопроводов

Электронно-акустический способ используют для проверки трубопроводов большой протяжности на повреждения. Используя данный способ можно проверить трубопровод большой протяженности за маленький промежуток времени. Однако точность этого метода уменьшается, когда увеличивается площадь исследуемой территории. (Рис.3)

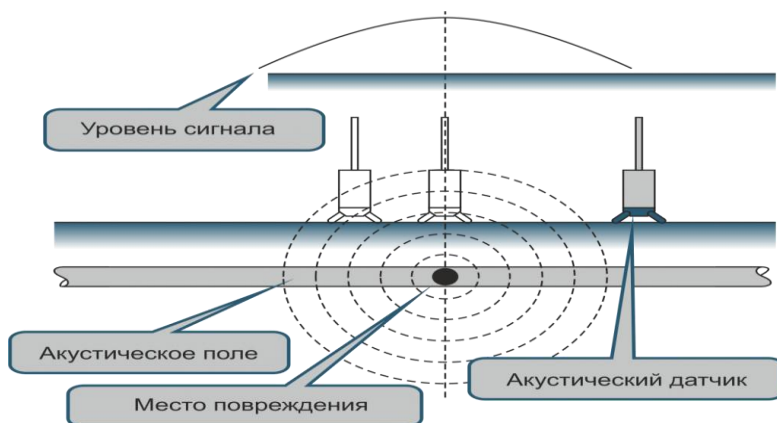


Рис. 3. Электронно-акустический способ

Ультразвуковое сканирование используется исключительно на открытых участках трубопровода. Этот метод позволяет получить высокоточный результат благодаря сложному оборудованию. Данное оборудование регистрирует отраженные сигналы, по которым можно узнать о дефектах трубы. Для того чтобы использовать данный метод нужен хорошо обученный персонал, который сможет понять все полученные устройством сигналы и использовать для нахождения повреждения. Недостатками вышеуказанного метода являются зависимость нахождения дефектов от их направленности и неспособности осуществления мониторинга технологических трубопроводов, и труб, которые имеют наружное изоляционное покрытие. (Рис.4)



Рис. 4. Ультразвуковое сканирование

Как мы уже сказал выше в России находится огромное количество трубопроводов, и любая авария может нанести огромный ущерб и привести к человеческим жертвам. Поэтому для предотвращения аварии нужно ежедневно следить и анализировать трубопроводы и быстро реагировать в случае появления дефекта. Для этой задачи можно использовать именно дистанционные методы, потому что они эффективнее обычных способов, более экономичны и используя их не нужно проводить вскрытие трубопровода, которое может привести к дефекту. И главное используя дистанционные методы, благодаря их высокой скорости диагностирования, можно ежедневно проверять трубопроводы, что сильно понизит шанс возникновения аварии.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Что перекачивают по трубам и какие бывают трубопроводы? [Электронный ресурс] Полная аналитика в реальном времени // URL: <https://news.myseldon.com/ru/news/index/247586358> (дата обращения: 12.09.2022).
2. Дефекты основного металла трубопровода. [Электронный ресурс] Все о трубах // URL: <https://pipe-s.ru/defekty-osnovnogo-metalla-truboprovoda/> (дата обращения: 17.02.2022).
3. Способ дистанционного обнаружения утечек жидких углеводородов из трубопроводов. [Электронный ресурс] Пантеон патентов // URL: <http://трубопровод.рф/статьи/все/2013/11/20/способы-определения-мест-повреждений-и-дефектных-у/> (дата обращения: 12.09.2022).
4. Способы определения мест повреждений и дефектных участков на водопроводных сетях. [Электронный ресурс] Трубопровод // URL: <https://patenton.ru/patent/RU2079772C1/> (дата обращения: 12.09.2022).
5. Верификация результатов дешифрирования космических снимков низкого разрешения MODIS для мониторинга схода снежного покрова / Н. Р. Асылгареев, А. Ф. Атнабаев, Н. С. Орлов, О. И. Христодуло // Геоинформационные технологии в проектировании и создании корпоративных информационных систем. – Уфа: ГОУ ВПО "Уфимский государственный авиационный технический университет", 2015. – С. 30-35.

УДК 004.6

А. А. ШИРОКОВА, А. Н. ЛАПИН, Ш. М. МИНАСОВ  
*ann2002wide@gmail.ru, meccos160@yandex.ru, minasov@ufanet.ru*  
Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. Ш. М. МИНАСОВ

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **БАЗА ГЕОДАНЫХ О ЛЕСНЫХ ПОЖАРАХ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Аннотация.** В настоящей работе представлены результаты изучения классификаций российских лесов и лесных пожаров, а также территориальных структур, позволяющих описать геоданные природных возгораний. Представлена модель базы данных, созданная для систематизации мониторинга лесных пожаров с помощью БПЛА и построения их цифрового двойника в режиме реального времени.

**Ключевые слова:** ИС; лесные пожары; классификация лесов; классификация пожаров; природные пожары; базы данных; реляционная модель; физическая модель данных.

Лесные пожары – одна из важнейших проблем Российской Федерации, 46,6% площади которой покрыты лесным массивом [1]. Это заметно и в последние годы: в 2021 ущерб от лесных пожаров превысил 10 миллиардов рублей, а в 2022 году лишь на конец июля – 7,4 миллиарда рублей [2]. По заявлению российского отделения «Гринпис», за четыре месяца 2022 года площадь пожаров в Сибири превысила масштабы пожаров в 2021 году в два раза [3]. По состоянию на 10 августа, дым от возгораний в Ханты-Мансийском автономном округе добрался и до Башкирии [4].

С лесными пожарами необходимо бороться как можно более оперативно. Сообщения от людей до служб пожаротушения порой доходят слишком поздно, особенно если возгорание началось достаточно далеко от населенных пунктов. А мониторинг при помощи спутниковых снимков ставит под сомнение действенность этих методов, так как снимки возможно получить по данным [6] лишь восемь раз в сутки. На рисунке 1 представлен график потери лесного покрова РФ за последние 20 лет [5]. Он демонстрирует, что с каждым годом потери леса становятся все более и более масштабными, что подтверждает опасения о недостаточной эффективности спутникового мониторинга.

Поэтому необходим новый метод, который увеличит частоту получения снимков с мест лесных пожаров. Технологии БПЛА самолетного типа способны решить многие из насущных проблем, как и метод построения цифрового двойника лесных пожаров в режиме реального времени. Для функционирования такой системы необходима информационная база, создание которой предполагает первичный сбор данных о природных возгораниях.



Рис. 1. График потери лесного покрова РФ в миллионах гектар по годам

Геоданные, свободно представленные в [7], позволяют ознакомиться с расположением территорий лесничеств на территории России, а также со значениями площадей, засаженных определенной породой древесины.

Леса классифицируются по следующим признакам:

- по целевому назначению;
- по преобладающим породам;
- по группам возраста.

Общая классификация российского леса представлена на рисунке 2.



Рис. 2. Общая классификация российского леса

Чтобы построить цифровой двойник лесных пожаров, необходимо ознакомиться с их разновидностями и выявить те, которые возможно будет отследить с воздуха при помощи БПЛА. В соответствии с [8], лесные пожары классифицируются по следующим признакам:

- по площади, пройденной огнем;
- по скорости распространения;
- по характеру возгорания.

Подробная классификация лесных пожаров, которые возможно будет наблюдать при помощи БПЛА, представлена в таблицах 1 – 2.

Таблица 1

Классификация пожаров по площади, пройденной огнем

Класс пожара	А	Б	В	Г	Д1	Д2	Д3	Д4
Площадь, пройденная огнем (га)	<0,1	0,1 – 5	5 – 50	50 – 150	150 – 250	250 – 1000	1000 – 10000	>10000

## Классификация пожаров по скорости распространения и характеру возгорания

Классификация лесных пожаров		По скорости распространения (м/мин)	
По характеру возгорания		Устойчивые	Беглые
Низовые	Подстилично-гумусовые	1-3	3-5
	Надпочвенные		
	Подлесно-кустарниковые		
	Валежные		
	Пневые		
Верховые	Вершинные	5-25	25-75
	Повальные		
	Стволовые		

В результате изучения предметной области были собраны и проанализированы следующие данные:

- ежедневные данные о лесных пожарах по России [9];
- документация о лесорастительных зонах и районах [10];
- данные о лесничествах в регионах РФ [11];
- статистика субъектов РФ по численности населения [12].

Физическая модель базы данных представлена на рисунке 3.

В результате работы были проанализированы данные о лесах и природных пожарах, рассмотрены их классификации. Была спроектирована и реализована база данных, структура которой опирается на территориальную иерархию лесов России. В дальнейшем информационная система будет дорабатываться и корректироваться с целью построения цифрового двойника лесных пожаров в режиме реального времени на основании данных аэрофотосъемки с БПЛА. Также в результате проведенного исследования был разработан программный модуль сбора данных о лесных пожарах «K-Media Forest Fire Data Collector» и выполнена государственная регистрация программы для ЭВМ №2022663573.

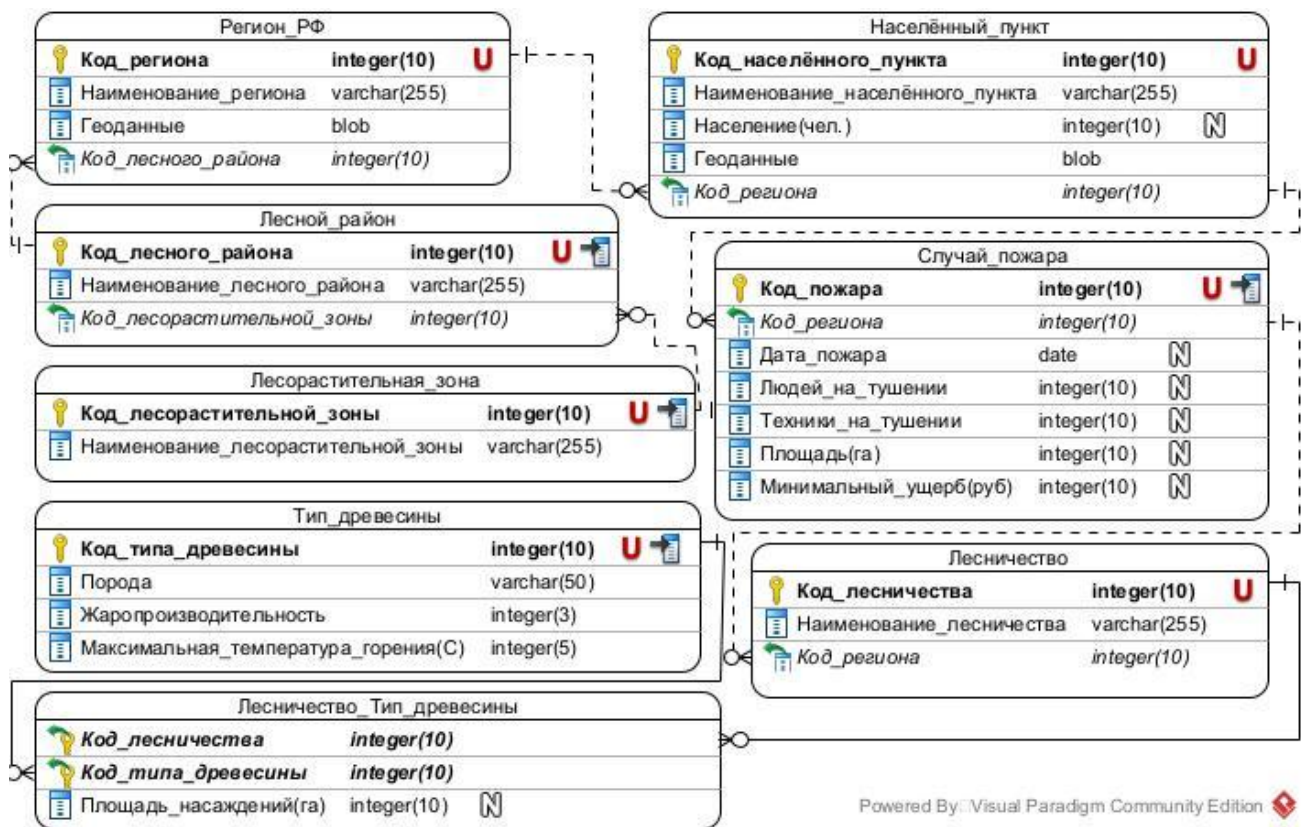


Рис. 3. Физическая модель данных применяемой информационной системы

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лесные ресурсы. URL: [https://www.gks.ru/bgd/regl/B11\\_14p/IssWWW.exe/Stg/d02/15-39.htm](https://www.gks.ru/bgd/regl/B11_14p/IssWWW.exe/Stg/d02/15-39.htm) (дата обращения: 10.08.2022).
2. ЕМИСС. URL: <https://www.fedstat.ru> (дата обращения: 10.08.2022).
3. Сибирь в огне: лесные пожары 2022 года. <https://news.ru/regions/sibir-v-ogne-lesnye-rozhary-2022-goda/> (дата обращения: 10.08.2022).
4. Башкирию накрыл дым от лесных пожаров в Югре. Рассказываем, что там происходит. URL: <https://ufa1.ru/text/incidents/2022/08/10/71557733/> (дата обращения: 10.08.2022).
5. Лесные пожары в России. URL: <https://wildfires.strelka-kb.com> (дата обращения: 11.08.2022).
6. Российские спасатели получают снимки восемь раз в сутки. <https://smotrim.ru/article/2725417> (дата обращения: 10.08.2022).
7. Интерактивная карта «Леса России». URL: <https://maps.roslesinfor.ru> (дата обращения: 08.08.2022).
8. Залесов А.С. Классификация лесных пожаров. - Екатеринбург: УГЛУ, 2011. - 15 с.
9. Официальный сайт ФБУ «Авиалесоохрана» <https://aviales.ru> (дата обращения: 08.08.2022).
10. Приказ "Об утверждении Перечня лесорастительных зон Российской Федерации и Перечня лесных районов Российской Федерации" от 18 августа 2014 года № 367 // АО "Кодекс".
11. Рослесхоз России – список, официальные сайты, адреса, отзывы <https://gogov.ru/rosleshoz> (дата обращения: 08.08.2022).
12. Субъекты РФ по численности населения статистика <https://infotables.ru/statistika/31-rossijskaya-federatsiya/198-chislennost-gorodskogo-i-selskogo-naseleniya-rossii-po-federalnym-okrugam-tablitsa> (дата обращения: 08.08.2022).



**СЕКЦИЯ 5.7**  
**СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, УПРАВЛЕНИЕ**  
**И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

УДК 004

Л. Н. АЛТЫНГУЗИНА

*altynka.lil@yandex.ru*

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. Р. В. НАСЫРОВ

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА МАРКИРОВКИ ЭЛЕКТРОННЫХ**  
**СРЕДСТВ В УСЛОВИЯХ МАССОВОГО ПРОИЗВОДСТВА**

**Аннотация.** Представлен анализ необходимости маркировки электронных изделий в современном промышленном производстве, описаны способы автоматической маркировки и рассмотрена лазерная маркировка печатных плат на линии поверхностного монтажа.

**Ключевые слова:** автоматизация; маркировка; электронные средства; печатные платы; SMD-компоненты; лазерная маркировка.

Объектом исследования является линия поверхностного монтажа, установленная в АО БПО «Прогресс».

Цель данной работы – автоматизация процесса маркировки электронных средств в условиях массового производства на примере печатных плат, изготавливаемых на линии поверхностного монтажа.

Задачами данной научной работы являются:

- анализ необходимости маркировки электронных изделий;
- анализ линии поверхностного монтажа в АО «БПО «Прогресс»;
- описание способов автоматической маркировки электронных средств;
- разработка программного кода работы системы лазерной маркировки печатных плат.

Результатом этой работы является код управляющей программы для системы лазерной маркировки NUTEK LMC-S5, разработанный для маркировки мультиплицированных плат.

Исходные данные для представленных материалов были получены во время прохождения преддипломной практики в АО БПО «Прогресс».

В современном промышленном производстве маркировка изделий – это неотъемлемый процесс рабочего цикла. Наносимая информация важна не только для производителя, который таким образом ведет контроль за качеством и объемами выпускаемой продукции, но и для потребителя, которому даже несколько цифр, букв или символов могут дать полное представление о свойствах и параметрах продукции. Таким образом, современное производство, реализация и учет продукции требуют высокотехнологичных методов маркировки – гибких, скоростных, компьютеризированных, и не влияющих на работоспособность и потребительские свойства маркируемых деталей, узлов и изделий.

Кроме того, с 2019 года в России введена обязательная маркировка некоторых групп товаров и с каждым годом список таких групп расширяется. К 2024 году единая национальная система маркировки охватит все отрасли промышленности.

Процесс регулируют сразу несколько законов:

1. Распоряжение правительства от 28.12.2018 № 2963-р утверждает Концепцию создания и функционирования системы маркировки. В документе определены цели, задачи и принципы функционирования, описаны требования к маркировке товаров.

2. Федеральный закон от 25.12.2018 N 488-ФЗ внес изменения в 381-ФЗ о торговле и 54-ФЗ о кассах:

– вводит понятия – «товары, подлежащие обязательной маркировке», «средства идентификации», «код маркировки», «участники оборота товаров, подлежащих обязательной маркировке»;

– определяет государственную информационную систему мониторинга за оборотом маркированной продукции, порядок доступа к ней, обязанности участников оборота;

– устанавливает, что ОФД передает данные в систему маркировки.

3. Распоряжение от 28.04.2018 №791-р утвердило:

– идентификацию каждого товара уникальными кодами,

- создание единой информационной системы, в которой будут храниться данные, передаваемые всеми участниками оборота,
- создание Единого каталога товаров.

Согласно распоряжению правительства от 28.12.2018 № 2963-р, ключевыми целями создания и функционирования системы маркировки и прослеживаемости товаров являются:

- обеспечение получения оперативной и достоверной информации о движении товаров в рамках хозяйственной деятельности организаций, что создаст необходимые условия для сокращения объемов незаконного оборота промышленной продукции и его влияния на развитие экономики и социальной сферы страны, безопасности и защиты жизни и здоровья граждан, повышения собираемости налогов и таможенных пошлин и улучшения налоговой дисциплины, а также для мониторинга и контроля конкурентной среды на товарных рынках;
- обеспечение развития высокотехнологичных решений по обработке обязательных данных для создания новых сервисов и бизнес-моделей, основанных на использовании данных.

Электронные элементы для поверхностного монтажа прочно вошли в нашу жизнь и занимают в современных электронных устройствах место не менее 80% от числа всех производимых промышленностью электронных приборов. Их называют SMD-элементами (SMD – Surface Mount Device), то есть компонент или устройство, монтируемое на поверхность. На рисунке 1 вы можете увидеть, как они выглядят. [1-2]

Это яркий пример необходимости маркировки для распознавания электронного компонента, т.к. из-за малых размеров и похожих форм SMD-элементы можно легко спутать друг с другом. Часто название корпуса состоит из четырех цифр, которые отображают его длину и ширину.

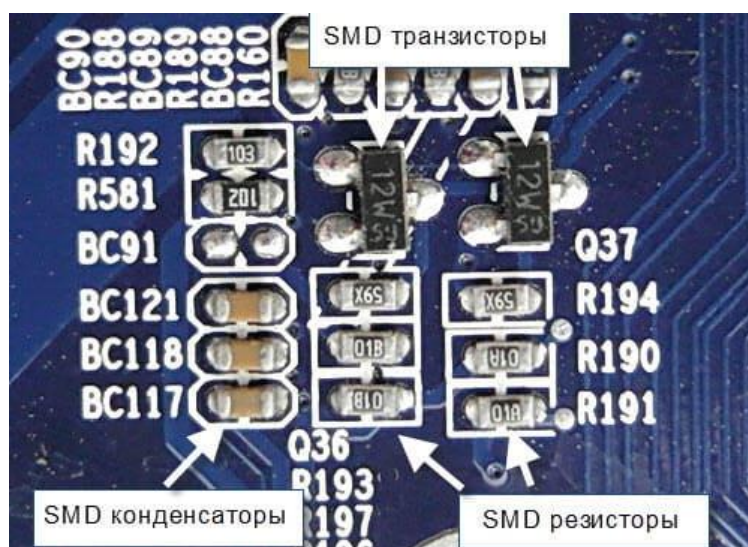


Рис. 1. SMD-компоненты

Маркировка наносится на SMD корпус с помощью лазера (или трафаретной печатью символов белой краской), что и позволяет размещать до 8 знаков на ограниченной площади 4 мм<sup>2</sup>. Производители размещают на корпусе SMD-элементов и дополнительную технологическую информацию – дату изготовления и (или) код партии выпуска. [3]

#### *Анализ линии поверхностного монтажа в АО «БПО «Прогресс»*

На данный момент в цехе поверхностного монтажа установлена автоматическая линия, состоящая из следующих единиц оборудования:

- 1) загрузчик печатных плат – S&M Automation LTD SL-3BXL;
- 2) установка автоматической трафаретной печати – Speedprint SP710;
- 3) промежуточный конвейер визуального контроля;
- 4) автоматический установщик компонентов – Europlacer iineo-2;
- 5) автоматический установщик компонентов – Assembleon AX-501;
- 6) автоматический установщик компонентов – Assembleon AX-201;
- 7) промежуточный конвейер визуального контроля;
- 8) печь конвекционного плавления – КТ КTR-1000;
- 9) промежуточный конвейер визуального контроля;
- 10) автоматическая оптическая инспекция – YAMAHA YSi-V;
- 11) промежуточный конвейер визуального контроля.

На основе анализа текущего состава ЛПМ и последовательности операций для сборки печатных плат был сделан вывод о том, что в первую очередь в линию необходимо добавить автомат для маркировки печатных плат, а также для добавления маркировочного кода каждой платы в информационную базу данных предприятия, чтобы отслеживать все печатные платы в течение их жизненного цикла. Промаркированные печатные платы могут автоматически идентифицироваться на операциях сборки, автоматической оптической инспекции, электрического контроля и ремонта. [4]

Также это значительно повысит производительность всей линии, так как используемый ручной способ наклейки QR-кодов и штрих-кодов занимает около 1 минуты на одну плату.

Обзор способов автоматической маркировки печатных плат

Маркировать плату можно различными методами.

1. Классический метод – это получение изображения методом трафаретной печати. Сначала готовится фотошаблон для экспонирования фоточувствительной эмульсии. После проявления и сушки печатной трафаретной формы маркировочная краска наносится с помощью ракеля на установке трафаретной печати через трафаретную печатную форму на печатную плату, затем сушится УФ-лучами. Многоэтапная технология задействует большое количество оборудования. Кроме того, для складирования и хранения трафаретов требуется немало места, что неудобно при многономенклатурном производстве печатных плат.

2. Струйно–капельный метод нанесения краски. Используется для мелкого и серийного производства. Современная технология струйной печати с контролем объема капли дает возможность наносить рисунок непосредственно на плату без каких-либо дополнительных операций. Четыре контрольные точки на плате позволяют максимально точно позиционировать рисунок, сохраненный в памяти компьютеризированного печатного устройства, на поверхности ПП. Специально разработанная маркировочная краска для принтеров обладает вы-

сокой адгезией. На высокопроизводительных линиях используют скоростные струйные принтеры. Однако такое оборудование и специальная краска – не самый бюджетный вариант.

3. Установка наклеек на установщиках компонентов. Этот вариант экономит бюджет, однако наклейки необходимо заранее заказывать с необходимым рисунком. Но главный недостаток в том, что такие этикетки не стойкие к механическим и особенно химическим воздействиям, поэтому, например, могут отклеиться во время отмывки или ремонта платы.

4. Лазерная маркировка печатных плат – полностью автоматизированный процесс, позволяет не только наносить, но и проверять на соответствие маркировку. Лазерные маркировщики позволяют быстро наносить четкие, контрастные изображения на поверхность печатной платы. К достоинствам технологии относят отсутствие расходных материалов, возможность корректировать изображение – менять серию, номер изделия и т.д. Также она обладает самой высокой стойкостью, т.к. устойчива к любым механическим или химическим воздействиям. К недостаткам лазерной маркировки относят только то, что она подходит для плат с достаточно большой зоной допустимого теплового воздействия. [5-6]

Резюмируя все достоинства и недостатки приведенных способов маркировки печатных плат, можно заключить, что лазерная маркировка – наиболее рациональный выбор для автоматической линии поверхностного монтажа.

В связи с вышеуказанным выводом предлагается добавить в линию поверхностного монтажа лазерный маркировщик – NUTEK LMC-S5 (рисунок 2).

Система предназначена для автоматического нанесения маркировки на печатную плату путем перемещения лазерной головки в плоскости XY. Установка может использоваться как в составе конвейерной линии, так и как отдельно-стоящая машина.

Благодаря использованию лазера с помощью зеркальной развертки достигается большая область маркировки вплоть до 350x350 мм без необходимости использования отдельных сервоприводов для перемещения лазера.



Рис. 2. Система лазерной маркировки 5 серии NUTEK LMC-S5

Такая конструкция лазера гарантирует высокую скорость маркировки большого количества печатных плат. Текст/вид маркировки и ее позиция легко программируются с помощью программного обеспечения на базе ПК, поставляемого вместе с маркировщиком. Опционально для возможности нанесения маркировки на двусторонние печатные платы установка может быть оснащена инвертером для переворачивания печатной платы. [6]

В ходе данной работы:

- обоснован выбор лазерной технологии маркировки печатных плат;
- в качестве примера рассмотрена линия поверхностного монтажа на базе АО «БПО «Прогресс»;
- предложено внедрение в линию лазерного маркировщика NUTEK LMC-S5;
- разработан программный код для маркировки мультиплаты.

Предложенная технология позволяет:

- значительно повысить производительность линии;
- на порядок улучшить качество маркировки печатных плат, в частности ее износостойкость;
- автоматизировать контроль качества продукции за счет интеграции с ERP-системой предприятия;
- повысить ремонтпригодность печатных плат.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Загородных О.В. Технология изготовления печатных плат и сборка функциональных узлов: учебное пособие — Омск: ОмГТУ, 2019. — 164 с.
2. Юрков Н.К. Технология производства электронных средств: учебник — 2-е изд., испр., доп. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 510 с.
3. Кашкаров А.П. Маркировка радиоэлементов: справочник — М.: ИП РадиоСофт, 2010. — 144 с.
4. Третьяков С.Д. Современные технологии производства радиоэлектронной аппаратуры: учебное пособие — Санкт-Петербург: НИУ ИТМО, 2016. — 102 с.
5. Томилин В.И. Технология производства электронных средств: организационно-методическое обеспечение курсового проектирования по дисциплине: учебное пособие — Красноярск: СФУ, 2012. — 120 с.
6. Дьюли У. Лазерная технология и анализ материалов: Пер. с англ. — М.: Мир, 1986. — 504 с.



Р. Р. АХМЕТЗЯНОВА

*AkhmetzyanovaRaR@yandex.ru*

Науч. руковод. – ст. преп. Г. И. ГАПТУЛЛАЗЯНОВА

*Казанский национальный исследовательский технический университет  
им. А. Н. Туполева – КАИ*

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИГРОВЫХ ДВИЖКОВ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ КОМПЬЮТЕРНЫХ ИГР

**Аннотация:** На сегодняшний день существует множество разных игровых движков, каждый из которых имеет недостатки и преимущества. В данной статье рассматриваются такие игровые движки как Unity, Unreal Engine, Game Maker Studio2.

**Ключевые слова:** игровой движок, Unity, Unreal Engine, Game Maker Studio2.

Unreal Engine – это игровой движок, разработанный специалистами Epic Games. Unreal Engine – один из самых популярных и старых игровых движков, ставший известным благодаря возможности создания на нем сцен, схожих по качеству с кинематографическими. Он работает на большинстве современных игровых платформ – это консоли последнего поколения, персональные компьютеры, устройства на iOS и Android, а также macOS, Linux[1]. Сегодня движок Unreal Engine активно применяется для разработки простых игр для смартфонов и планшетов, а также для создания полноценных высокобюджетных игр, рассчитанных на массовую аудиторию. Unreal Engine остается популярным более 20 лет по нескольким причинам (см. табл. 1).

1. Широкий функционал. В данном движке можно создать практически любую игру от шутера до аркады с разными типами логики.

2. Визуальное программирование. Работать с UE смогут даже новички: встроенная система визуального скриптинга избавит от необходимости использования сложных языков программирования[2]. Но по умолчанию данное ПО поддерживает и стандартный C++, привычный для разработчиков с большим опытом.

3. Бесплатная лицензия. Особенно приятный бонус для многих разработчиков. В лицензионном соглашении ПО указано, что до тех пор, пока игра не

окупит себя и не принесет \$1 млн, движком можно пользоваться бесплатно. Далее придется платить 5% от суммы дохода;

4. Возможность создать кросс-платформер. Многие пользователи владеют сразу несколькими игровыми устройствами (ПК, консолями, смартфонами и т.д.), и движок Unreal Engine позволяет сделать приложение, которое будет функционировать на разных платформах (Android, Xbox, PS, Switch, iOS, Windows);

5. Большая база пользователей. За годы у данного приложения появилось много пользователей, которые готовы поделиться своим опытом и наработками в тематических сообществах и форумах.

6. Возможность применения в неигровой индустрии. Например, в Broadcast телевидении или кинематографе.

К недостаткам данного игрового движка можно отнести следующее:

1. Самый главный минус - завышенная цена в магазине на контент. Очень часто цена на нужные вещи оказывается в районе 100\$. И нередко бывают проблемы со совместимостью.

2. Очень мало универсального контента, по сравнению с Unity.

3. Требовательность к системе. Unreal хорошо нагружает компьютер. Особенно, если ваш проект имеет не оптимизированную графику и код.

Таблица 1

Преимущества и недостатки Unreal Engine

Преимущества	Недостатки
Широкий функционал	Завышенная цена в магазине на контент
Визуальное программирование	Мало универсального контента
Бесплатная лицензия	Требовательность к системе
Возможность создать кросс-платформер	
Большая база пользователей	

GameMaker Studio 2 – это удобный инструмент для начинающих разработчиков. Внутри него есть собственный магазин готовых спрайтов, звуковых

дорожек, графических карт, анимационных объектов и др. Есть все, чтобы использовать этот движок как конструктор и не заострять внимание на «чистом» программировании. Изначально он был рассчитан на создание только 2D-игр. 3D-графика ему также подвластна, но она не самого лучшего качества. На GameMaker Studio 2 можно моделировать игры для различных популярных платформ, например, для Windows, Linux, MacOS, Android, iOS, для игровых приставок и даже просто для web. Этот движок не просто легкий в освоении, но и довольно продуктивный, поэтому подойдет не только для начинающих разработчиков, но и для уже профессионалов своего дела. Как и у любого другого инструмента для программирования чего-либо, у GameMaker Studio 2 есть свои преимущества и недостатки (см. табл. 2).

Среди преимуществ можно выделить:

1. Наличие графического интерфейса, что позволяет создавать игры, не прибегая к написанию скриптов.
2. Кроссплатформенность, которая открывает возможность моделировать игры для различных операционных систем в одном инструменте.
3. Невысокая цена и бесплатный тестовый период, во время которого вы можете попробовать этот инструмент и решить, стоит ли за него платить. Хотя и стоит он относительно недорого – 99\$ за пожизненную лицензию.
4. Собственный язык программирования, который имеет много общего с другими популярными языками, что облегчает его изучение.
5. Можно настроить интегрирование со многими интернет-площадками для распространения игр.
6. Собственный магазин готовых решений для создания игр: спрайты, анимации, элементы и др.
7. Большое сообщество, где всегда можно отыскать ответ на возникшую проблему с созданием игры.

А к недостаткам можно отнести:

1. Плохое качество 3D-игр, поэтому можно считать, что для таких игр данный движок не подходит. Однако разработчики GameMaker Studio обещают это в скором времени исправить.

2. Игры, сделанные на GameMaker Studio 2, невозможно перенести на другие движки. Например, если в будущем вы захотите перенести свою игру на Unity, то сделать это не получится.

Таблица 2

Преимущества и недостатки GameMaker Studio 2

Преимущества	Недостатки
Кроссплатформенность	Плохое качество 3D-игр
Наличие графического интерфейса	Отсутствие возможности переноса на другие движки
Бесплатный тестовый период	
Собственный язык программирования	
Магазин готовых решений	

Unity – один из самых известных игровых движков, благодаря которому созданы многие игры. По данным статистики около 50% всех игровых приложений созданы именно с помощью этого программного обеспечения, например, BadPiggies (головоломка для решения различных задач), Firewatch(приключения пожарника Генри, диалоги с начальницей), Rust (игра симулятор выживания). Unity – это игровой движок, на котором разрабатывают мобильные игры и проекты для ПК (Windows, iOS, Linux) и консолей, например, для Xbox, PlayStation[3]. В нем есть разные компоненты для работы с графикой, анимацией, физикой объектов, звуком, шаблонами и скриптами.

Это удобный бесплатный инструмент для начинающих разработчиков, в нем можно создавать проекты в одиночку. Некоторые игровые движки созданы под конкретные жанры или отдельные игры. Например, польская студия CD Projekt RED создала REDengine, на котором разработаны серии «Ведьмак» и Cyberpunk 2077. Unity можно считать универсальным мультиплатформенным

движком, на котором создаются игры разных жанров (платформеры, шутеры, RPG и так далее)[4].

К преимуществам данного игрового движка можно отнести (см. табл. 3):

1. Доступность. Начать разработку и выпускать свои первые проекты можно бесплатно с тарифом Personal, он предназначен для частных лиц и небольших организаций с доходом менее \$100 тыс. за 12 месяцев. Когда этих возможностей будет недостаточно, можно переключиться на более продвинутые тарифы Plus или Pro. На этих тарифах есть доступ к аналитике и решения для монетизации проектов.

2. Низкий порог вхождения в разработку. Собрать игру на Unity получится, даже если вы не умеете писать код. В библиотеке Asset Store есть бесплатные шаблоны персонажей, звуков и фонов, которые можно использовать в первых проектах. На официальном сайте движка есть статья «How to make a game with no coding in Unity», в которой подробно описываются инструменты, необходимые новичкам для создания игр.

3. Обучение. Для новичков создали подробные обучающие материалы в разделе Learn, где объясняется, как создать проект, разместить персонажа, создать для него окружение, научить взаимодействовать с предметами, создавать разные уровни сложности и в итоге собрать первый проект. Такое доступное и бесплатное обучение — важная особенность Unity.

4. Поддержка сообщества. Комьюнити Unity-разработчиков большое, поэтому велика вероятность, что с вашей проблемой кто-то уже сталкивался. Есть форум, раздел «Ответы» на официальном сайте и индивидуальные консультации Unity Live Help, которые будут помогут справляться с трудностями.

Unity – отличный движок для мелких мобильных проектов, но для AAA-игры это не самый подходящий инструмент [5]. Вот несколько причин (см. табл. 3):

1. Производительность. Нужно хорошо знать тонкости разработки пользовательского интерфейса, чтобы сделать игру производительной.

2. Оптимизация. Кроссплатформенные и кроссжанровые движки имеют меньшую производительность по сравнению с узконаправленными движками. Это влияет на скорость работы, качество графики и FPS (частота кадров в секунду). Оптимальный диапазон кадров для качественной картинке в игре — 30-60 FPS. Чтобы добиться стабильного результата, разработчики игр уровня AAA (triple-A, высокобюджетные компьютерные игры) создают собственные движки под проекты[6].

3. Нет шаблонов. Простой проект можно собрать на плохом коде. Но как только игра становится чуть сложнее, нужна хорошо продуманная архитектура, иначе ее не получится выпустить.

Таблица 3

Преимущества и недостатки Unity

Преимущества	Недостатки
Низкий порог вхождения в разработку	Производительность
Доступность	Оптимизация
Обучение	Отсутствие шаблонов
Поддержка сообщества	

После проведения аналитического обзора Unity, Unreal Engine, Game Maker Studio2, также был проведен сравнительный анализ этих игровых движков. Результатами данных анализов стала итоговая таблица с некоторыми характеристиками (см. табл. 4).

Таблица 4

Итоговая таблица

Характеристики	Unreal Engine	Unity	Game Maker Studio 2
Используемый язык программирования	C++	C#	GameMaker Language
Стоимость лицензии	Бесплатная версия, платная – 399\$ в год	Бесплатная версия, при заработке 1 млн – 5% выплаты	Бесплатный тестовый период
Формат разрабатываемых игр	Основа - 3d, сложный функционал для 2d игр	3d и 2d игры	Создан для 2d игр, возможность для создания 3d игры
Легкость в изучении	Идеально для профессиональных разработчиков	Прост в изучении, подходит как начинающим, так и продвинутым	Идеально для изучения проектирования 2d игры

Характеристики	Unreal Engine	Unity	Game Maker Studio 2
Наличие обучающего контента	Мало хороших курсов, не так много интернет-ресурсов для изучения	Широкий спектр курсов для разного возраста, большое количество статей	Скудный спектр обучающего материала
Системные требования	Процессор: NVIDIA GTX 1080 или AMD Radeon RX Vega 64, 32 ГБ оперативной памяти и 100 ГБ свободного места, видеокарта: с поддержкой DirectX 11 или DirectX 12, операционная система: Windows 10 64-разрядная	Процессор: многоядерный Intel или AMD с поддержкой набора инструкций SSE, видеокарта: с поддержкой DX10, DX11, или DX12, операционная система: Windows 7 (SP1+) / 10 64-разрядная, оперативная память – 32Гб	Процессор: 64bit Intel compatible Dual Core CPU, оперативная память: 2 GB, операционная система: Microsoft 64bit Windows 7, видеокарта: DX11 compliant graphics card, свободное место на диске 3 GB

### **Выводы**

Если вы начинающий разработчик и стоите перед выбором, учиться и творить следует начать в Unity. После того, как придет опыт и захочется создать что-то грандиозное можно переключиться на Unreal – это идеальный движок, если вы хотите выжать максимум из графики и игрового процесса. Unity выиграет тем, что это C#, писать на котором намного проще и легче. У Unity огромное сообщество, и на YouTube можно найти много инструкций, поэтому даже без навыков программирования с помощью этого движка можно реализовать что-то несложное. У Unity слегка ниже системные требования, сам движок и проекты на нем занимают меньше места на диске.

С другой стороны, при создании небольших 2D и 2,5D-игр, Game Maker Studio 2 – лучший выбор, особенно когда речь о продукте с сенсорным интерфейсом. Обратная сторона – закрытый код Unity и без Bolt (инструмент виртуального программирования), поэтому нужно научиться программировать. Но обучение относительно простое из-за множества бесплатных и платных курсов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арам Куксон, Райан Даулингсока, Клинтон Крамплер. Разработка игр на Unreal Engine за 24 часа. [перевод с английского М.Ф. Райтман] – Москва : Эксмо, 2019. – 528 с. ISBN 978-5-04-103162-6. С. 326-340
2. Joanna Lee. Learning Unreal Engine Game Development. — Published by Packt Publishing Ltd. Livery Place Birmingham B3 2PB, 2016. – 274с: UK. ISBN 978-1-78439-815-6 С. 145-150
3. Гибсон Бонд Джереми. Unity и C#. Геймдев от идеи до реализации. 2-е изд. — СПб.: Питер, 2019. — 928 с.: ил. — (Серия «Для профессионалов»). ISBN 978-5-4461-0715-5. С. 43-56
4. Джозеф Хокинг. Unity в действии. Мультиплатформенная разработка на C#. 2-е межд. изд. — СПб.: Питер, 2019. — 352 с.: ил. — (Серия «Для профессионалов»). ISBN 978-5-4461-0816-9. . С. 129-135
- 5.Кенни, Л. Шейдеры и эффекты в Unity. Л. Кенни. - Москва: ДМК Пресс, 2014. - 274 с. ISBN 978-5-94074-737-6. С. 65-67
- 6.Торн, А. Искусство создания сценариев в Unity / А. Торн. - Москва: ДМК Пресс, 2016. – 360 с. С. 28-33



УДК 51-74

С. И. БЕРГ

*bergserzhik@yandex.ru*

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. Р. В. НАСЫРОВ

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОТЕЗА БЕДРЕННОЙ КОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИОРАЗЛАГАЕМЫХ СТРУКТУР**

*Аннотация.* В данной статье рассмотрены существующий процесс создания медицинских имплантов и рассмотрена возможность по его улучшению.

*Ключевые слова:* математическое моделирование; биоразлагаемые структуры; импланты;

Одной из главных проблем в медицине, является восстановление подвижности человека после травм, в некоторых случаях достаточно и собственных ресурсов организма для восстановления, бывают случаи когда невозможно восстановить утраченную подвижность человека собственными ресурсами организма, в таких случаях применяют протезы (импланты) для восстановления подвижности. Импланты, как правило, изготавливают из прочных металлов и сплавов. Тем не менее клиническая практика показывает, что время консолидации перелома практически не изменилось за последние 100 лет, к полной нагрузке при остеосинтезе приступают не ранее 4-6 месяцев, а период нетрудоспособности достигает 10-12 месяцев даже при положительном исходе. Одна из причин этого – отсутствие в процессе лечения биоактивных имплантов, которые бы ускоряли репаративный остеогенез[1].

На данный момент изготовление имплантов это сложный, полуавтоматический процесс требующий учета огромного количества факторов влияющих на репаративный остеогенез, вплоть до шероховатости импланта, в связи с чем изготовление каждого импланта требует огромных затрат ресурсов (человеческих, материальных и др.), в связи с чем для уменьшения затрат ресурсов, процесс создания импланта необходимо усовершенствовать, для чего необходимо максимально автоматизировать процесс изготовления имплантов. Ниже рассмотрим возможный состав подобного биоактивного импланта.

Типичным представителем биоактивных материалов можно выделить биостекло, биологически активный материал, на основе силикатного стекла, состоящий из стекловидной матрицы и микрокристаллов, применяемый для восстановления костей. Биоактивные стекла относятся к керамике, способной взаимодействовать с тканями организма. После интеграции, контактируя со слюной или любой физиологической жидкостью, биостекла способствуют образованию слоя карбонизированного гидроксиапатита и активации эндогенной реминерализации поврежденной ткани, однако данный материал отличается повышенной хрупкостью, принцип работы биостекла приведен на рисунке 1.

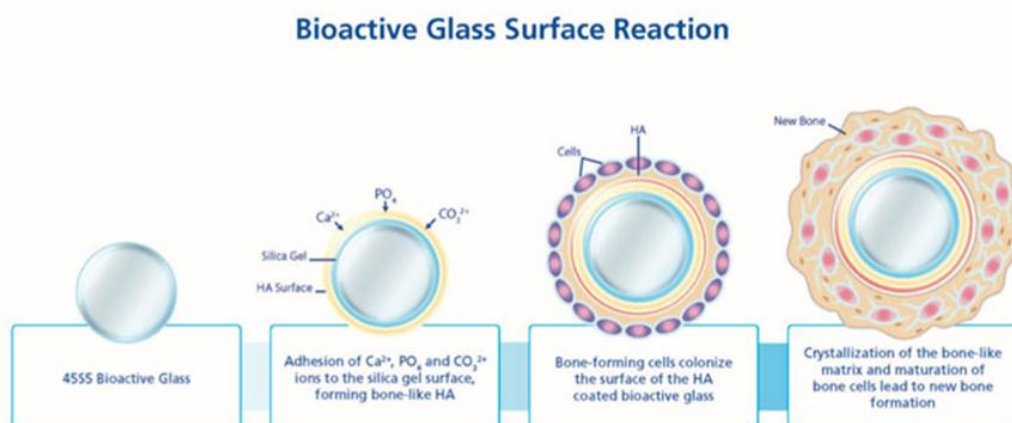


Рис. 1. Принцип работы биостекла

Также в качестве материала для импланта можно использовать биоразлагаемые полимеры. В состав биоразлагаемых полимеров входят молочная кислота (L-лактид: Очень прочный, долго распадается); гликолевая кислота (гликолид: Очень быстро резорбируется); L,D-лактид: Пластичный, образует быстро разрушаемую кристаллическую решетку; триметилен карбонат (ТМС: Пластичный). Эти составляющие являются естественными для организма человека. Для каждого имплантата подбирается оптимальное соотношение данных полимеров, в зависимости от тех свойств, которыми должен обладать конечный продукт (прочность, эластичность, пластичность, время деградации)[2][3]. Благодаря своему составу, биodeградируемые имплантаты с течением времени рас-

падают путем гидролиза в альфа-гидроксильные кислоты и метаболизируются организмом.

Биоразлагаемые полимеры в силу своего состава не стимулируют рост костной ткани сами по себе, в связи с чем, сам протез предлагается изготавливать как композитный материал состоящий из биоразлагаемого полимера (армирующего элемента) и биостекла (матрицы), также в импланте может находиться полость для заполнения донорским костным мозгом(при необходимости). Армирующие компоненты обеспечивают необходимые механические характеристики материала, а матрица как связующее вещество, обеспечивает их совместную работу, объединяя прочностные свойства обоих компонентов, а также их защиту от механических повреждений. Путем подбора состава и свойств наполнителя и матрицы, их соотношения, ориентации наполнителя, можно получить материал с требуемым сочетанием эксплуатационных и технологических характеристик. Также важно отметить, что одним из факторов ускоряющих репаративный остеогенез является шероховатость материала[1].

Для обеспечения подвижности пациента имплант должен выдерживать все необходимые нагрузки, ведь до образования новой костной ткани он принимает нагрузку на себя. В тех случаях, когда имплант не обладает достаточной жесткостью, прочностью, упругостью, под влиянием нагрузки он деформируется и ломается.

Теоретический расчет прочности имплантов является необходимым, т.к. позволяет дополнительно определить сравнительные характеристики стандартных имплантов, выпускаемых на данный момент, и новых имплантов, выполненных по композитной технологии. Одним из ключевых фактом помимо состава импланта является его конфигурация, обеспечивающая его наибольшую прочность. Клиническая практика показывает, что наиболее слабым местом для бедренной кости является поперечный изгиб шейки бедренной кости. Опасный изгиб может произойти при значительном отклонении кости от вертикального положения и при одновременном нагружении, можно привести пример то, как

если пациент оступился, запнулся, резко присел и т.п. Основными факторами влияющими на прочностные и эксплуатационные характеристики импланта, можно выделить: состав материалов импланта, конфигурация и внутренняя структура импланта. В силу того, что химический состав подобного импланта уже проработан, ключевую роль в создании импланта, на данный момент, является его форма и внутренняя структура (конфигурация). Таким образом одной основной проблемой в создании данного композитного протеза является правильная конфигурация армирующего биоразлагаемого полимера для обеспечения максимальной прочности протеза. Для данного расчета предлагается использовать метод конечных элементов т.к. данный метод хорошо себя показывает при прочностных расчетах сплошных сред сложной конфигурации.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Остеоинтеграция биоактивных имплантатов при лечении переломов длинных трубчатых костей : учебное пособие / А. В. Попков, Д. А. Попков, Н. А. Кононович [и др.]. — Томск : ТПУ, 2017. — 304 с. — ISBN 978-5-4387-0783-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/106759> (дата обращения: 14.09.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Timothy A. Turvey. Biodegradable Bone Plates and Screws for Orthognathic Surgery: Five Year Experience. Oral Abstract Session 5: Orthognathic/Wound Repair., 2004, pp. 58
3. Siegfried JANK, Frank R. KLOSS, Janne T. NURMI, Juha-Pekka NUUTINEN, Sanna JAKONEN, Harri HAPPONEN. Pullout strength of a biodegradable free form osteosynthesis plate. Journal of Cranio-Maxillo-Facial Surgery (2010) 38, 517-521

Г. Р. ВАГАПОВА

gulsumv@bk.ru

Науч. руковод. – д-р. техн. наук, проф. Е. А. МАКАРОВА

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ АНАЛИЗА ДАННЫХ О ПРОМЫШЛЕННОМ ПОТЕНЦИАЛЕ РЕГИОНОВ

**Аннотация.** В статье рассматриваются функциональные возможности интеллектуальной системы анализа данных о промышленном потенциале регионов при проведении компонентного анализа данных.

**Ключевые слова:** компонентный анализ; промышленный потенциал; анализ данных; коэффициент информативности; главная компонента.

Исследованием потенциала промышленности регионов занимаются многие аналитические группы и рейтинговые агентства. Результатами данных исследований являются большие объемы данных, которые необходимо анализировать. Для этого применяют системы интеллектуального и статистического анализа данных, в том числе и компонентный анализ данных, которые выявляют нетривиальные, скрытые, содержательные закономерности в больших объемах сложно структурируемых данных. Компонентный анализ данных (метод главных компонент) реализован во многих программных продуктах, например, в *Statgraphics* и *Statistica*. В таблице 1 представлено сравнение этих программных продуктов по характеристикам проведения компонентного анализа данных.

Таблица 1

Сравнение программных продуктов по характеристикам проведения компонентного  
анализа данных

Характеристики компонентного анализа данных	<i>Statgraphics</i>	<i>Statistica</i>
Расчет весовых коэффициентов и их визуализация	есть	есть
Вывод формирования файла с весовыми коэффициентами	нет	нет
Визуализация данных в виде 2D диаграммы	есть	есть
Расчет коэффициента информативности	нет	нет
Формирование названий для главных компонент	нет	нет

По таблице 1 видно, что многие особенности компонентного анализа данных не реализовано в *Statgraphics* и *Statistica*. Как правило, нереализованные возможности требуют применения других программных продуктов, таких как *Excel*.

Произведена разработка интеллектуальной системы анализа данных, в которой есть возможность проведения компонентного анализа. В системе реализованы функциональные возможности, которые отсутствуют в распространенных программных средах, а именно: вывод и формирование файла с весовыми коэффициентами, расчет коэффициента информативности, формирование названий для главных компонент. Для этого произведена разработка алгоритма расчета коэффициента информативности и формирования названий для главных компонент.

На рисунке 1 представлена блок-схема процесса расчета коэффициента информативности и формирования названий для главных компонент. По ней видно, что:

1. сначала формируется вектор коэффициентов главной компоненты ( $K_i$ );
2. элементы вектора коэффициентов главной компоненты ( $K_i$ ) упорядочиваются в порядке возрастания;
3. выбираются коэффициенты, не участвующие в формировании названия для главной компоненты;
4. выбираются коэффициенты, участвующие в формировании названия для главной компоненты ( $K_{hi}$ );
5. рассчитывается коэффициент информативности ( $k_{инф}$ ) для вектора  $K_{hi}$ ;
6. если  $k_{инф} < 0,75$ , в вектор  $K_{hi}$  добавляется соседний коэффициент из вектора  $K_i$  и осуществляется переход к пункту 5;
7. если  $k_{инф} \geq 0,75$ , то формируется название для главной компоненты.

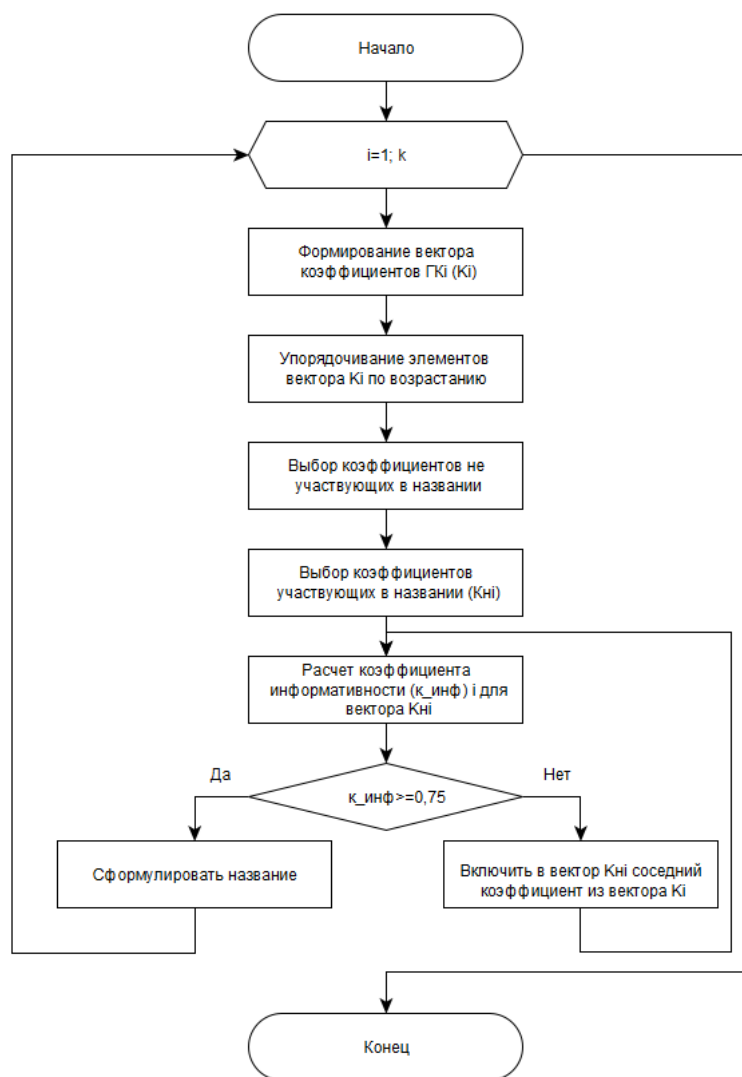


Рис. 1. Блок-схема расчета коэффициента информативности и формирования названий для главных компонент

Таким образом, представлены функциональные возможности интеллектуальной системы анализа данных о промышленном потенциале регионов, которые позволяют выводить и формировать файл с весовыми коэффициентами, рассчитывать коэффициент информативности, формировать названия для главных компонент.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ильясов Б. Г., Макарова Е. А., Габдуллина Э. Р. Методические указания «Изучение методов интеллектуального анализа данных: компонентный анализ, кластерный анализ» к лабораторному практикуму по дисциплине «Интеллектуальные технологии и представление знаний» // Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т – Уфа, 2007. – 30 с.
2. Дубров А.М. Компонентный анализ и эффективность в экономике: Учеб. пособие. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 352 с.

УДК 685.3

Р. Р. КАМАЕВА

*regina.kamaeva.00@mail.ru*

Науч. руковод. – д-р. техн. наук, проф. Е. А. МАКАРОВА

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **АГЕНТ-ОРИЕНТИРОВАННАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ РАСХОДОВ ДЛЯ КЛАСТЕРОВ ДОМОХОЗЯЙСТВ**

**Аннотация.** В статье представлена диаграмма состояний агент-ориентированной модели формирования потребительских расходов, реализованная в среде моделирования *AnyLogic*, а также представлены результаты проведения базового сценария имитации.

**Ключевые слова:** агент-ориентированная моделирование, потребительские расходы, кластер.

Экономика современной России характеризуется наличием множества проблем, связанных с недостаточными денежными доходами населения, а также высокой степенью дифференциации населения по доходам. Это приводит к возникновению проблем с недостаточно высокими потребительскими расходами населения, которые, в свою очередь, свидетельствует о снижении потребительского спроса как важного компонента роста внутреннего валового продукта (ВВП). Согласно отчетам Министерства экономического развития и Росстата, доля расходов на конечное потребление в структуре ВВП по итогам 2021 года составила 67,9%, что на 3,3% меньше чем в 2020 году, из них доля конечного потребления домашних хозяйств – 49,7%, в отличие от 50,7% в 2020 году [1].

Для анализа распределения денежных доходов принято разделять население на пять 20-процентных групп (кластеров), где первая группа имеет наименьшие доходы, а пятая – наибольшие. Исходя из размера своих доходов, группы населения формируют структуру расходов, которые разделяются на потребительские расходы и сбережения.

В рамках исследования проблемы управления доходами и расходами кластеров домохозяйств разработана агент-ориентированная модель процесса формирования потребительских расходов в среде *AnyLogic*.



При моделировании на основе агентов созданы пять кластеров домохозяйств, а также задано их поведение, в которое входят потребительские расходы и сбережения. Диаграмма состояний первого кластера представлена на рисунке 1. Диаграммы состояний для остальных четырех групп домохозяйств аналогичны.

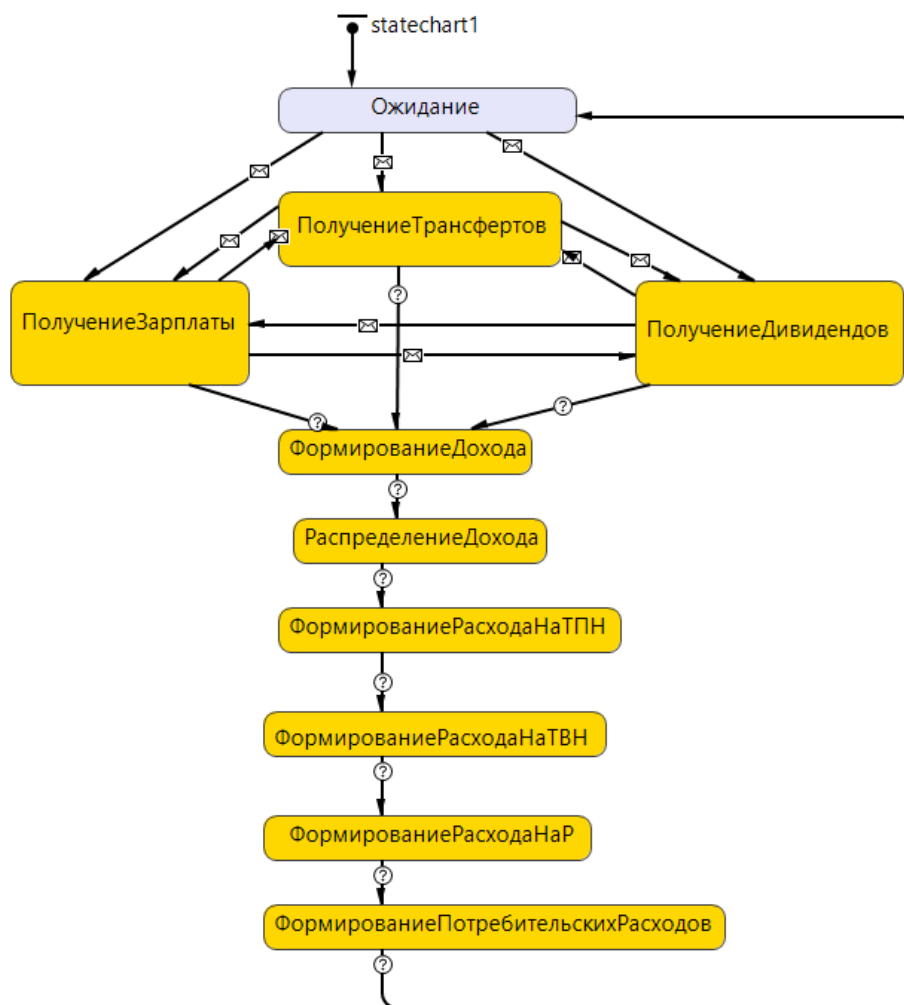


Рис. 1. Вид интерфейса деятельности кластера беднейших

В состоянии «Ожидание» осуществляется обнуление денежных доходов и суммарного потребительского расхода. Согласно этому состоянию каждый месяц агент получает три сообщения: о зачислении трансфертов от государственного сектора, о зарплате от реального сектора и о дивидендах от других секторов. Все значения формируются с учетом случайных воздействий внешней среды и долей доходов для кластера беднейших. Далее агент формирует доходы и долей доходов для кластера беднейших. Далее агент формирует расходы

в состоянии «Формирование Дохода», где реализация заключается в суммировании значений доходов от каждого сектора. Далее агент переходит в «Распределение Дохода», где формируются потребительские расходы и сбережения. Затем агент последовательно переходит в состояние «Формирование Расхода На ТПН», где реализуются расходы на товары первой необходимости, потом «Формирование Расхода на ТВН», где реализуются расходы на товары второй необходимости, и «Формирование Расхода на Р», где реализуются расходы на предметы роскоши. В конце, агент формирует потребительские расходы, где суммируется потребление агента каждый месяц и возвращается в состояние «Ожидание». Агент проходит данный круг каждый месяц.

Для проверки имитации агент-ориентированной модели потребительских расходов для кластеров домохозяйств проведен базовый сценарий. Единицей измерения моделирования является месяц, период проведения эксперимента равен 60 месяцам. В данном эксперименте (рисунок 2) моделируется потребительское поведение с заданными параметрами и коэффициентами:

- Доход от Бюджета реального сектора – 64 у.д.е;
- Доход от государства – 19 у.д.е.;
- Доход от других сектор – 20 у.д.е.

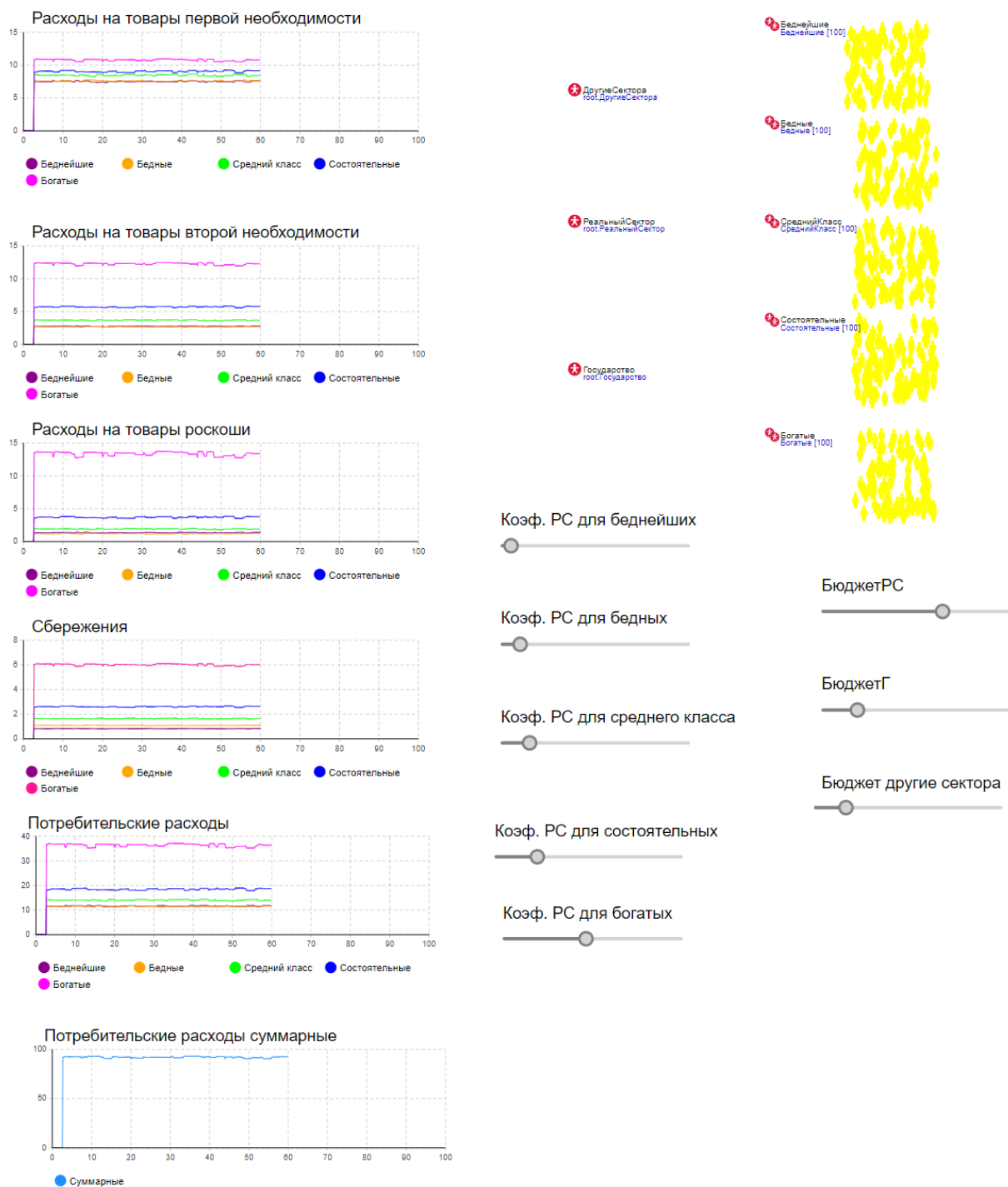


Рис. 2. Базовый эксперимент

Таким образом, представлена агент-ориентированная модель формирования потребительских расходов, реализованная в среде моделирования *AnyLogic*. На основе разработанной модели проведено исследование базового сценария, которое показало существенное преимущество кластера богатых над всеми остальными кластерами.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Социально-экономическое положение России. Январь-ноябрь 2021 года. [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/osn-11-2021.pdf>.
2. Модели социальных процессов: Учебное пособие для высших учебных заведений. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - М.: Логос, 2001.-296 с.

УДК 330.88

А. А. МЕДНОВА, Р. К. АБАБКОВ

*angelina.mednova@internet.ru, roman.k-9@mail.ru*

Науч. руковод. –канд. техн. наук, доц. Р. Р. КАРИМОВ

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **ЧАТ-БОТ ДЛЯ КООРДИНАЦИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРСОНАЛА ПО ОБСЛУЖИВАНИЮ ОБОРУДОВАНИЯ УДАЛЕННО СТАНЦИИ ЦИФРОВОГО НАЗЕМНОГО ТЕЛЕРАДИОВЕЩАНИЯ**

*Аннотация.* Рассматривается создание чат-бота, с помощью которого персонал сможет сообщать о неисправностях оборудования, которые произошли на станции цифрового наземного телерадиовещания (СЦНТВ).

*Ключевые слова:* чат-бот; неисправность; telegram; станция.

Основным видом деятельности Федерального государственного унитарного предприятия «Российская телевизионная и радиовещательная сеть» (РТРС) является оказание услуг связи для целей эфирного телерадиовещания.

РТРС определено государственным оператором связи, осуществляющим эфирную наземную трансляцию общероссийских обязательных общедоступных телеканалов и (или) радиоканалов, а также эфирную цифровую наземную трансляцию телеканалов, получивших право на осуществление эфирного цифрового наземного вещания с использованием позиций в мультиплексах.

Предприятие осуществляет эфирную наземную трансляцию обязательных общедоступных телеканалов и радиоканалов во всех субъектах Российской Федерации. В состав РТРС входят 78 филиалов: региональных, республиканских, краевых и областных радиотелевизионных передающих центров (РТПЦ).

Сеть связи РТРС также задействуется для обеспечения передачи в эфир сигналов оповещения или экстренной информации о возникающих опасностях, о правилах поведения населения и необходимости проведения мероприятий по защите при угрозе возникновения или возникновении чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, а также при ведении военных действий или вследствие этих действий.

С каждым днем все труднее представить современного человека без смартфона. За его экранами человек проводит большую часть жизни. Мобильные приложения становятся незаменимыми помощниками как по работе, так и по учебе. С каждым днем становится все больше и больше различных приложений, мессенджеров и т.д. Одним из наиболее популярных мессенджеров является Telegram. Большинство компаний создают различные информационные каналы, чат-боты для удобства пользователей. В мессенджере предусмотрена масса полезных инструментов не только для общения, но и для бизнеса.

Лидером в рейтинге мессенджеров – Telegram. Он является наиболее быстрым обменом сообщениями. А еще он бесплатный, безопасный, а главное с удобным и понятным интерфейсом. Telegram легко синхронизируется с различными устройствами, а также есть возможность установить на ПК.

Основные возможности Telegram:

- Отправка файлов с различными форматами, весом до 1,5 Гб;
- Создание новостных каналов;
- Создание чат-ботов;
- Безопасность соединения и данных;
- Высокая скорость отправки видео и фото;
- Высокая скорость отправки сообщений;
- Возможность создания собственных стикеров;
- Создание секретных чатов;
- Создание беседы с большим количеством участников.

Конечно, другие мессенджеры также имеют подобные функции, но только Telegram смог объединить все эти функции в своем мессенджере и сделать понятный и логичный интерфейс.

На предприятии была поставлена задача создать чат-бот, который должен уметь оповещать сотрудников о том, что в каком-то районе произошла неисправность и ее нужно починить. Чат-бот разработан для определенных сотрудников, которые занимаются исправлением неисправностей. Чтобы сотруднику

каждый раз не звонить и не объяснять коллегам, что и где сломалось, а также не тратить время, был разработан чат-бот, где сотруднику достаточно кратко описать неисправности, остальное бот сделает за него, он оповестит необходимых сотрудников о том, что произошла неисправность по почте.

Для понимания логики работы чат-бота приведем мнемосхему, поясняющую принцип работы чат-бота для взаимодействия специалиста по устранению неисправностей в части решения задачи учета неисправностей на оборудовании СЦНТВ и координаций действий персонала.

Например, есть территориально-удаленный объект (вышка СЦНТВ), который необходимо обслуживать, в частности проверять исправность оборудования и устранять неполадки. Для повышения эффективности и скорости информирования персонала и устранения неисправностей используется чат-бот. Чат-бот принимает заявки о неисправностях, а также уведомления об устраненных неисправностях. Схема взаимодействия специалиста по устранению неисправностей и персонала представлена ниже (Рисунок 1).

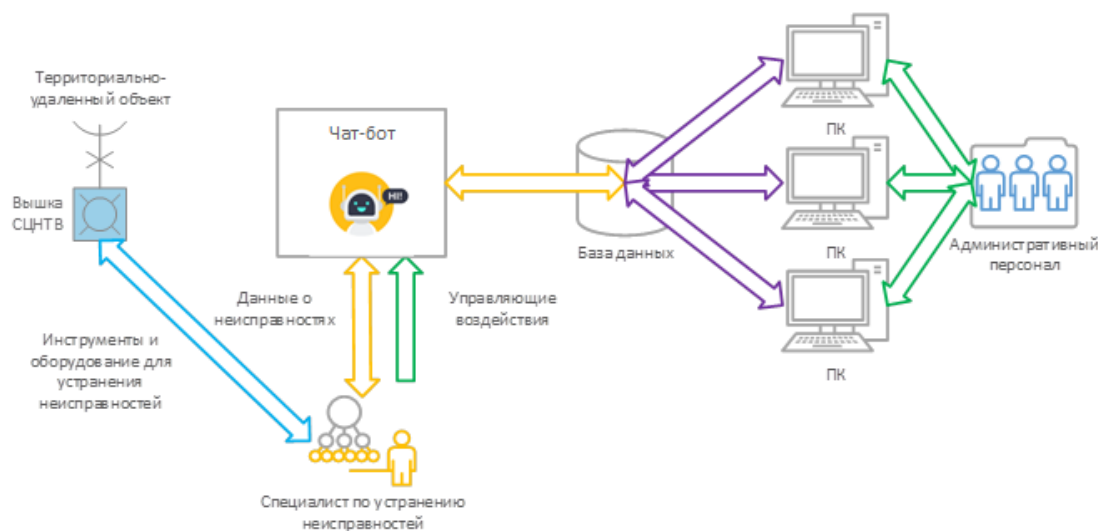


Рис. 1. Мнемосхема взаимодействия специалиста по устранению неисправностей и персонала

Во время производственной практики от базы ФГУП «РТРС РБ» получена задача разработать чат-бота телеграм для решения задачи учета неисправностей на оборудовании СЦНТВ и координаций действий персонала.

Задачи:

1. Разработка модели учета неисправности на оборудовании СЦНТВ;
2. Обоснования выбора метода и разработка алгоритма учета неисправности оборудования;
3. Программная реализация чат-бота Telegram для учета неисправности и координации действий персонала;
4. Исследование эффективности информационно-аналитической поддержки процесса учета неисправности и координации действий персонала.

Для предприятия был разработан интерфейс для чат-бота:

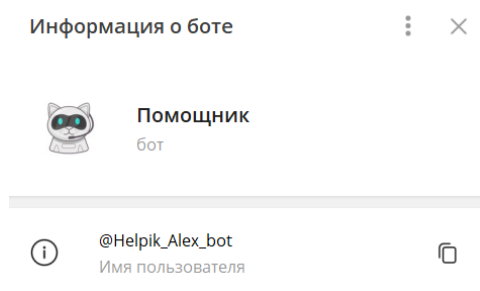


Рис. 2. Информация о чат-боте

Для того, чтобы начать общаться с ботом необходимо нажать на кнопку «/start». Бот в ответ напишет «привет» и выдаст клавиатуру для того, чтобы мы могли выбрать необходимое действие (рис. 3).

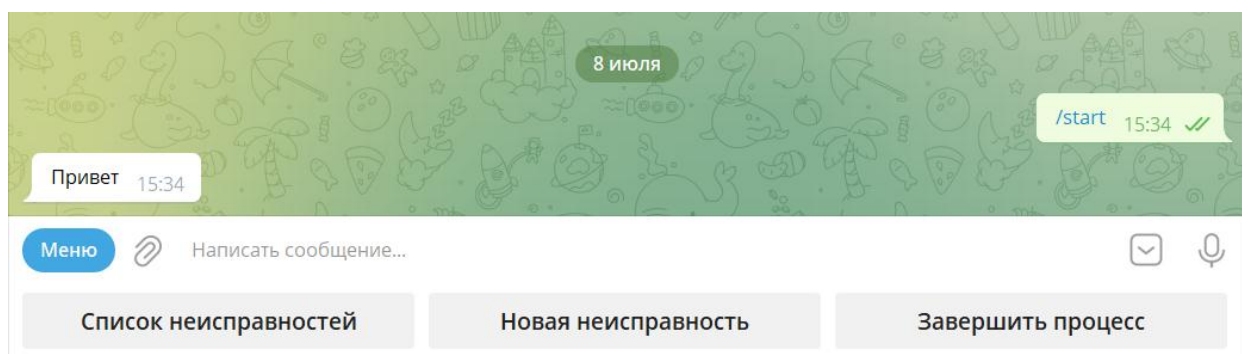


Рис. 3. Главная страница бота

Чтобы сообщить о том, что в каком-то районе произошел сбой. Бот нам выдает список районов, в котором нужно выбрать район расположения неисправной СЦНТВ (рисунок 4).



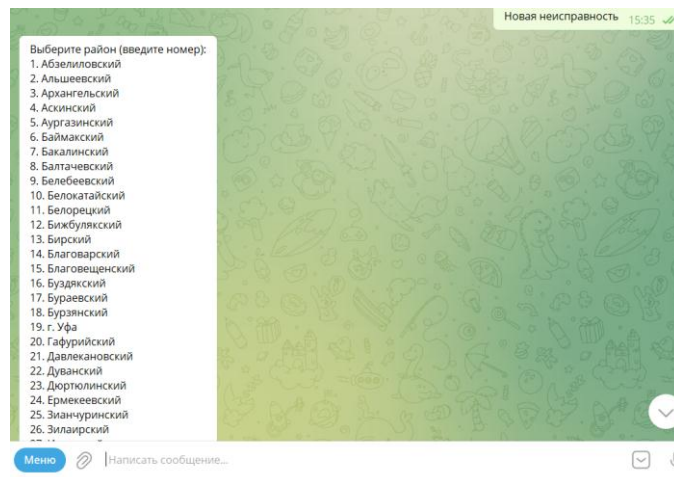


Рис. 4. Новая неисправность

После того как выбрали район, необходимо выбрать станцию (Рисунок 4).

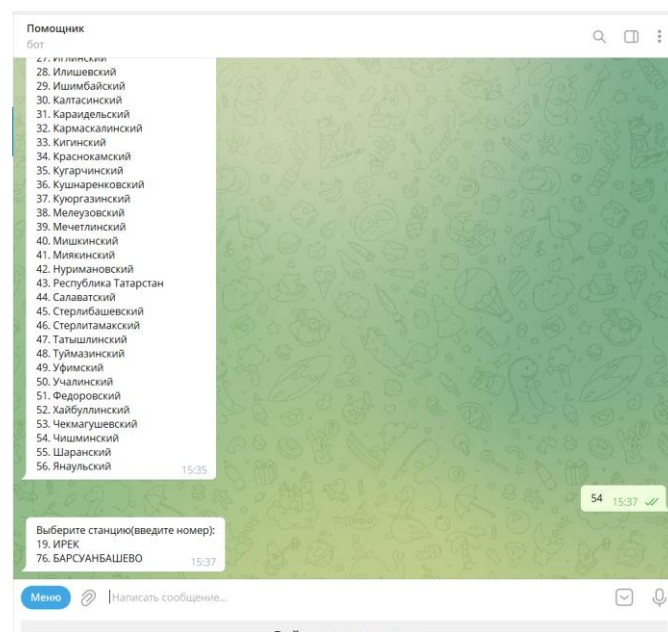


Рис. 5. Выбор района

После выбора станции нам нужно выбрать из списка устройство в котором произошел сбой, если такого устройства нет, то выбираем другое и описываем проблему (рисунок 6).

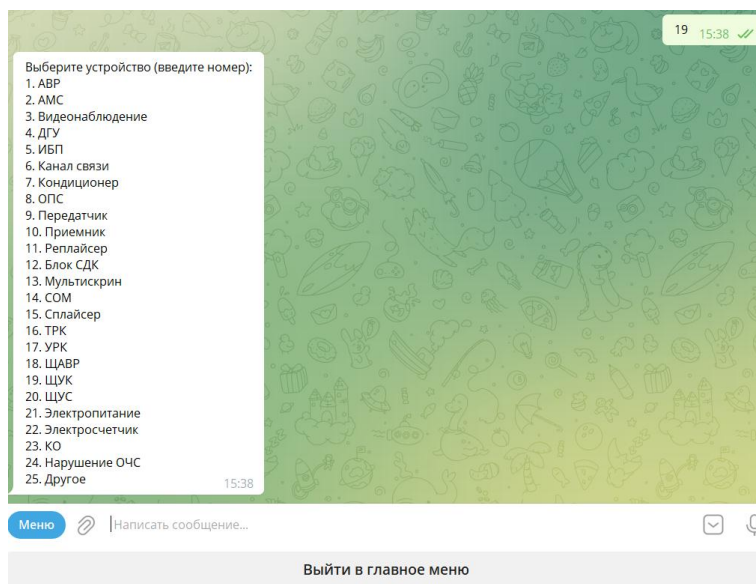


Рис. 6. Выбор станции

После выбора поломку необходимо описать, указать, область предполагаемой неисправности (рисунок 7).

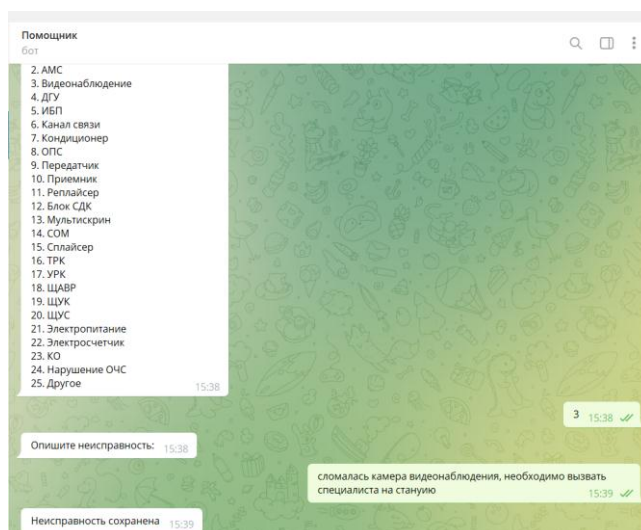


Рис. 7. Выбор неисправности

Чтобы не искать долго, где и какая неисправность произошла, достаточно просто нажать на кнопку «список неисправностей». И бот нам выдаст все возможные неисправности с номером станций, с датой и временем, а также с названием станции (рисунок 8).

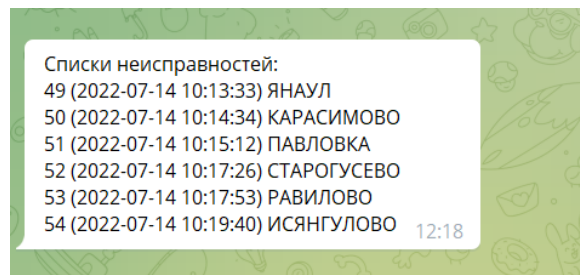


Рис. 8. Вывод всех неисправностей

После устранения поломки необходимо закрыть неисправность. Для этого нажимаем на кнопку «закрыть неисправность» (рисунок 9).

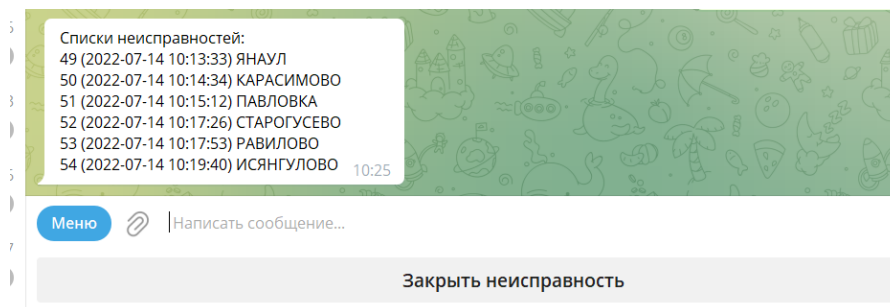


Рис. 9. Закрыть неисправность

После того, как нажали на «закрыть неисправность» нам нужно выбрать, какую именно неисправность мы починили, для этого у каждой неисправности есть свой порядковый номер. Также необходимо записать, что именно мы починили и только тогда закроется неисправность (рисунок 10).

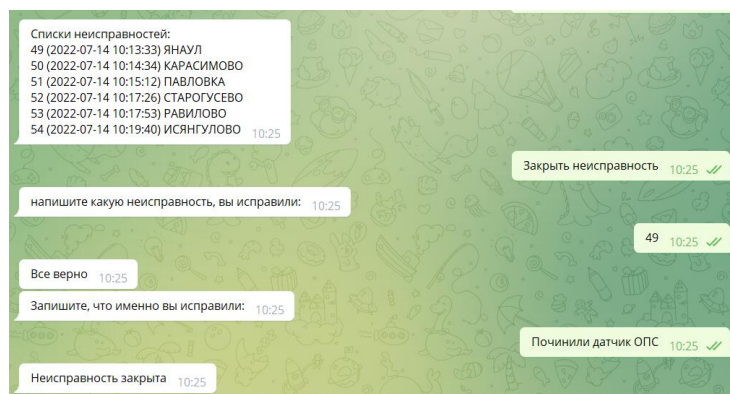


Рис. 10. Выбор порядкового номера

После мы снова открываем список неисправности и видим, что неисправности под №49 нет, значит она успешно закрыта (рисунок 11).

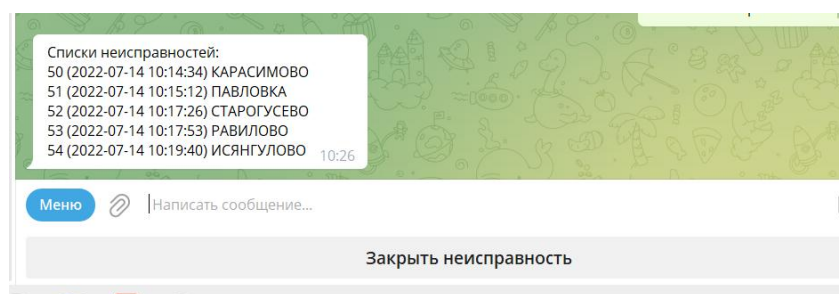


Рис. 11. Списки неисправности

После того как пользователь отправил боту запрос о том, что на участке произошла неисправность, бот отправляет всем сотрудникам оповещение на почту о том, что необходимо вызвать бригаду и починить то, что сломалось.

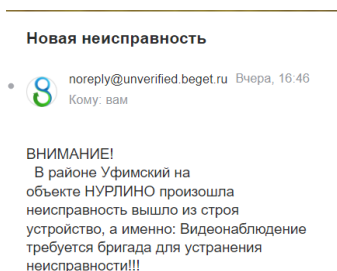


Рис. 12. Сообщение о новой неисправности

Таким образом, внедрение данного чат-бота на предприятии повысит эффективность сбора информации о неисправностях оборудования, а также увеличит скорость взаимодействия управляющего персонала и ремонтных бригад для устранения этих неисправностей на СЦНТВ всех районов Республики Башкортостан.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Что такое чат-бот? [Электронный ресурс] URL: <https://mindbox.ru/academy/education/chat-boty/> (Дата обращения 21.07.2022).
2. Чат-бот — как написать удобного и полезного? [Электронный ресурс] // Хабр – 2022. – URL: <https://habr.com/ru/post/311008/> (Дата обращения: 25.07.2022).
3. Чат-бот для Telegram на РНР: [Электронный ресурс] // Хабр – 2022. – URL: <https://habr.com/ru/company/netologyru/blog/326174/> (Дата обращения: 25.07.2022).

Н. В. МОМЗИКОВ, В. В. НАБИУЛЛИН

*nickmmzk@gmail.com; nabiullin.vadim-nabiullin2016@yandex.ru*

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. Г. А. САИТОВА

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ «СИТИ-ФЕРМА»**

**Аннотация.** В статье рассмотрена разработка автоматизированной системы «Сити-ферма». Описано сити-фермерство, как отрасль сельского хозяйства. Определена структура и механизмы управления.

**Ключевые слова:** сити-ферма, система управления и контроля, микроконтроллер, датчик, исполнительное устройство, алгоритм, освещение, полив, вентиляция.

Сити-фермерство – это отрасль сельского хозяйства, которая развивается в условиях города. Зародилось городское фермерство в Сингапуре, где был проведен первый открытый опыт выращивания растений на крыше небоскреба.

Технология выращивания растений без грунта открывает новые направления в сельском хозяйстве. Вместо почвы используется питательный раствор. Его рецепт четко выверен специалистами-химиками и растениеводами [4].

Гидропоника представляет собой установку, которая состоит из посадочных модулей и бака с питательным раствором. Модули могут быть любой формы, в виде труб с круглым или квадратным сечением, в виде кубов, ведер, объемных цветочных горшков [1].

Данная технология несет в себе большие перспективы в связи с увеличивающимися требованиями к снабжению городов продовольствием, из-за постоянно растущего населения. До недавнего времени сельское хозяйство осуществлялось исключительно на земле. Благодаря расположению грядок в несколько ярусов друг над другом эта технология способна давать больший по сравнению с традиционными аграрными хозяйствами урожай [1].

При реализации проекта была разработана мнемоническая схема системы управления и контроля «Сити-ферма» (рис. 1).

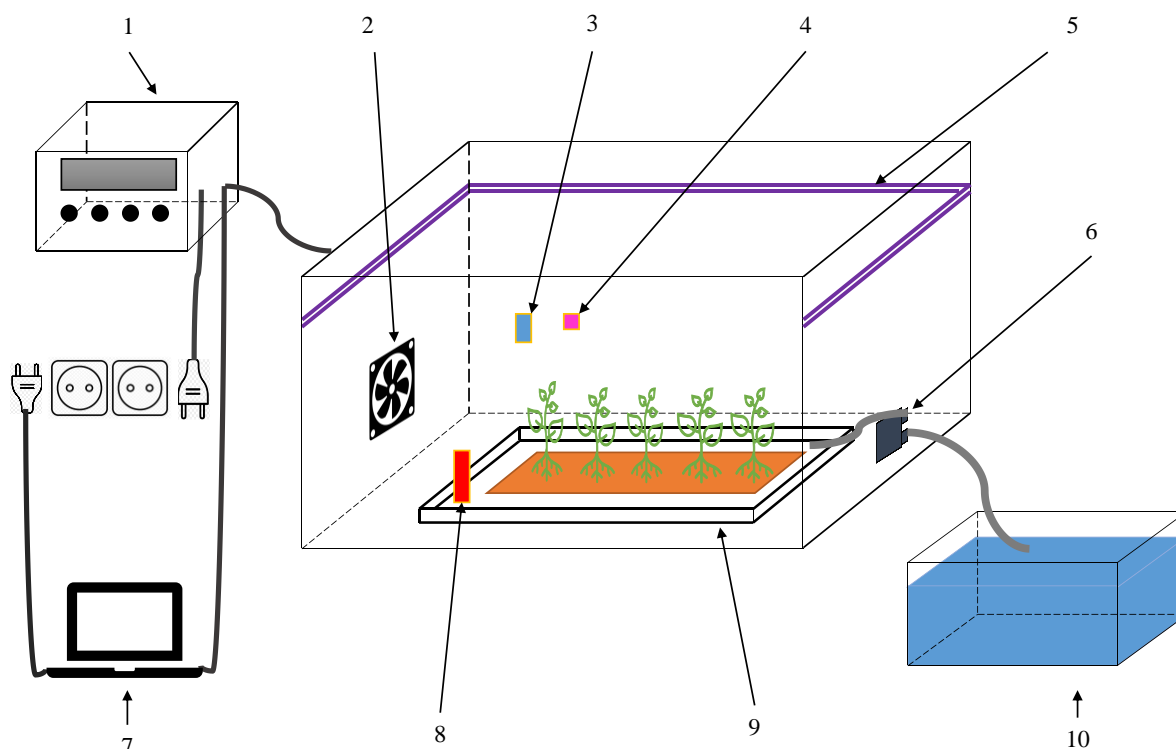


Рис. 1. Мнемосхема системы управления и контроля «Сити-ферма»: 1 – блок управления, 2 – вентилятор, 3 – датчик влажности и температуры воздуха, 4 – датчик освещенности, 5 – фитолампа, 6 – водяная помпа, 7 – пользовательский компьютер, 8 – датчик уровня воды, 9 – поддон с растениями, 10 – бак с раствором

На основе функциональной модели «Сити-ферма» была разработана структурная схема подключения [3], которая показывает соединение отдельных элементов автоматизированной системы: датчики температуры и влажности воздуха, уровня воды, освещенности, микроконтроллер ATmega8U2 на базе платформы Arduino Uno [2] (рис. 2).

Основной характеристикой системы является ее структура, под которой понимают совокупность элементов и связей между ними, определяемую исходя из распределения функций и целей, поставленных перед системой [5]. Разработанная структурная схема показывает автоматизацию управления и контроля сити-фермой (рис. 3).

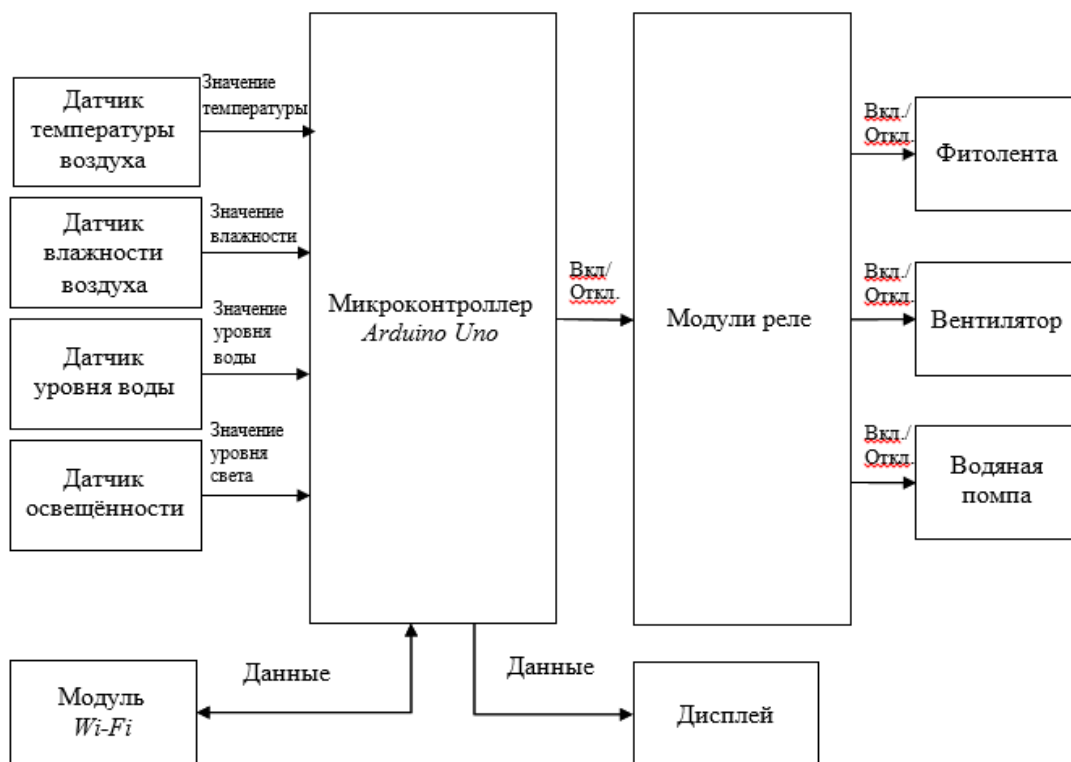


Рис. 2. Структурная схема подключения

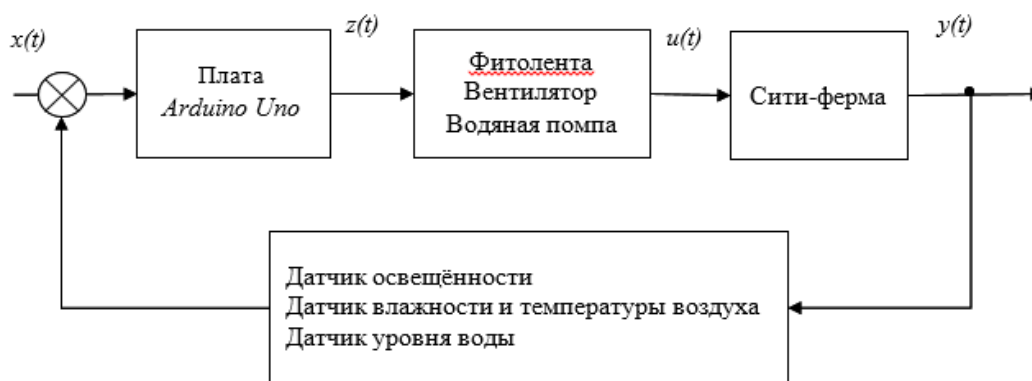


Рис. 3. Структурная схема управления и контроля

Структурная схема системы управления и контроля включает следующие элементы:

- объект управления – сити-ферма;
- управляющее устройство – микроконтроллер *Arduino Uno*;
- исполнительные механизмы – фитолента, вентилятор и водяная помпа;
- датчики – датчик влажности и температуры воздуха, датчик уровня воды и датчик освещенности.

Принцип работы системы следующий: Arduino с заданной частотой опрашивает датчики и на основании полученных данных принимает решение по переключению реле, управляющего фитолентой, вентилятором и водяной помпой.

При отклонении показателей температуры и влажности воздуха, недостатка полива или освещения будут срабатывать те или иные исполнительные устройства до тех пор, пока не установятся нормальные показатели. С помощью датчика температуры и влажности измеряется температура и влажность воздуха в сити-ферме. Если полученные значения параметров выше установленного, то подается сигнал на включение модули реле вентилятора. При достижении нормальных условий модуль реле вентилятора выключается. Оросительная система сити-фермы работает следующим образом: при достижении уровня воды в поддоне с растениями нижней границы начинается подача воды с помощью водяной помпы, а при достижении верхней границы подача воды останавливается. Включение фитоленты в сити-ферме осуществляется по датчику освещенности [6]: если показания датчика меньше требуемого значения уровня освещения, то микроконтроллер дает команду на включение модули реле фитоленты.

В качестве среды разработки программы для контроллеров фирмы *Arduino* использована программная среда *Arduino IDE*.

Языком программирования *Arduino* является стандартный язык *C++* с некоторыми особенностями, которые облегчают написание программ и отлично подходит для начинающих программистов.

В рамках разработки проекта «Сити-ферма» был собран работоспособный макет (рис. 4).

В перспективе систему управления и контроля сити-фермой можно усовершенствовать. Например, система может через модуль *Wi-Fi* подключаться к веб-приложению, откуда пользователь, находясь в другом месте, может управлять сити-фермой и контролировать процесс развития растений. С помощью



удобного интерфейса у пользователя будет возможность изменять необходимые показатели в зависимости от вида растения.



Рис. 4. Тестовый образец «Сити-ферма»

Таким образом, в статье показана разработка системы управления и контроля параметрами исполнительных устройств «Сити-фермы». Определена структура и механизмы управления. Данная система не только актуальна в нынешних реалиях, но также экономична, компактна, проста в использовании и перспективна, так как система может эксплуатироваться не только в домашних, но и в производственных масштабах.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Диванный сити-фермер: [Электронный ресурс]. URL: <https://dfermer.ru/gidroponika/oborudovanie/grouboks> (Дата обращения 5.09.2022)
2. Иго Т. Arduino, датчики и сети для связи устройств: Пер. с англ. – 2-е изд. – СПб.: БХВ-Петербург, 2015. – 544 с.: ил.
3. Схемы электрические. Типы схем: [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/post/451158/> ((Дата обращения 5.09.2022)
4. Как устроено сити-фермерство: [Электронный ресурс]. URL: [https://mel.fm/zhizn/razbor/6294375-city\\_farm](https://mel.fm/zhizn/razbor/6294375-city_farm) (Дата обращения 5.09.2022)
5. Теория автоматического управления: учебное пособие. А.Б. Пронин, Е.Б. Щелкунов. – 2-ое изд., доп. – Комсомольск-на- Амуре: ФГБОУ ВПО «КнАГТУ», 2015 – 108 с.
6. С. Монк. Мейкерство. Arduino и Raspberry Pi. Управление движением, светом и звуком: Пер. с англ. – СПб.: БХВ-Петербург, 2017. – 336 с.: ил.

УДК 004.93

Р. З. ХАМЗИН

*khamzin.ruslan.z@mail.ru*

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. Р. В. НАСЫРОВ

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **ПРОБЛЕМА ВНЕДРЕНИЯ ТЕЛЕМЕДИЦИНСКОГО МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ ЛЮДЕЙ**

**Аннотация.** Рассматривается проблема внедрения телемедицинского мониторинга состояния здоровья людей для профилактики заболеваний, проводится анализ существующих сценариев процесса и предлагается решение в виде разработки приложения для распознавания изображений с показаний legacy-устройств.

**Ключевые слова:** legacy-устройство; распознавание; изображение; интеграция; сценарий; статистика, медицина.

### ***Введение***

Необходимость расширения доступности и повышения качества медицинского обслуживания населения в условиях увеличения его численности, особенно пожилого возраста, снижения удельных затрат на медицинское обслуживание, что имеет место даже при возрастании объемов финансирования системы здравоохранения, требует поиска решений по диагностике и лечению заболеваний, способных охватить широкие слои населения. Эффективным решением этой проблемы является использование технологии телемедицинского мониторинга состояния здоровья людей для профилактики заболеваний. В данной работе анализируются существующие способы мониторинга состояния здоровья пациентов, их недостатки и преимущества, приводятся статистические данные и предлагается оптимальное решение данной проблемы.

### ***Общая задача исследования***

Данное исследование посвящено системе распознавания и передачи показаний с медицинских приборов. Информационное и программное обеспечение мониторинга состояния здоровья пациентов – серьезная проблема в области современной медицины. Современная программа распознавания результатов медицинских измерений поможет сократить время на их запись и обеспечит со-

временное хранение, что в свою очередь повысит скорость выявления диагнозов и выдачи рекомендаций от квалифицированных медицинских сотрудников.

### ***Первый сценарий процесса***

В настоящее время существует несколько сценариев мониторинга состояния здоровья пациентов. Сценарий первый: пользователь (пациент) контролирует свои медицинские параметры и получает рекомендации врача, ведет на бумажном носителе записи в виде журнала измерений, записывается на прием к врачу, едет на прием, что не всегда удобно. Существующая мнемосхема процесса мониторинга состояния здоровья пациента по данному сценарию представлена на Рис. 1.

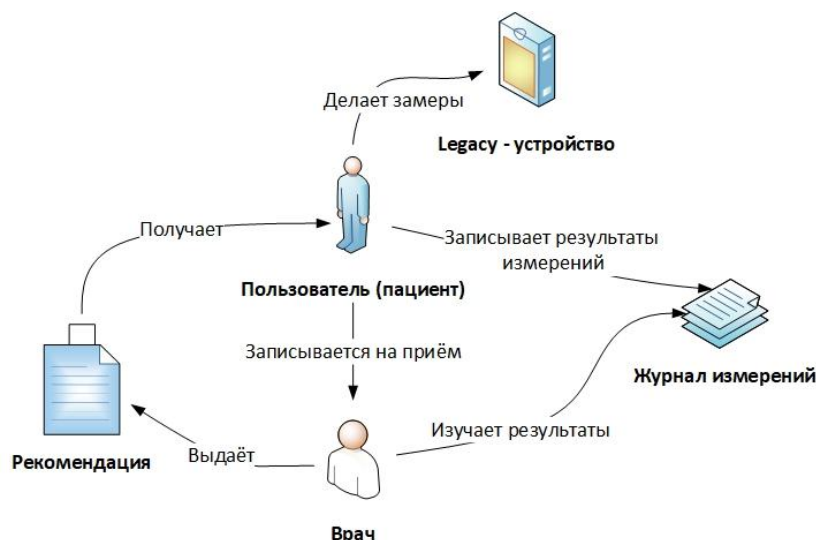


Рис. 1. Мнемосхема процесса мониторинга состояния здоровья пациента по 1-му сценарию

Вся процедура занимает достаточно большое количество времени. А если учитывать то, что в мед. учреждении, которое находится по близости будет большая очередь, санитарный час, предстоит ждать еще больше и терять время. Текущий сценарий является классическим, устаревшим.

### ***Второй сценарий процесса***

Сценарий второй: пользователь (пациент) контролирует свои медицинские параметры с помощью смарт-устройства, собирающего и хранящего пока-

затели здоровья, которые далее передаются на смартфон для формирования статистики, получает журнал измерений и, если это необходимо, с ним обращается за рекомендациями врача, записывается на прием к врачу, едет на прием, что также не всегда удобно. Существующая мнемосхема процесса мониторинга состояния здоровья пациента по данному сценарию представлена на Рис. 2 и Рис. 3 (с обращением и без обращения к врачу, т.е. с самостоятельным отслеживанием).

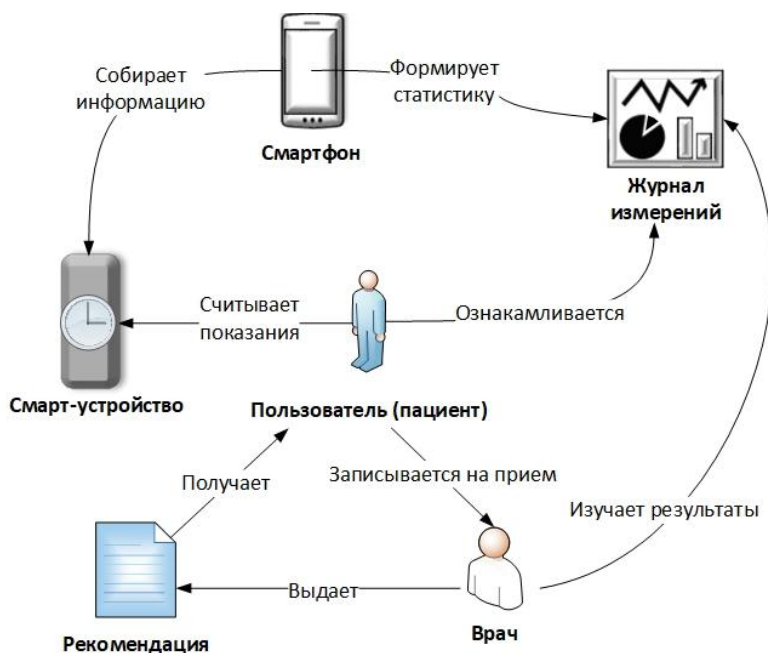


Рис. 2. Мнемосхема процесса мониторинга состояния здоровья пациента по 2-му сценарию с обращением к врачу

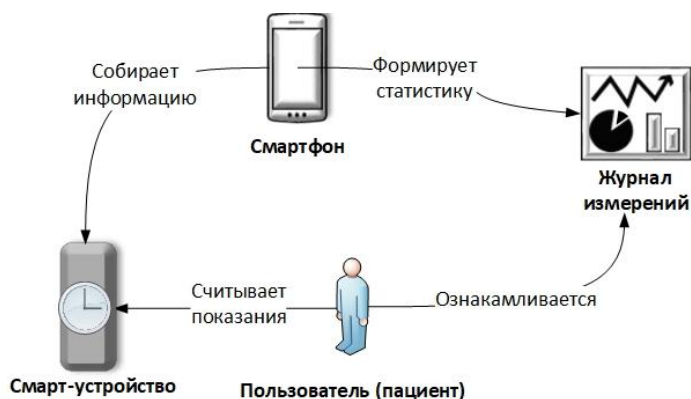


Рис. 3. Мнемосхема процесса мониторинга состояния здоровья пациента по 2-му сценарию без обращения к врачу

### *Третий сценарий процесса*

Сценарий третий: мониторинг медицинских параметров происходит с помощью спец. медицинского устройства с интерфейсом передачи данных на компьютер, собирающего и хранящего показатели здоровья, которые далее передаются на компьютер врача с необходимым программным обеспечением для формирования статистики и журнала измерений. Врач изучает полученные результаты и выписывает рекомендации пациенту во время приема. Существующая мнемосхема процесса мониторинга состояния здоровья пациента по данному сценарию представлена на Рис. 4.

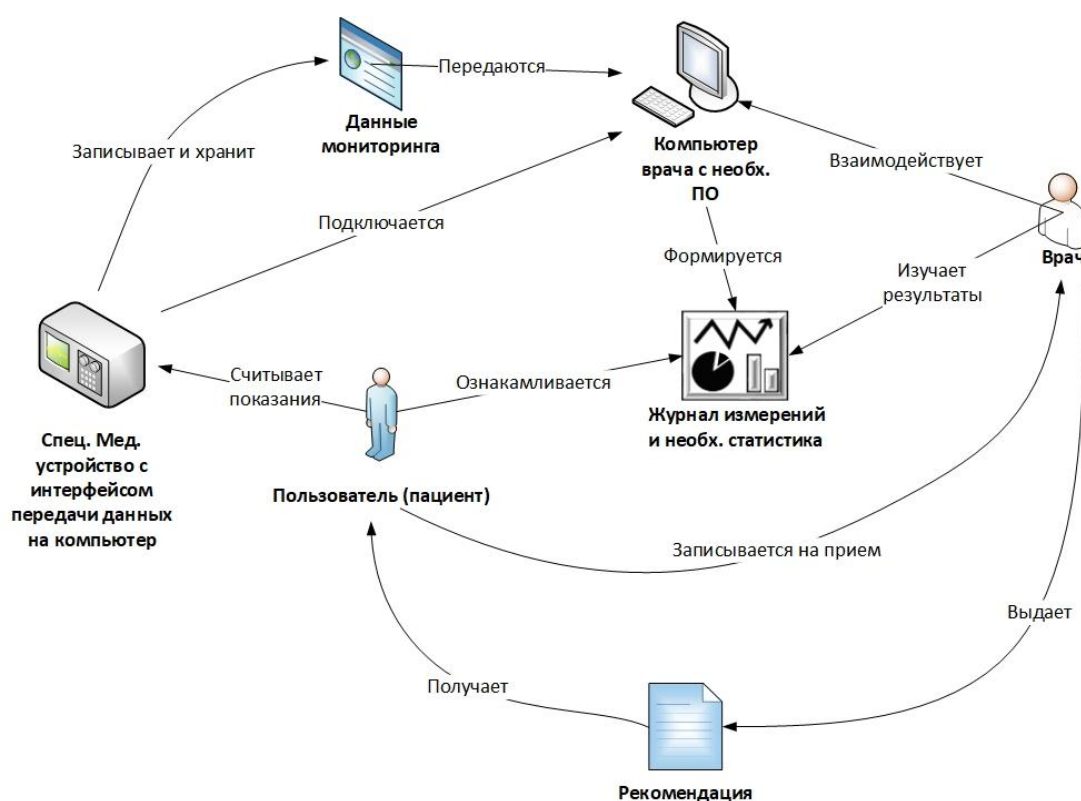


Рис. 4. Мнемосхема процесса мониторинга состояния здоровья пациента по 3-му сценарию

### *Статистика пользования персональными носимыми смарт-устройствами и услугами дистанционного консультирования с врачом (услугами телемедицины)*

По прогнозам Deloitte Global, в 2022 году в мире будет продано 320 млн потребительских носимых устройств для поддержания здоровья. К 2024 году эта цифра, вероятно, достигнет почти 440 млн единиц, поскольку на рынке по-

явятся новые предложения, и все больше медицинских работников будут готовы к их использованию.

Несмотря на значительные достижения в части технологий и дизайна медицинских устройств, есть несколько факторов, мешающих развитию этого рынка. Главный среди них – высокая стоимость подобных приборов. Они зачастую оснащаются аккумуляторами, всевозможными датчиками, чипами и аксессуарами, которые нужно периодически менять. Учитывая, что людям с хроническими заболеваниями приходится пользоваться устройствами на протяжении всей своей жизни, стоимость владения ими оказывается существенной.

Кроме того, к барьерам рынка аналитики относят слабое развитие государственных программ субсидирования носимой электроники. Причем эта проблема актуальна как для развитых, так и развивающихся стран.

Пандемия коронавируса способствовала развитию телемедицины во всем мире. Например, в России спрос на дистанционные консультации врачей за шесть месяцев вырос на 177% по сравнению с аналогичным периодом 2019 года.

Самые популярные запросы в интернете по теме: «доктор онлайн» — рост на 305%, «консультация врача онлайн» – на 151%. Эксперты прогнозируют, что такими темпами уже через три-четыре года 25% населения страны будут пользоваться дистанционной медициной для получения первичных консультаций по несложным случаям.

В мире спрос тоже вырос. В Китае первая волна пандемии пришлась на новогодние праздники, поэтому уже в январе жители Поднебесной сидели на карантине. Тогда число пользователей телемедицинских сервисов увеличилось на 30% по сравнению с предыдущим годом.

По прогнозам Forrester Research, в США ожидается рост количества онлайн-консультаций в 28 раз: более одного млрд за год, чего нельзя было даже представить до вспышки пандемии. Телемедицинская компания Teladoc увеличила число консультаций до 20 тыс. в день и выросла в два раза за время карантина.

В европейских странах также наблюдается повышенный интерес к телемедицине: в шведском сервисе Kry выросло число новых зарегистрированных пользователей более чем на 200%, а в британском Push Doctor количество обращений – на 70%.

В Великобритании благодаря телемедицине тарифные издержки снизились на 8%, а количество госпитализаций и экстренной помощи на 14-15%.

### ***Предлагаемое решение***

Создание мобильного приложения по распознаванию изображений даст возможность пользователю снимать и загружать изображения с показаниями унаследованных (legacy) медицинских приборов с персонального смартфона, распознавать результаты измерений и хранить их в электронном виде на сервере, обмениваться данными с квалифицированными медицинскими работниками для получения рекомендаций. В данном процессе унаследованными (legacy) устройствами являются бытовые медицинские приборы, не имеющие встроенного канала для обмена информацией с другими устройствами, такие как: глюкометр, термометр, тонометр, пульсоксиметр и т.д.

При разработке приложения должны быть обеспечены безопасность, систематизированное централизованное хранение и оперативный доступ к данным.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Хамзин Р.З. Проблема интеграции устаревших legacy-устройств в цифровое пространство / Хамзин Р.З. // Мавлютовские чтения: XV Всероссийская молодежная научная конференция, Уфа, Россия, 2021. – Т.4. – С.812-817 – (Дата обращения 30.04.2022 г.)
2. Официальный сайт Discovery Research Group. [Электронный ресурс]– Режим доступа: <https://drgroup.ru> свободный (Дата обращения 02.04.2022 г.)
3. Трофимов О.В., Ефимычев Ю.И., Ефимычев А.Ю., Шипилов А.Г. Модернизация предприятий промышленности: концепция, стратегии и механизм реализации // Креативная экономика. – 2011. Т. 5, №11.
4. «Вирусный» рост: что происходит на рынке телемедицины. Режим доступа URL: <https://rb.ru/opinion/rost-rynka-telemeditsiny/> – (Дата обращения 17.05.2022 г.)

Д. В. ШАБАНОВ

*denis.shabanov.2000@gmail.com*

Науч. руковод. – канд. техн. наук Р. В. НАСЫРОВ

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **МИКРОСЕРВИСНАЯ АРХИТЕКТУРА АНАЛИЗА НЕЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ЗАБОЛЕВАНИЙ**

**Аннотация.** Объектом исследования является система диагностики заболеваний на основе сигналов ЭЭГ, ЭКГ. В статье изучается применение фрактальных методов анализа нелинейных, динамических систем к области медицина, в частности анализу ЭЭГ, ЭКГ. Рассмотрена микросервисная архитектура и ее применимость к обработке анализов ЭЭГ, ЭКГ на основе фрактальных методов

**Ключевые слова:** аппроксимационная энтропия, показатель Херста, корреляционный интеграл, фрактальные методы, теория хаоса, микросервисная архитектура.

Диагностика заболевания, равно, как и обследование организма человека является в своей сути определением состояния биологического объекта. Биологический объект представляет из себя динамическую нелинейную систему, которую можно характеризовать множеством параметров, в том числе отображенных в виде сигнала. Биомедицинские сигналы несут информацию о физических явлениях физиологических процессов организма. С определением некоторого правила изменения состояния динамической нелинейной системы хорошо справляется теория детерминированного хаоса.

Одним из преимуществ фрактальных методов детерминированного хаоса заключается в возможности анализа сложной системы с многомерным фазовым пространством имея значения одно измерения, что позволяет сильно упростить анализ, также полезно в ситуациях, когда не хватает данных.

Наиболее подходящей для данной системы является микросервисная архитектура, она позволяет иметь в системе независимые модули, которые можно использовать в других системах.

Задачи, которые были реализованы в ходе разработки системы:

- реализовать метод расчета показателя Херста;
- реализовать метод вычисления аппроксимационной энтропии;



- реализовать метод вычисления корреляционного интеграла;
- выбрать область применения методов;
- реализовать клиента архитектуру системы;
- Реализовать клиент для системы.

Одним из показателей для анализа нелинейных система был корреляционный интеграл. Корреляционный интеграл отражает зависимость количества точек в  $m$ -мерном пространстве, находящихся на расстоянии друг от друга меньше, чем  $r$ . В соответствии с известными публикациями областью применения корреляционного интеграла являются комплексный показатель качества сна человека на основе анализов ЭЭГ, так же как общий показатель системы при анализах ЭКГ.

Развитием предыдущего метода является метод “Аппроксимационной энтропии”. Аппроксимационная энтропия по сути является оценкой энтропии Колмогорова, которая характеризует вероятность возникновения новых режимов при возрастании размерности пространства вложения, отражая тем самым сложность системы.

Показатель Херста позволяет определить характер процесса временного ряда, при значении, равном 0,5 его можно характеризовать случайным, при меньшем склонность к смене тенденции, при большем к сохранению тенденции (т.е. рост или убывание).

В ходе разработки системы реализуются отдельные приложения-сервисы для вычисления методов, а также анализа ЭКГ и приведения файлов в универсальный для данной системы вид. Также реализуется информационная система для поликлиники, в ней имеются разные пользователи, а также уровень доступ для них и функционал, а именно обработка файлов, запись, просмотр результата записи и списков соответствующих пользователей, ну и регистрация с авторизацией.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шустер Г. Детерминированный хаос: Введение. М.: Мир, 1988. 240 с.
2. Язык UML. Руководство пользователя. Гради Буч, Джеймс Рамбо, Ивар Якобсон, 2007.

3. Pincus S. M. Approximate entropy as a measure of sytem complexity // Proc. Natl. Acad. Sci. USA 88: 1991. P. 2297 2301.
4. Манило Л. А., Зозуля Е. П. Исследование возможности применения аппроксимированной энтропии для анализа биосигналов // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». Сер. Биотехнические системы в медицине и экологии. 2007. Вып. I. С. 3-9.
5. В.С. Кубланов, В.И. Борисов, А.Ю.Долганов. Анализ биомедицинских сигналов в среде MATLAB.
6. Индекс самоафинности и энтропия ЭЭГ как показатели предсказания эпилептического приступа. Режим доступа URL: <http://synergy-journal.ru/archive/article4916> – (Дата обращения 18.04.2022 г.).
7. Антипов О.И., Захарова А.В. Совмещение методов частотной фильтрации и нелинейного анализа при сомнологических исследования ЭЭГ-сигналов ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики».
8. Квартани Т. Rational Rose 2000 и UML. Визуальное моделирование: пер. с англ. – М.: ДМК Пресс, 2001.
9. Ардашев А.В., Лоскутов А.Ю. Практические аспекты современных методов анализа вариабельности сердечного ритма. – М.: Медпрактика-М, 2011. – 126 с.
10. Сергиенко В.И. и соавт. Математическая статистика в клинических исследованиях. – М.: ГЭОТАРМЕД, 2001. – 255 с.
11. Колесов, Ю. Б. Объектно-ориентированное моделирование сложных динамических систем / Ю. Б. Колесов. – СПб.: СПбГПУ, 2004. – 250 с.
12. Абидова Е.А., Хегай Л.С., Чернов А.В., Бекетов В.Г. Энтропийные методы обработки диагностической информации. Безопасность ядерной энергетики [Электронный ресурс] : тез. докл. XII Междунар. науч.-практ. конф., 1-3 июня 2016 г. / ВИТИ НИЯУ МИФИ [и др.]. – Волгодонск : [Б. и.], 2016. – 1 электрон. опт. диск (CD). – ISBN 978-5-7262-2256-1 .
13. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы / Б. Мандельброт. – М.: Институт компьютерных исследований, 2002. – 656 с.
14. Антипов О.И., Неганов В.А. Анализ и предсказание поведения временных рядов самоорганизованных экономических и биологических систем с помощью фрактальных мер// Физика волновых процессов и радиотехнические системы, – 2011. – Т. 14 – № 3 – С. 78-89.
15. Ахромеева Т.С., Малинецкий Г.Г. О странном аттракторе в одной задаче синергетики. // Вычислительная математика и математическая физика. – 1987. - Т.27, № 2. - С. 202-217 .
16. Ньюмен С. Создание сервисов. – СПб.: Питер, 2016. 304 с.
17. Инфософт. Режим доступа URL: <http://infosoft.ru/fp9qq/5-motor-ya.html> – (Дата обращения 28.05.2022 г.).
18. Проектирование. Сервисного слоя и логики приложения. Режим доступа URL: <https://emacsway.github.io/ru/service-layer/#cqrs> – (Дата обращения 30.05.2022 г.).
19. Н.Е. Hurst. Long-term storage capacity of reservoirs // Transactions of American Society of Civil Engineers. — 1951. — Т. 116. — С. 770 .
20. Ю. А. Калуж, В. М. Логинов. Показатель Хёрста и его скрытые свойства // Сиб. журн. индустр. матем. — 2002. — Т. 5, вып. 4. — С. 29-37.
21. Документация по Django Framework. Режим доступа URL: <https://www.djangoproject.com/start/overview/> – (Дата обращения 01.05.2022 г.).
22. Учебник по языку программирования Python. Режим доступа URL: <https://docs.python.org/3/tutorial/> – (Дата обращения 19.05.2022 г.).
23. Введение в pandas: анализ данных на Python. Режим доступа URL: <https://khashtamov.com/ru/pandas-introduction/>– (Дата обращения 06.05.2022 г.).
24. Hurst exponent. Режим доступа URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Hurst\\_exponent/](https://en.wikipedia.org/wiki/Hurst_exponent/)– (Дата обращения 20.05.2022 г.).
25. Манило Л. А., Зозуля Е. П. Оценка корреляционной размерности временных рядов в задачах анализа аритмий // Биомедицинская радиоэлектроника. 2009, № 11. С. 32-39.

26. Янсон Н.Б. Моделирование динамических систем по экспериментальным данным / Н. Б.Янсон, В. С. Анищенко // Изв.вузов «ПНД», 1995, т.3, №3, С. 112-121.
27. Меклер А.А. Применение аппарата нелинейного анализа динамических систем для обработки сигналов ЭЭГ / А. А. Меклер// Актуальные проблемы современной математики: ученые записки, 2004, Т. 13(2), С. 112-140.
28. Документация по использованию MapBox. Режим доступа URL: <https://docs.mapbox.com/help/tutorials/> - (Дата обращения 07.06.2022 г.).
29. Урицкий В.М., Музалевская Н.Н. Фрактальные структуры и процессы в биологии. Сб. трудов «Биомедицинская информатика и эниология». СПб. 1995. – С. 84-130.
30. Перерва Л.М. Фрактальное моделирование: учебное пособие / Л.М. Перерва, В.В.Юдин/под общ.ред. В.Н. Гряника. Владивосток:Изд-во ВГУЭС, 2007 – С .186.

УДК 62-523.8

Д. Д. ЮНУСОВА

*yunusuvadd01@mail.ru*

Науч. руковод. – канд. техн. наук С. В. СИЛЬНОВА

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПОЖАРОТУШЕНИЯ**

**Аннотация.** В работе были изучены и проанализированы требования к функционированию системы автоматизации пожаротушения, спроектирована трехуровневая структура системы, подобрано конкретное техническое обеспечение нижнего, среднего и верхнего уровня системы автоматизации пожаротушения.

**Ключевые слова:** система автоматизации пожаротушения; трехуровневая структура; техническое оборудование; технические средства.

В современном мире автоматизированные системы управления применяются в различных сферах жизни и отраслях промышленности. В данной работе была спроектирована система автоматизации пожаротушения. Целью работы являлось:

- изучение и анализ требований к функционированию системы автоматизации пожаротушения;
- проектирование трехуровневой структуры системы;
- выбор технического оборудования.

Система автоматизации пожаротушения предназначена для автоматизации действий, связанных с высоконадежным выявлением пожара, его быстрой и эффективной локализацией и ликвидацией, контроля за технологическими параметрами в режиме реального времени, управления технологическим оборудованием в соответствии с выбранными критериями управления, обеспечения защиты и безаварийной работы всего технологического комплекса объекта.

Целями создания системы автоматизации пожаротушения являются обеспечение необходимого уровня промышленной и экологической безопасности, уменьшение затрат на эксплуатацию объекта за счет оптимизации технологического процесса, позволяющей сократить использование временных, человеческих и энергетических ресурсов.

Система автоматизации пожаротушения имеет трехуровневую структуру:

- нижний уровень - контрольно-измерительные приборы (КИП);
- средний уровень - программируемый логический контроллер (ПЛК),

модули ввода-вывода;

– верхний уровень - автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора, АРМ инженера системы автоматизации пожаротушения, оборудование сети передачи данных *Ethernet* верхнего уровня.

В качестве основных мер для обеспечения надежности системы автоматизации пожаротушения используются следующие решения:

- 100% «горячее» резервирование центрального контроллера;

– дублирование каналов связи среднего уровня, работа каналов в режиме нагруженного резерва;

– дублирование каналов связи между средним и верхним уровнями системы, работа каналов в режиме нагруженного резерва;

– электропитание основных компонентов системы от источника бесперебойного питания (ИБП);

– контроль электропитания оборудования системы, контроль состояния блоков бесперебойного питания, мониторинг емкости батарей;

– самодиагностика и сигнализация неисправного состояния используемых технических средств, а также сигнализация при обнаружении нарушений в работе оборудования.

На нижнем уровне системы автоматизации пожаротушения находятся датчики, которые являются первичными преобразователями, от них передаются сигналы измерительной информации.

Также, к этому уровню можно отнести:

а) световые и звуковые оповещатели;

б) извещатели параметров;

в) механизмы исполнения (насосные задвижки) – приборы, отображающие информацию, и устанавливающиеся на месте.

В работе решалась задача подбора пожарных извещателей.

Извещатель пожарный тепловой цифровой (*RS-485*) ТСЦ-ППП создан для функционирования в составе автоматических установок пожаротушения и пожарной сигнализации. Предназначен для точечного контроля температуры в измерительной зоне работы технологического оборудования объектов эксплуатации нефтегазового комплекса. Непрерывно преобразует значения температуры контролируемой среды в унифицированный цифровой сигнал и выдает результаты на прибор приемно-контрольный пожарный (ППКП) по каналу связи стандарта *RS-485 Modbus RTU*. При достижении температуры срабатывания ТСЦ-ППП формирует извещение о пожаре, а также отображает цифровую индикацию температуры контролируемой среды [1].

Извещатель пожарный дымовой линейный ИП 212-45 представляет собой оптико-электронное устройство, осуществляющее сигнализацию о появлении дыма в месте установки. При этом уменьшается внутреннее сопротивление извещателя и свечение оптического индикатора становится постоянным [2].

Извещатель пожарный пламени ИП 329/330 предназначен для обнаружения электромагнитного излучения пламени или тлеющего очага (по ГОСТ Р 53325-2012) и выдачи сигнала о пожаре на системы автоматики, а также для контроля горения пламени и выдачи сигнала о его погасании [3].

Средний уровень автоматизированной системы называют уровнем по управлению контроллерами, которые получают информацию, передающуюся с датчиков о положении технологического процесса и отображают команды по управлению, запрограммированным алгоритмом управления на исполнительном механизме.

К этому уровню можно отнести:

- а) панель сигнализации;
- б) шкафы автоматизированной системы пожаротушения центрального контроллера;

в) устройства сопряжения с объектом (УСО), в которых установлены программно-аппаратные модули управления.

На среднем уровне системы автоматизации пожаротушения предложено использовать модуль центрального процессорного устройства *CPU-31A*. Модуль предназначен для работы в составе распределенных систем управления на базе программируемых контроллеров серии *DCS-2000* исполнения *M2* для сбора информации, обработки ее по заданным алгоритмам и выдачи управляющих команд по пяти последовательным каналам *RS-485* с гальванической изоляцией и цепями грозозащиты, одному последовательному неизолированному каналу *RS-232* и трем каналам *Ethernet* [4].

Верхний уровень автоматизированной системы пожаротушения обеспечивает:

- образование базы данных;
- архивацию команд районного пункта диспетчера на нижнем уровне, событий и действий оператора;
- получение важных данных, в которых рассказывается о состоянии оборудования в системе пожаротушения;
- прием информации об обстановке пожара на защищаемых объектах;
- мониторинг измеряемых параметров и технологического процесса.

Комплект технического оборудования верхнего уровня:

- АРМ оператора пожаротушения основной;
- АРМ оператора пожаротушения резервный;
- АРМ оператора пожаротушения (без функций управления), который размещен в навесном шкафу.

Наполнение шкафа АРМ оператора представлено следующими техническими средствами:

- а) защитное устройство от импульсного перенапряжения *PLT-SEC-T3-230-FM*. Вставное защитное устройство, тип 3 / класс III, для 1-фазных электросетей с отдельными проводниками *N* и *PE* (3-проводная система: *L1, N, PE*), с

устойчивым к импульсным токам предохранителем и контактом для удал. оповещения. Подходят также для применения в сетях постоянного тока [5];

б) интеллектуальное реле *Zelio Logic SR3 B261BD*. Программируемые реле *Zelio Logic* фирмы Schneider Electric позволяют реализовать небольшие системы управления, количество вводов/выводов которых находится в пределах 10...40 каналов. В корпусе размерами 124,6×90×59 мм удается разместить до 26 каналов ввода/вывода. При этом напряжение питания устройства находится в очень широких пределах: 24VAC, 100... 240VAC, 12VDC, 24VDC, что позволяет легко встраивать реле в любые конструктивы [6];

в) автоматический выключатель *A9F79110*. Автоматический выключатель однополюсный *iC60N A9F79110* применяется для коммутации и защиты цепей от перегрузок и коротких замыканий;

г) источник бесперебойного питания *QUINT-UPS/24DC/24DC/20*;

д) модульный контактор *iCT A9C22712*;

е) преобразователь постоянного тока *QUINT-PS/24DC/24DC/20*;

ж) реле *PLC-RPT-24DC/21*. Интерфейсный блок *PLC*, состоит из базового клеммного модуля *PLC-BPT.../21* с соединителем *Push-in* с вставным мини-реле с силовым контактом, установка на монтажную шину *NS 35/7,5*, 1 переключающий контакт, входное напряжение 24 В DC [7].

Таким образом, были изучены и проанализированы требования к функционированию системы автоматизации пожаротушения, спроектирована трехуровневая структура системы, выбрано техническое оборудование нижнего, среднего и верхнего уровня системы автоматизации пожаротушения, на основе проделанной работы было сформировано предложение на проектирование системы автоматизации пожаротушения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Извещатель пожарный тепловой ТСЦ-ППП: [Электронный ресурс]. URL: <https://poznagazpribor.ru/catalog/izveshchateli-pozharnye/ipt-tsc-pgp> (Дата обращения 12.09.2022)
2. Датчик пожарный, дымовой, опико-электронный точечный ИП 212-45 «Марко»: [Электронный ресурс]. URL: [https://iprogram.ru/catalog/datchiki/provodnye\\_datchiki/pozharnye\\_datchiki/datchik\\_pozharnyy\\_dy](https://iprogram.ru/catalog/datchiki/provodnye_datchiki/pozharnye_datchiki/datchik_pozharnyy_dy)



- movou\_optiko\_elektronnyu\_tochechnyy\_ip\_212\_45\_marko/#~:text=Извещатель%20пожарный%20ИП%20212-45%20представляет,оптического%20индикатора%20при%20срабатывании%20извещателя (Дата обращения 12.09.2022)
3. Руководство по эксплуатации. ИП 329/330-1-1 МСП, ИП 329-3-1 МСП, ИП 330-2-1 МСП извещатель пламени пожарный: [Электронный ресурс]. URL: <https://gazoanalizators.ru/upload/iblock/202/s0azpx0d6jtibc1po8267bi321fv0pp4/ip-329-330-re.pdf> (Дата обращения 12.09.2022)
4. ЭМИКОН – модули ЦПУ серии DCS-2000 (исполнение М2): [Электронный ресурс]. URL: <http://www.emicon.ru/FrontTopic/id2107> (Дата обращения 12.09.2022)
5. Устройство защиты от перенапряжений, тип 3 - PLT-SEC-T3-230-FM-2905229: [Электронный ресурс]. URL: [https://ufa.terraelectronica.ru/pdf/show?pdf\\_file=%2Fz%2Fdatasheet%2F2%2F2905229.pdf](https://ufa.terraelectronica.ru/pdf/show?pdf_file=%2Fz%2Fdatasheet%2F2%2F2905229.pdf) (Дата обращения 12.09.2022)
6. Интеллектуальные реле: [Электронный ресурс]. URL: [https://finestart.school/media/smart\\_relay](https://finestart.school/media/smart_relay) (Дата обращения 12.09.2022)
7. Релейный модуль - PLC-RPT- 24DC/21 – 2900299: [Электронный ресурс]. URL: [https://www.terraelectronica.ru/pdf/show?pdf\\_file=%2Fz%2Fdatasheet%2F2%2F2900299.pdf](https://www.terraelectronica.ru/pdf/show?pdf_file=%2Fz%2Fdatasheet%2F2%2F2900299.pdf) (Дата обращения 12.09.2022)

## СЕКЦИЯ 5.8

# МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ОПЕРАЦИЙ В ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

УДК 004.4

В. Я. БАБИКОВА

*inf.ugatu@mail.ru*

Науч. руковод. – канд. физ.-мат. наук, доц. Л. И. ШЕХТМАН

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

### МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫЙ ВЫБОР ИНТЕРНЕТ-СЕРВИСА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ЭОР

**Аннотация.** Рассматривается задача выбора инструментального средства для разработки ЭОР. Предлагается набор критериев для предварительного отбора альтернатив и их окончательного оценивания. Обосновывается важность включения в список критериев геймификации. Представлены результаты анализа четырех предварительно отобранных интернет-сервисов для разработки ЭОР. Описывается применение метода SMART для итогового многокритериального оценивания интернет-сервисов.

**Ключевые слова:** ЭОР; многокритериальное оценивание альтернатив; метод SMART.

Электронные образовательные ресурсы (ЭОР) в настоящее время получили очень широкое распространение из-за таких преимуществ в использовании как легкость навигации и масштабирования, возможность использования интерактивных элементов, звука и видео. Такие особенности ЭОР не только позволяют сделать изложение учебного материала более наглядным и понятным, но и делают обучение более комфортным для обучающихся, способствуют повышению их мотивированности. Иногда преподаватели не придают достаточного значения таким аспектам как комфортность, снижение утомляемости, увлеченность обучаемых. Между тем, для всех очевидно, что учеба – это нелегкий труд, а усталость, отсутствие интереса часто являются причиной невысоких результатов обучения. Давно известно, что научить чему-то легче, если заинтересовать. Учитывая все это, имеет смысл добавлять в ЭОР и игровые элементы.

Игра – это не только развлечение. Игра – это и деятельность, и мотивированность, и отсутствие принуждения, и самостоятельное обучение, и воспитание в коллективе и через коллектив, и учение с увлечением. Существует множество интеллектуальных игр, способствующих развитию мышления, логики,

памяти и навыков, полезных для жизни, работы и учебы. Но при этом в игровой форме часто бывает легче усвоить некоторые учебные материалы. Например, известны игры, которые позволяют гораздо быстрее обучиться скоростному набору текста на клавиатуре или запомнить большое количество иностранных слов. Кроме того, в ЭОР с игровыми элементами можно использовать и преимущества социального взаимодействия – таблицы лидеров стимулируют прикладывать больше усилий, чтобы занять более высокое место, а игры, предусматривающие совместные действия нескольких игроков при использовании в образовательном процессе могут способствовать эффективному обмену информацией и взаимообучению.

Если преподаватель собирается для повышения вовлеченности обучаемых создать мультимедийный ЭОР с элементами геймификации, то перед ним встает задача выбора инструментального средства разработки. Пусть в качестве необходимых условий выдвигаются возможности бесплатного использования и получения ресурса, которые будет доступен пользователям из любого географического места с помощью сети Интернет. С учетом этих обязательных требований были отобраны четыре интернет-сервиса.

Wordwall [1]. Позволяет создавать как интерактивные, так и печатные учебные материалы. Интерактивные воспроизводятся на любом устройстве с веб-интерфейсом, например, на компьютере, планшете, телефоне или интерактивной доске. Печатные можно просто распечатать или загрузить в виде файла PDF. Главная страница показана на рисунке 1.

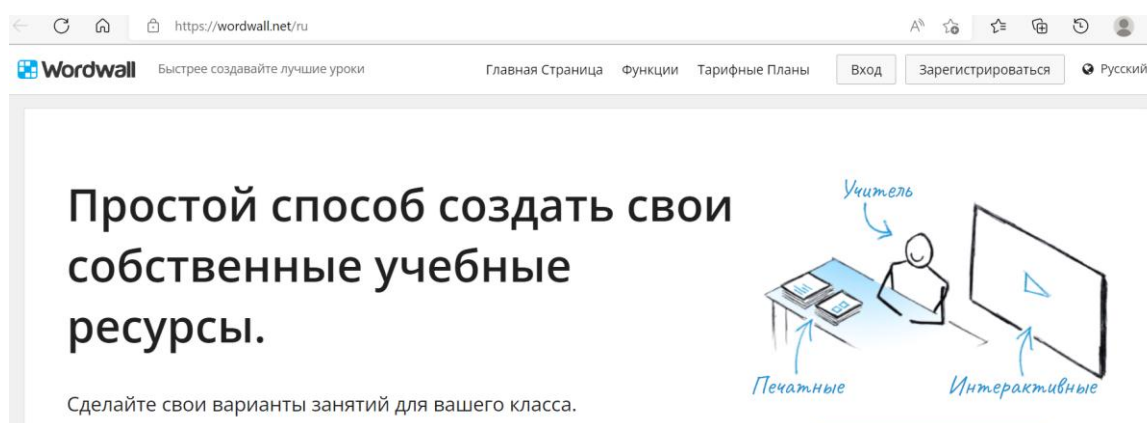


Рис. 1. Главная страница сайта Wordwall

Можно быстро и просто создавать учебные материалы для контроля знаний на основе готовых шаблонов. Среди шаблонов есть классические, например, Викторина и Кроссворд, а есть и аркадные игры, например Погоня в лабиринте и Самолет.

Функции Wordwall:

- создание интересных, интерактивных занятий с помощью имеющихся шаблонов;

- можно вносить разнообразие, используя различное оформление, звук и графику;

- изменение (переключение) шаблона с сохранением информации в один клик (можно редактировать готовые ЭОР или сменить шаблон у готового задания, например, превратить задание на сопоставление в кроссворд);

- редактирование и настройка материала в соответствии с темой занятия;

- настройка таймера;

- возможность посещения занятия за счет уникальной ссылки, а также размещение материалов на других сайтах;

- занятия Wordwall можно использовать в качестве назначаемых студентам заданий для выполнения (студенты направляются именно на это занятие, не отвлекаясь на посещение главной страницы занятий);

- результаты каждого студента регистрируются и предоставляются учителю;

- возможность создавать группы обучаемых;

- созданное занятие можно сделать общедоступным (это позволяет делиться ссылкой на страницу занятия по электронной почте, в социальных сетях и др.; это также позволяет другим пользователям найти занятие в Сообществе, пользоваться им и менять его) или частным (только автор получает доступ к нему).

Quizizz [2]. Сервис для создания тестов и онлайн-викторин. Учащиеся могут проходить их на мобильных устройствах, что особенно удобно при сме-

шанном обучении. Кроме того, этот интернет-инструмент может быть использован для онлайн тестирования.

Функции Quizizz:

- создание и редактирование тестов;
- воспроизведение тестов на любом устройстве с доступом в Интернет по ПИН-коду и имени;
- возможность преподавателя мониторить работу каждого обучающегося;
- вопросы теста отображаются как на компьютере обучающегося, так и преподавателя;
- возможность создавать группы обучаемых;
- в конце каждого тестирования преподаватель получает данные по работе обучающихся в таблице Excel.

Страница Quizizz с примером задания по информатике представлена на рисунке 2.

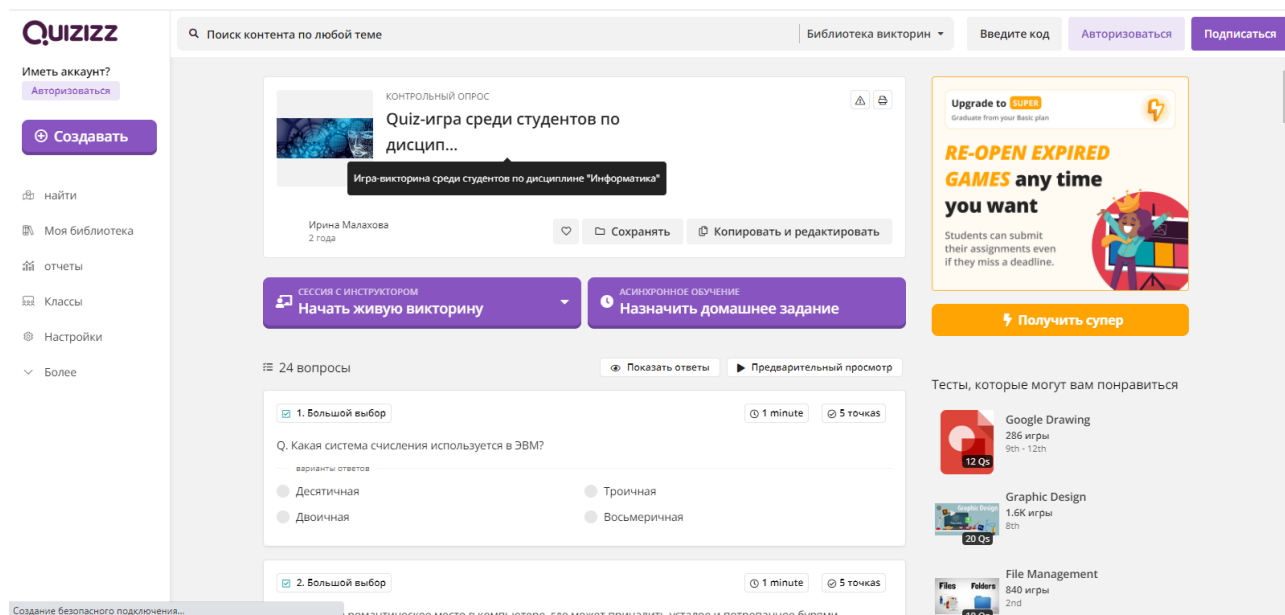


Рис. 2. Пример викторины, созданной в Quizizz

Doozy [3]. Сервис для создания онлайн-викторин, с помощью которых обучающиеся могут в игровой форме закреплять полученные на занятиях знания.

## Функции Doozy:

- возможность выбрать готовую игру, отредактировать ее или создать с нуля;
- сервис не требует от пользователей регистрации;
- отвечать на вопросы викторины пользователи могут индивидуально или в команде;
- подведение итогов при завершении игры позволяет использовать информацию для мониторинга образовательной деятельности.

Шаблоны Doozy (рис.3) отличаются яркими цветами и ориентированы под детские игры (например, «Эй, пираты!», «Давайте займемся алхимией», «Позвонить доктору»). Кроме того, Doozy позволяет создавать профессиональные викторины, квесты для взрослой аудитории в команде, например «The Atlantean Chest: виртуальный квест».

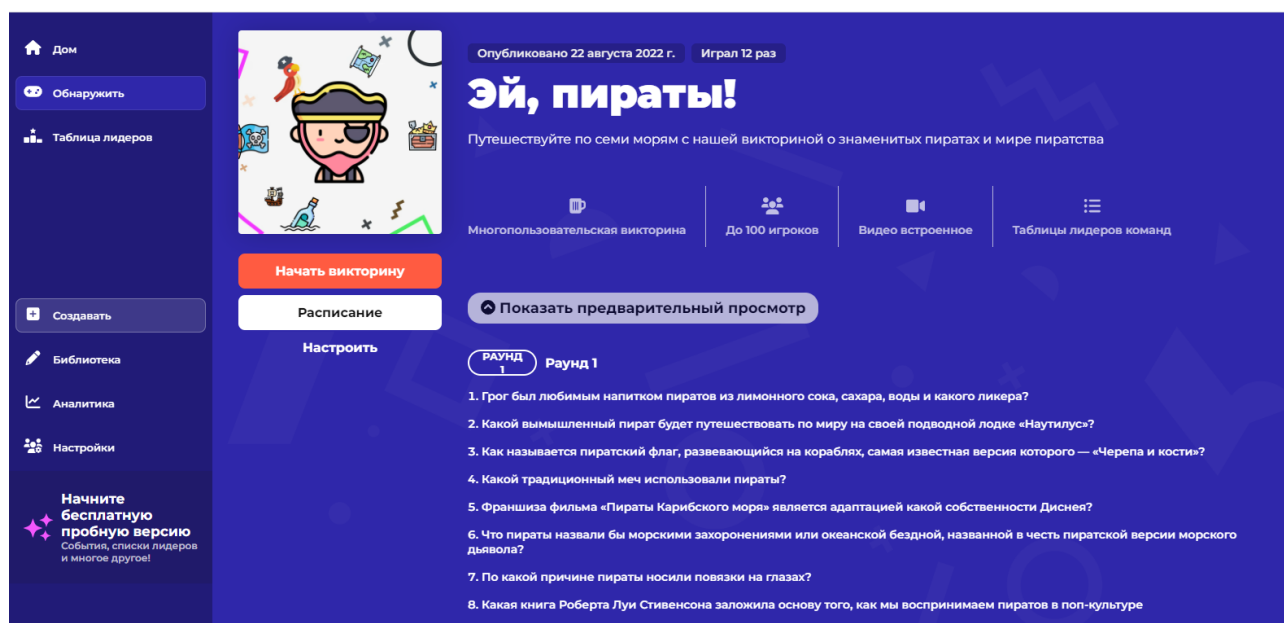


Рис. 3. Пример шаблона Doozy

LearningApps.org [4]. Сервис для разработки разнообразных тестовых заданий. Сервис ориентирован самый широкий круг пользователей, начиная со школьного возраста. При желании любой человек, имеющий самые минимальные навыки работы с ИКТ, может создать свой ресурс. Созданные ресурсы доступны только при наличии доступа в сеть Интернет.

## Функции LearningApps.org:

- позволяет добавлять в упражнения не только текст, но и аудио и видео фрагменты;
- имеет шаблоны по образовательным предметам, рассчитанным на разную аудиторию;
- позволяет использовать готовые шаблоны, редактировать их или создавать с нуля;
- возможность создания виртуального класса и взаимодействия с обучающимися в онлайн режиме.

Следует отметить, что шаблоны на сайте связаны с учебной программой. Они представляют собой набор уроков для самостоятельного закрепления материала. Каждый урок – это простое, наглядное и доступное задание (рис. 4).

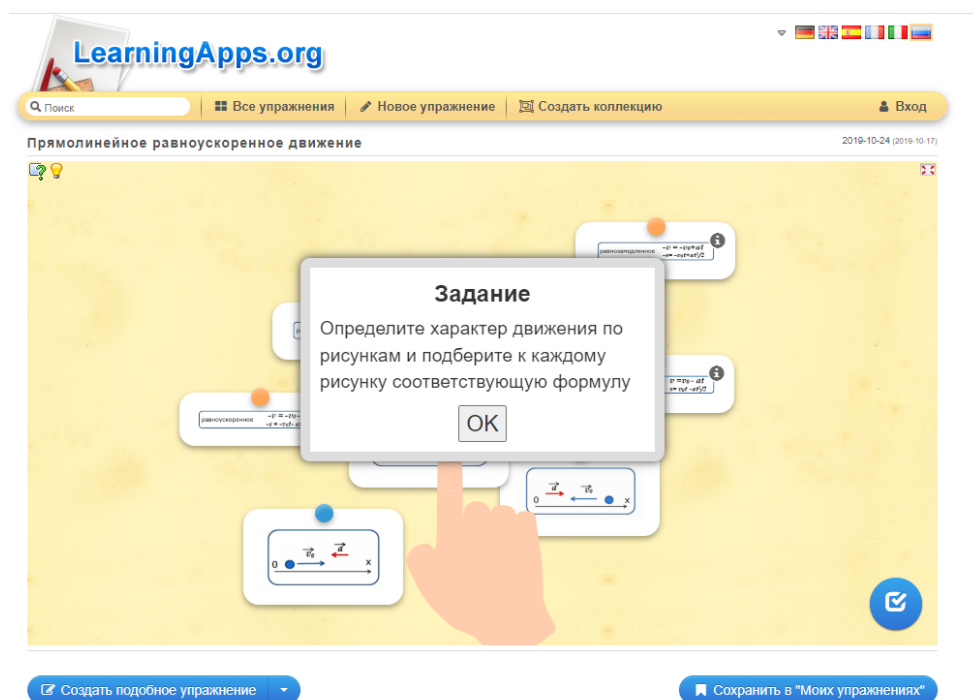


Рис. 4. Пример задания в LearningApps.org

С целью окончательного выбора из четырех рассматриваемых инструментов для создания ЭОР предлагается использовать метод SMART. Метод SMART [5] известен как один из простых методов многокритериального оценивания альтернатив, хорошо зарекомендовавших себя на практике.

Сначала формируется множество альтернатив (в нашем случае он содержит 4 интернет-сервиса) и множество критериев оценивания альтернатив. У каждого разработчика ЭОР могут быть свои требования к онлайн-сервису. Можно предложить, например, следующий набор критериев:

- ассортимент шаблонов;
- дизайн;
- геймификация;
- возможности использования ЭОР;
- результаты обучения;
- организация групп обучаемых.

Критерии упорядочиваются по важности, попарно сравниваются и получают от лица, принимающего решения (ЛПР), которым в данном случае является разработчик ЭОР, оценки по 100-балльной шкале. Далее оценки нормируются и нормированные оценки принимаются в качестве коэффициентов относительной важности (весов) критериев. Далее альтернативы сравниваются по каждому из критериев и получают оценки по 100-балльной шкале. Таким образом, каждая альтернатива получает столько оценок, сколько рассматривается критериев (в данном случае 6). Затем рассчитываются итоговые оценки альтернатив как взвешенные суммы оценок по отдельным критериям. На основе итоговых оценок происходит ранжирование альтернатив.

Подготовленный список онлайн-сервисов для разработки ЭОР, результаты их анализа, набор критериев оценивания и выбранный метод многокритериального оценивания альтернатив могут оказать информационную поддержку при решении задачи выбора инструментального средства для разработки ЭОР.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Wordwall URL: <https://wordwall.net/ru> (дата обращения: 08.09.22)
2. Quizizz URL: <https://quizizz.com/join> (дата обращения: 08.09.22)
3. Doozy URL: <https://doozy.live/app> (дата обращения: 08.09.22)
4. LearningApps.org URL: <https://learningapps.org/> (дата обращения: 08.09.22)
5. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений, а также Хроника событий в Волшебных странах. – М.: Логос, 2002. – 392 с.



УДК 004

Т. И. ГАРИФУЛЛИН, Н. В. КУТУЗОВ  
*turkat2007@yandex.ru*

*МАОУ «Лицей №58» ГО г. Уфа*  
*Московский физико-технический институт*

## РАСПОЗНАВАНИЕ ПОЛА И ВОЗРАСТА ПО ГОЛОСУ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

**Аннотация.** Разработка программы для распознавания пола и возраста по голосу с помощью нейронных сетей. Работа выполнена в виде проекта при участии в научно-технологической образовательной программе «Большие вызовы».

**Ключевые слова:** нейронная сеть; dataset; большие данные; искусственный интеллект.

Нейронная сеть (также искусственная нейронная сеть, ИНС) – математическая модель, а также ее программное или аппаратное воплощение, построенная по принципу организации и функционирования биологических нейронных сетей – сетей нервных клеток живого организма. Это понятие возникло при изучении процессов, протекающих в мозге, и при попытке смоделировать эти процессы. Первой такой попыткой были нейронные сети У. Маккалока и У. Питтса. После разработки алгоритмов обучения, получаемые модели стали использовать в практических целях: в задачах прогнозирования, для распознавания образов, в задачах управления и др.

ИНС представляет собой систему соединенных и взаимодействующих между собой простых процессоров (искусственных нейронов). Такие процессоры обычно довольно просты (особенно в сравнении с процессорами, используемыми в персональных компьютерах). Каждый процессор подобной сети имеет дело только с сигналами, которые он периодически получает, и сигналами, которые он периодически посылает другим процессорам. И, тем не менее, будучи соединенными в достаточно большую сеть с управляемым взаимодействием, такие по отдельности простые процессоры вместе способны выполнять довольно сложные задачи.

Нейронные сети не программируются в привычном смысле этого слова, они обучаются. Возможность обучения – одно из главных преимуществ нейронных сетей перед традиционными алгоритмами. Технически обучение заключается в нахождении коэффициентов связей между нейронами. В процессе обучения нейронная сеть способна выявлять сложные зависимости между входными данными и выходными, а также выполнять обобщение. Это значит, что в случае успешного обучения сеть сможет вернуть верный результат на основании данных, которые отсутствовали в обучающей выборке, а также неполных и/или «зашумленных», частично искаженных данных.

Dataset для машинного обучения – это обработанная и структурированная информация в табличном виде. Строки такой таблицы называются объектами, а столбцы – признаками. Различают 2 вида признаков:

- независимые переменные – предикторы;
- зависимые переменные – целевые признаки, которые вычисляются на основе одного или нескольких предикторов.

Признаковое описание характерно для задач классификации, когда имеется выборка – конечное множество объектов, для которых известно, к каким классам они относятся. Классовая принадлежность остальных объектов неизвестна. В процессе машинного обучения строится модель, способная классифицировать произвольный объект из исходного множества.

Нейронная сеть обучалась на Dataset Mozilla Common Voice. Common Voice – это общедоступный набор голосовых данных, созданный на основе голосов добровольцев со всего мира. Люди, которые хотят создавать голосовые приложения, могут использовать этот набор данных для обучения моделей машинного обучения.

Для обучения была выбрана библиотека PyTorch. PyTorch – Фреймворк машинного обучения для языка Python с открытым исходным кодом, созданный на базе Torch. Используется для решения различных задач: компьютерное зре-

ние, обработка естественного языка. Разрабатывается преимущественно группой искусственного интеллекта Facebook.

Аудио преобразовывалось по такому принципу:

1. открываем аудиофайл через подмодуль PyTorch torchaudio,
2. делаем спектрограмму,
3. преобразуем ее к определенному размеру (224 x 224).

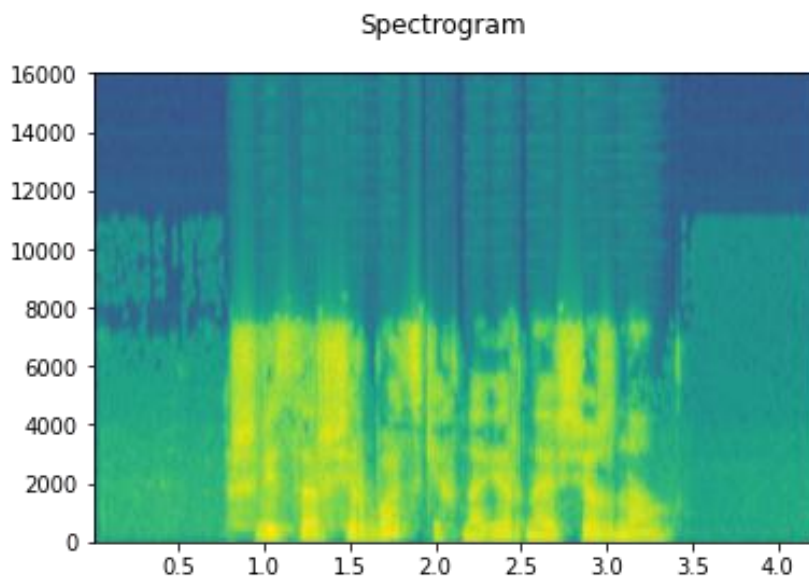


Рис. 1.

Для оценки результатов обучения я использовал метрику ассигасу, хоть есть метрики получше.

Ассигасу считается так: Количество правильных предсказаний / всего предсказаний. Для удобства преобразуем в проценты.

Запускаем первое обучение.

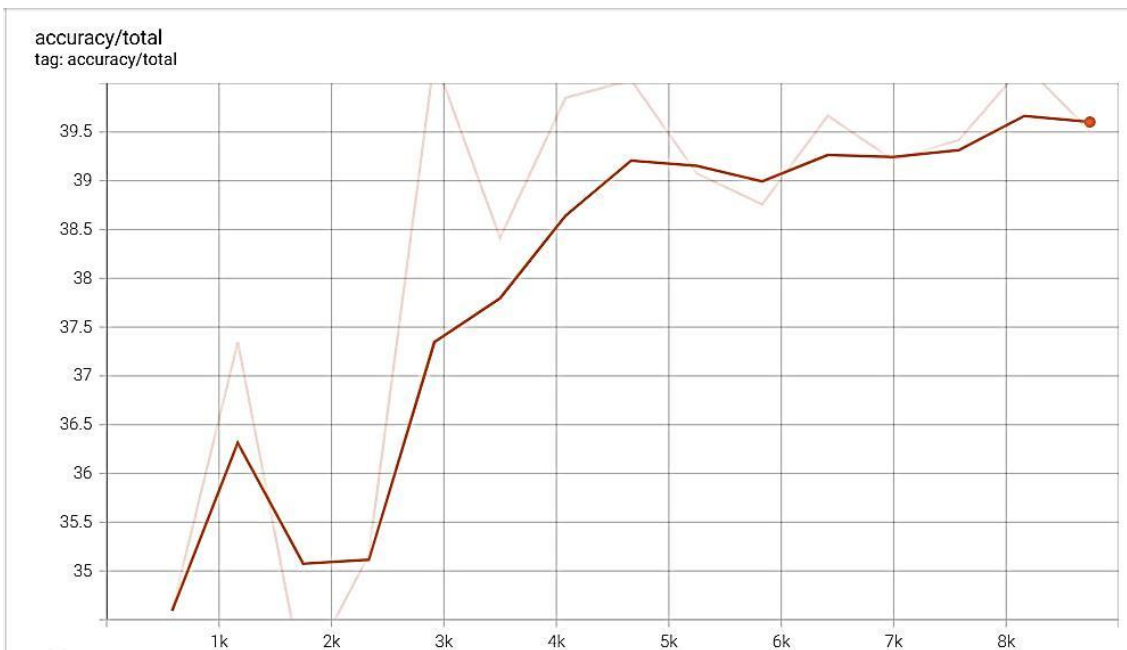


Рис. 2. Ассигасу предсказания возраста

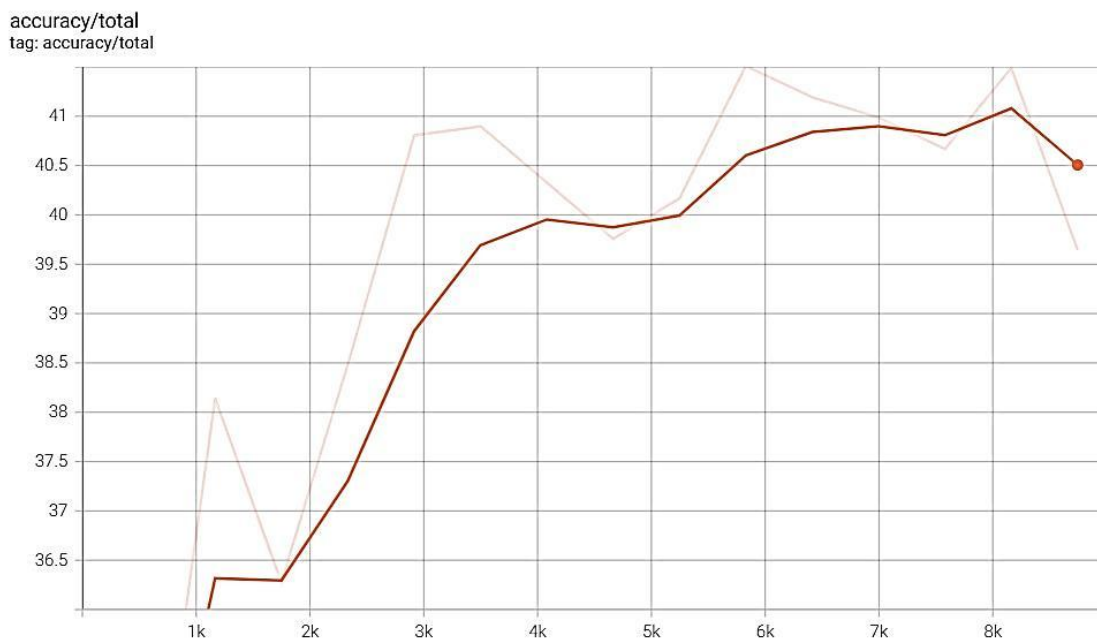


Рис. 3. Ассигасу предсказывания пола

Как мы видим, результаты неудовлетворительны. При первой попытке столкнулись с переобучением, т.к. количество данных в каждом классе сильно отличалось. Из-за переобучения модель предсказывала всегда один класс, т.к. его больше всех и количество правильных предсказаний соответственно больше.

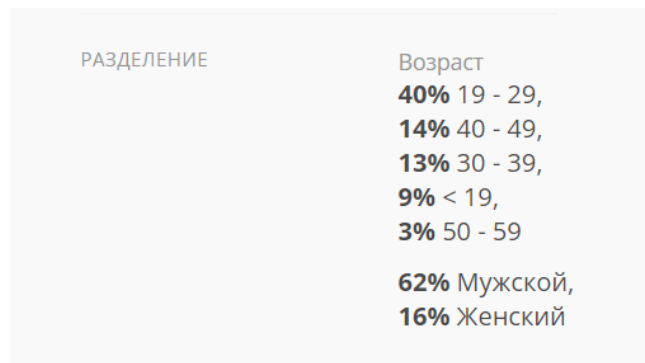


Рис. 4.

Для этого был придуман отдельный алгоритм для разбития аудио на несколько. Из-за того, что в одном аудиофайле говорит один и тот же человек, то при разбитии у нас получается больше аудио с такими же признаками.

В качестве модели для обучения была взята модель ResNet. ResNet (Residual Network, «остаточная сеть») – модель глубокой нейронной сети для классификации изображений. Создана Microsoft, чтобы преодолеть проблему снижения точности предсказаний с увеличением количества слоев в нейронных сетях.

Конечный результат обучения:

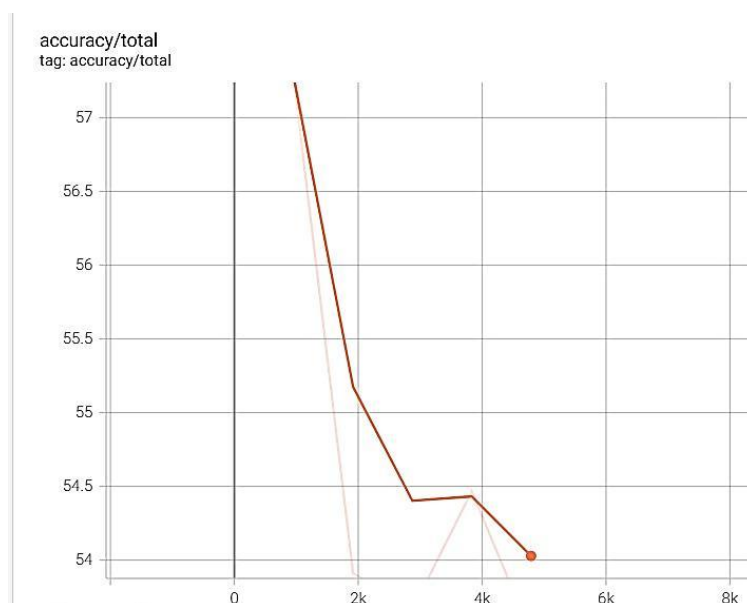


Рис. 5. Ассурасу предсказания возраста

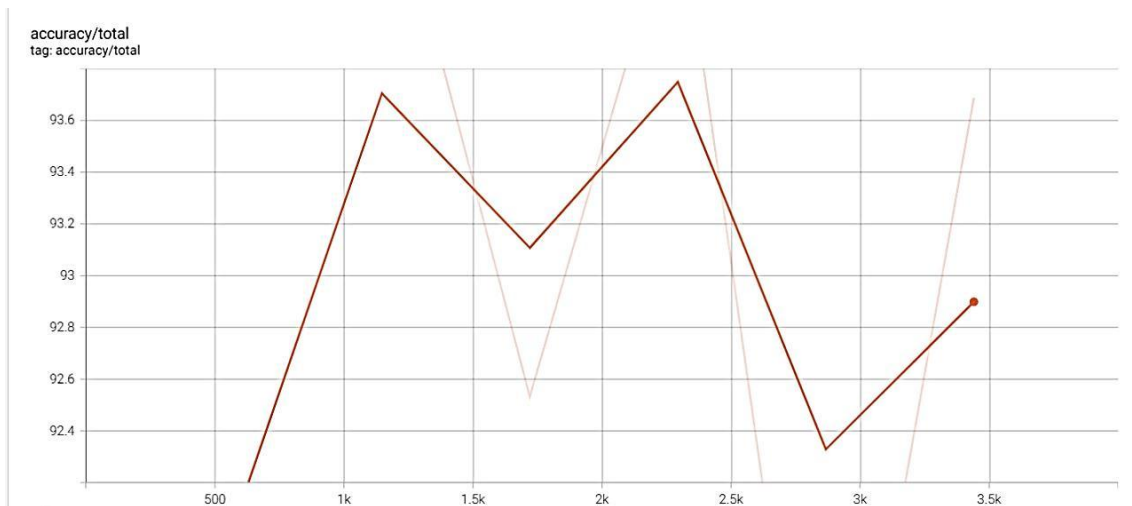


Рис. 6. Ассигуру предсказывания пола

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. PyTorch, URL: <https://pytorch.org/> (дата обращения 13.08.22)
2. Метрики в задачах машинного обучения / Хабр  
URL: <https://habr.com/ru/company/ods/blog/328372/> (дата обращения 13.08.22)
3. Audio Classification with PyTorch's Ecosystem Tools | by Dan Malowany | Towards Data Science  
URL: <https://towardsdatascience.com/audio-classification-with-pytorchs-ecosystem-tools-5de2b66e640c> (дата обращения 13.08.22)
4. Common Voice, URL: <https://commonvoice.mozilla.org/ru> (дата обращения 13.08.22)
5. Нейронная сеть — Википедия  
URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Нейронная\\_сеть](https://ru.wikipedia.org/wiki/Нейронная_сеть) (дата обращения 13.08.22)
6. Датасет для Machine Learning: что это и где его взять  
URL: <https://www.bigdataschool.ru/blog/dataset-data-preparation.html> (дата обращения 13.08.22)

УДК 004

В. А. ГЛУЩЕНКО, А. В. ШУНДЕЕВ, Д. В. ШЛЁНКИН, М. А. ИВАНОВ  
*val\_g\_2001@bk.ru, artem\_shundeev@mail.ru, kot.dima2011@yandex.ru,*  
*aa4052783@gmail.com*

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. А. С. КОВТУНЕНКО

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОГО ЧАТ-БОТА**

**Аннотация.** Рассматривается инструмент, который даст сотрудникам приемной комиссии удобство, скорость работы и, в то же время, будет знаком и привычен им, чат-бот.

**Ключевые слова:** чат-бот; Telegram; архитектура база данных; система управления базами данных; сервер; репозиторий.

### ***Актуальность работы***

Уже у каждого есть телефон, ставший в современном мире неотъемлемой частью каждого из нас. И большинство имеет опыт использования Telegram в качестве мессенджера, поэтому пойти по пути создания на его платформе информационного чат-бота стало естественным решением.

Telegram – это облачный мессенджер для мобильных устройств и компьютеров\*. Главные преимущества данного мессенджера:

- удобство;
- шифрование сообщений;
- скорость работы;
- открытость.

### ***Постановка задачи***

Реализовать информационного чат-бота с интуитивно понятным деревом диалогов.

---

\* <https://telegram.org>

### ***Стандартная реализация чат-бота***

Рассматривая реализацию рабочих чат-ботов, приходим к выводу, что большинство сделано на основе библиотеки «Telebot» без использования баз данных. Дерево диалогов реализовано при помощи ветвлений, из-за чего код более громоздкий и менее читаемый. Это приводит к невозможности оперативного изменения диалогов чат-бота, т.к. требуется обращаться к исходному коду.

### ***Собственная реализация чат-бота***

Собственная реализация включает в себя несколько ключевых этапов:

- Проектирование функциональной части для мобильности информации;
- Моделирование структуры базы данных;
- Работа серверной части.

### ***Проектирование функциональной части для мобильности информации***

Данный этап включает в себя проектирование работы чат-бота, связь с базой данных, а также асинхронную работу.

В качестве связи скрипта с мессенджером «Telegram» была использована библиотека «iogram». Библиотека iogram поддерживает асинхронность в общении, что означает отсутствие ошибок отправки сообщений конкретному пользователю, а также ускоренную работу по сравнению с стандартной библиотекой «Telebot».

Помимо библиотеки для работы с мессенджером «Telegram» необходимо средство связи с базой данных, расположенной и спроектированной на «PostgreSQL» – «psycorp2».

В ходе проектирования и разработки функциональной части чат-бота были разработаны оптимальные методы общения чат-бота с базой данных, которые позволяют создать универсальные запросы, благодаря чему данный чат-бот



имеет возможность работать после того, как база данных была изменена – дополнена либо уменьшена в объеме информации.

### *Моделирование структуры базы данных*

Моделирование базы данных происходило параллельно с проектированием функциональных возможностей чат-бота. База данных расположена на PostgreSQL.

PostgreSQL – это объектно-реляционная система управления базами данных (ORDBMS), наиболее развитая из открытых СУБД в мире. Имеет открытый исходный код и является альтернативой коммерческим базам данных\*.

Структурная схема данных изображена на рисунке 1.

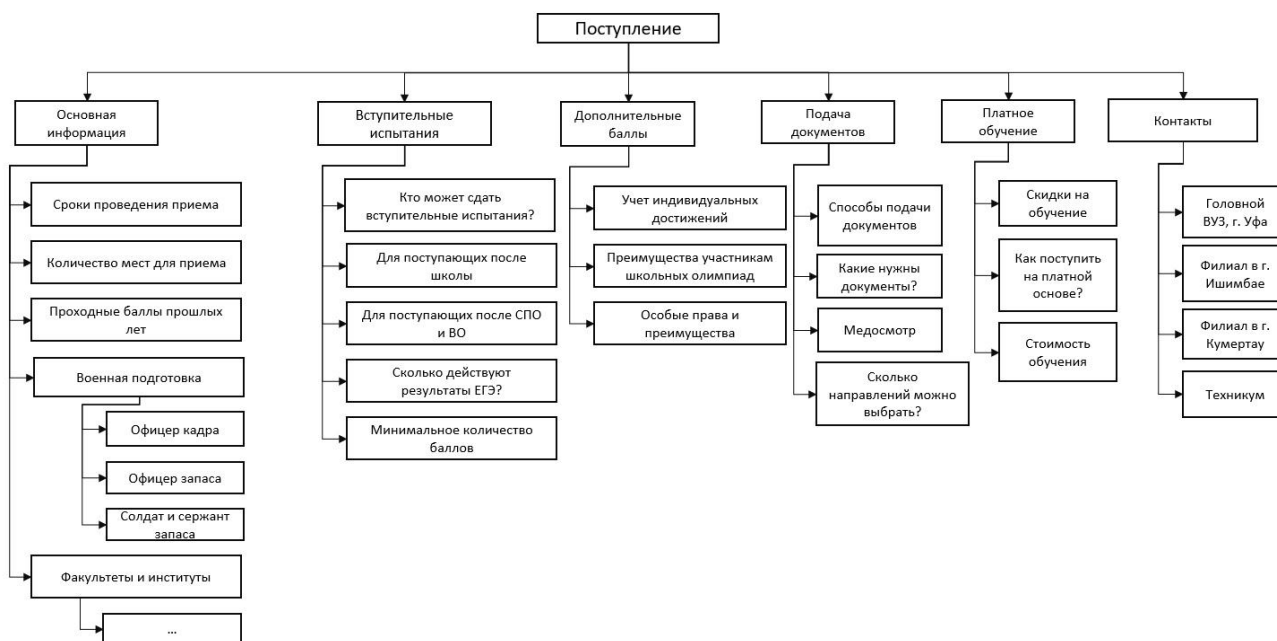


Рис. 1. Структурная схема данных

Изначально база данных должна была хранить информацию, которую было необходимо знать пользователю в виде «вопрос – ответ», тем самым по имени вопроса находить соответствующий ответ в базе данных. Однако, исходя из удобства пользования чат-ботом, было принято решение использовать особый тип кнопок в мессенджере «Telegram» – «Inline», который не позволял реа-

\* <https://blog.skillfactory.ru/glossary/postgresql/>

лизовывать обратную связь с чат-ботом, тем самым ограничивая функционал. Обратная связь была необходимо для того, чтобы чат-бот понимал, в каком контекстном меню сейчас находится данный пользователь, чтобы предложить ему определенный набор вопросов.

Для решения проблемы информация о диалогах была сохранена в базу данных. Помимо отправки обычного текста, чат-бот имеет возможность при необходимости отправлять набор виртуальных клавиатур и фотографий определенному пользователю, тем самым решая проблему о положении пользователя в контекстном меню и отправку мультимедийных сообщений.

Структура базы данных изображена на рисунке 2.

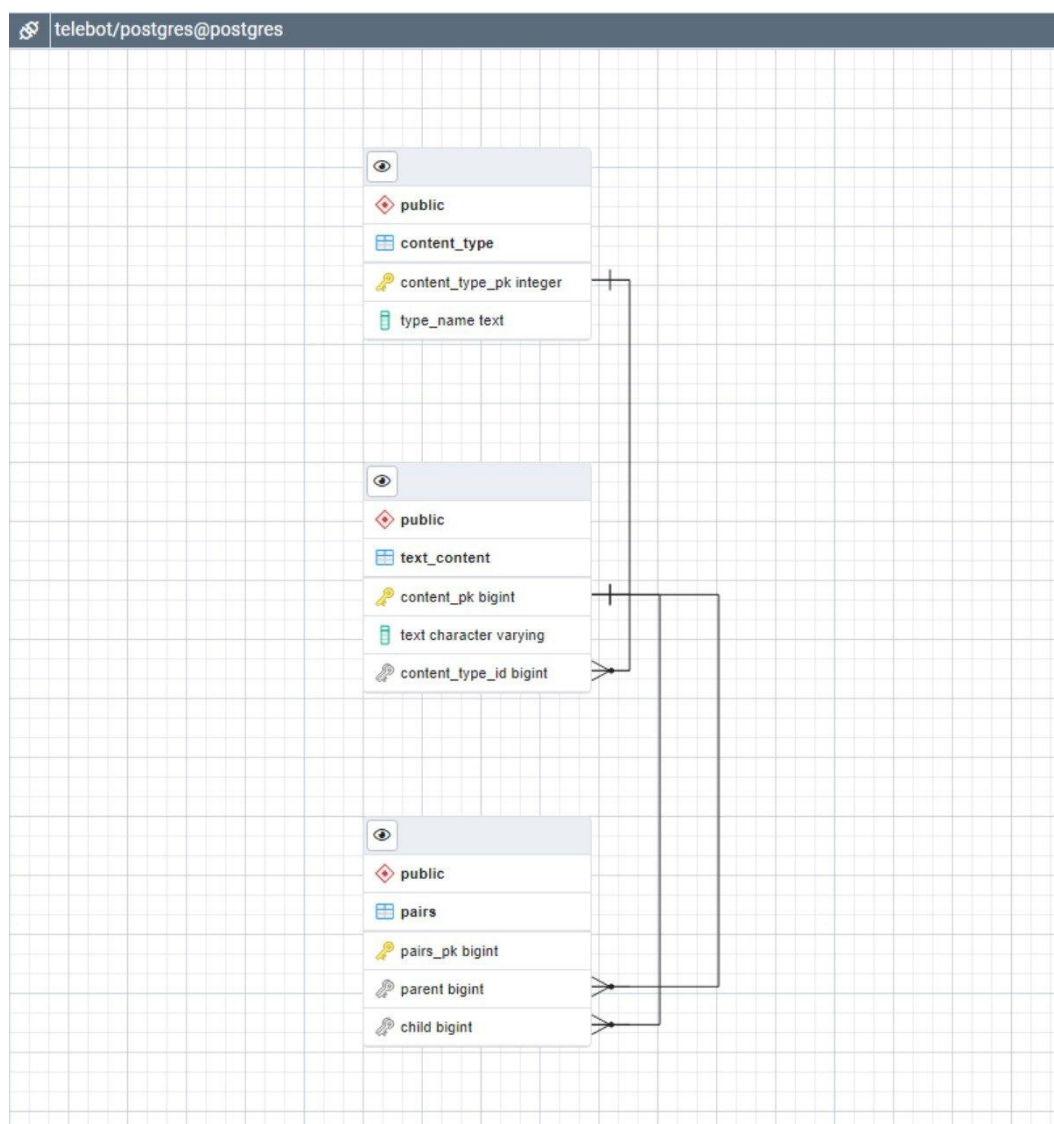


Рис. 2. Структура базы данных

### ***Работа серверной части***

Для непрерывной работы чат-бота руководство УГАТУ позволило разместить программу на сервере УГАТУ.

Сервер оснащен шестью гигабайтами оперативной памяти, виртуализированным двухъядерным процессором с частотой 2.4GHz и оперативной системой Windows Server 2022. Данные параметры позволяют выдержать нагрузку, которая оказывается на сервер в период приемной компании.

Для осуществления защищенного подключения использовался протокол RPTP, также для работы непосредственно на сервере использовался протокол RDP (Remote Desktop Protocol).

Программное обеспечение, установленное на сервере:

1. «Python 3.10.4» со всеми требующимися библиотеками для работы чат-бота.
2. «Postgresql» и «pgAdmin 4» для удобного администрирования базы данных, перенесенной с помощью утилит «pg\_dump» и «pg\_restore».

Для удобства и обеспечения скорейшей перезагрузки чат-бота в случае остановки был создан .bat файл, сам исполняемый файл был добавлен в автозагрузку системы. Также был размещен «python-скрипт», который осуществлял «логирование» нажатых кнопок для подсчета и дальнейшего анализа статистики использования чат-бота.

### ***Анализ результатов***

Конечный продукт – чат-бот способен вести диалог с пользователем по заранее заготовленным шаблонам, отвечать пользователю менее, чем за 1 секунду, что является приемлемой скоростью отклика. Бот умеет отправлять набор клавиатур и мультимедиа, относительно заданного вопроса (Рис).

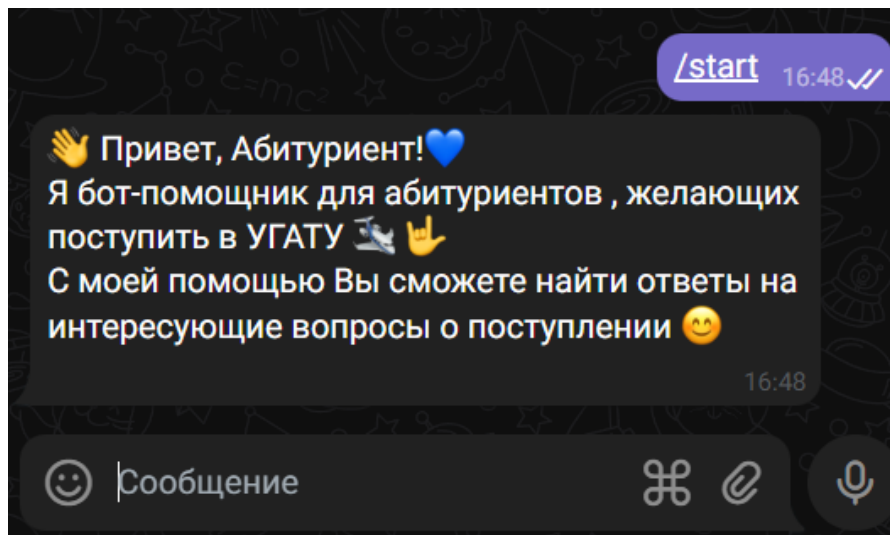


Рис. 3. Начало общения с чат-ботом

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сетевой ресурс «Официальный сайт телеграмм» URL: <https://telegram.org> (Дата посещения 14.09.2022)
2. «Работа с postgresql. Возможности и отличия»  
URL: <https://blog.skillfactory.ru/glossary/postgresql/> (Дата посещения 14.09.2022)
3. «Aiogram Documentation»  
URL: <https://docs.aiogram.dev/en/latest/> (Дата посещения 14.09.2022)
4. «Телебот быстро и понятно»  
URL: <https://habr.com/ru/post/580408/> (Дата посещения 14.09.2022)

УДК 358

А. М. ЕФРЕМОВ

*Potato1561@mail.ru*

Науч. руковод. – ст. преп. Э. Ю. АБДУЛЛИНА

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **ФОРМИРОВАНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ СТРАТЕГИЙ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ**

**Аннотация.** Формирование инновационной стратегии для отечественных предприятий высокотехнологичного приборостроения разумно строить исходя из опыта и апробированных моделей организации процессов нововведения в зарубежных странах.

**Ключевые слова:** инновационная стратегия, предприятие, приборостроение.

Анализ актуальной инновационной практики 31-ого предприятия в сфере высокотехнологичного приборостроения позволил выделить 4 типа сложившихся стратегий. В инновационном процессе «НИР – ОКР (ОТР) «производство» каждая из стратегий фокусируется на различных объектах инвестирования. Основным дифференцирующим признаком стратегий является способ формирования актива инновации – результаты НИОКР.

Отличается способ формирования объектов интеллектуальной собственности, схемы инновационного партнерства, модели финансирования и принадлежность маркетинговых рисков. Анализ позволил выделить и формализовать характеристики, достоинства и недостатки инновационных стратегий.

«Чистое производство». Предприятие не создает собственных научных подразделений и не финансирует сторонние научно-исследовательские разработки, находящиеся на стадиях от замысла до экспериментального образца. Предприятие является сторонним покупателем «готовых НИОКР-решений», доведенных до уровня промышленного образца, прототипа.

Инвестиции в инновации реализуются через приобретение ОИС и их интеграцию в производственный цикл. В исследуемом промышленном сегменте такая стратегия реализована в практике компаний: Garmin, Comverse, SPX, Uniden, ECI, Flextronic, Panasonic, ARM. Преимущество подхода – в высокой

эффективности инвестиций в ОИС – приобретаются только апробированные НИОКР решения, готовые к постановке на производство. Недостатком стратегии определяется зависимость от наличия на рынке готовых профильных маркетинговым интересам НИОКР решений. Существует риск инновационного запаздывания по отношению к конкурентам, имеющим собственные научно-исследовательские подразделения.

«Партнерство». Предприятие позиционируется как производственное, вступает в партнерство с научно-исследовательскими организациями, предлагая свою производственную площадку и услуги ОКР (ОТР). Риски и прибыль инновационного производства распределены между партнерами. Стратегия характерна для корпораций Mitac, TomTom, Dell, Celestica, Texas Instruments, пТДК, 3М. Преимущество: привлекательность партнерства, как формы взаимодействия для научно-исследовательских организаций, не имеющих собственной базы ОКР и производственного тиражирования. Недостатком для производственного предприятия является зависимость от НИОКР партнера, его активности и качества научных решений. Невозможность влиять на процессы НИОКР является видимой слабостью такой стратегии.

«Собственная наука». Предприятие создает собственное, организационно интегрированное в производственный цикл, подразделение НИОКР. Инвестиции направлены на формирование и реализацию программы. Такую инновационную стратегию диверсифицированные корпорации Trimble, Topcon, Nokia, Teak, IBM, Synopsys, Ericsson. Преимущество: полный контроль направления и содержания программ НИР, удержание исследований в рамках технологических возможностей и маркетинговых интересов промышленного предприятия. Стратегия снижает зависимость от рынка ОИС. Объективный недостаток - высокий уровень инвестиций в научные исследования и разработки. Многие исследователи отмечают в качестве недостатка низкую мотивацию и эффективность исследований собственного научного подразделения.

«Инновационная инфраструктура». Создание полной инновационной инфраструктуры, рис. 1. Инвестиции – инфраструктура и ее развитие. Стратегия характерна для концернов с далеким (15-20 лет) горизонтом стратегического планирования: Sony, Schneider Electric, IBIDEN, Furukawa Electric, L3, Thinfilm, Cisco Systems, Qualcomm, Samsung



Рис. 1. Проекция реализации подхода «инновационная инфраструктура» на сегмент «аппаратура навигации и времени»

Преимущество состоит в полном контроле процессов НИОКР на уровне отрасли. Отмечается максимум научной результативности – предпринимательская инициатива ученых, интегрированная в инфраструктуру. Достоинством модели также является возможность стороннего финансирования по программам развития технопарков, кластеров, технологических платформ. А объективный недостаток: очень высокий уровень инвестиций, организационные и транзакционные издержки предприятия – лидера инфраструктуры.

Таким образом, исследование показало 4 варианта инновационной стратегии для высокотехнологичного приборостроения, выбор которой обусловлен внутренним потенциалом, спецификой развития и условиями внешней среды предприятия.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Разработка и финансовое обеспечение инновационной стратегии предприятия: учеб. пособие / С. Н. Яшин, Е. В. Кошелев, А. В. Купцов; НГТУ им. Р. Е. Алексеева. — Нижний Новгород, 2012. — 313 с.
2. <https://econ.wikireading.ru/10577>
3. Основы инновационного менеджмента. Теория и практика: Учебник / Л.С.Барютин и др.; под ред. А.К. Казанцева, Л.Э. Миндели. 2-е изд. перераб. и доп. — М.: ЗАО «Издательство «Экономика», 2004. — 518 с.
4. Инновационный менеджмент / Под общ ред С.Д. Ильенковой. – М.,1997. – 327с
5. Инновационный менеджмент./ Колонтай М.М. –Мн.,1997. –191с.



М. Р. ИБАТУЛЛИН, Д.С. СЕРГЕЕВ, П. А. ШЕРСТНЕВ  
*ibatullin.m@gmail.com, sergeevdns@gmail.com, sherst.pavel@yandex.ru*  
Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. Р. Р. КАРИМОВ

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## РЕАЛИЗАЦИЯ БАЗОВЫХ МЕХАНИК VR-ПРИЛОЖЕНИЯ

**Аннотация.** В статье рассмотрена реализация базовых для любого VR-приложения механик, таких как перемещение или взаимодействие с окружающим миром. Приведены конкретные примеры кода на языке C#.

**Ключевые слова:** виртуальная реальность, механики, развитие ГИС, применение нейронных сетей, геоинформационные системы.

### **Введение**

Unity – это инструмент для разработки двух- и трехмерных приложений и игр, работающий под операционными системами Windows и OS X. Созданные с помощью Unity приложения работают под операционными системами Windows, OS X, WindowsPhone, Android, Apple iOS, Linux, а также на игровых приставках Wii, PlayStation 3, PlayStation 4, Xbox 360, XboxOne. Есть возможность создавать приложения для запуска в браузерах с помощью специального подключаемого модуля Unity (UnityWebPlayer), а также с помощью реализации технологии WebGL[1].

В рамках данной работы создается проект в среде разработки Unity, в котором реализованы:

- система перемещения;
- система Grab/Drop;
- система подсказок подбора предметов;

Объект исследования работы – Среда разработки Unity.

### **Управление камерой**

С целью взаимодействия игрока с объектами необходимо разработать базовые элементы перемещения и управления камерой.

Для этого создается новый пустой объект «Player» внутри которого добавляется объект Capsule, камера и объект для проверки нахождения объекта на поверхности (Рисунок 1).

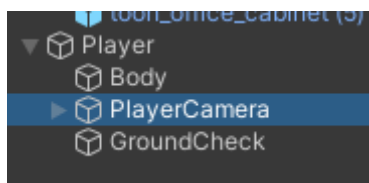


Рис. 1. Объект Player

Для реализации управления камерой достаточно считывать перемещение мышки с помощью встроенной в Unity функции `GetAxis`. В соответствии перемещением мыши по оси `Y` камера перемещается по вертикали, ограничиваясь функцией `Mathf.Clamp`, «Player» поворачивается по горизонтали в соответствии с перемещением мыши по оси `X`.

Программный код, необходимый для управления камерой будет реализован в скрипте «LookHandler». Фрагмент кода, выполняющий ранее описанные возможности приведен ниже.

```
public float sensitivity = 100.0f;
// Update is called once per frame
float xRotation = 0f;

public Transform playerBody;
void Start() {
    Cursor.lockState = CursorLockMode.Locked;
}
void Update()
{
    float mouseX = Input.GetAxis("Mouse
X") * sensitivity * Time.deltaTime;
    float mouseY = Input.GetAxis("Mouse
Y") * sensitivity * Time.deltaTime;

    xRotation -= mouseY;
    xRotation = Mathf.Clamp(xRotation, -90f, 90f);
    transform.localRotation = Quaternion.Euler(xRotation, 0f,
0f);
    playerBody.Rotate(Vector3.up * mouseX);
}
```

Рис. 2.

## ***Перемещение***

Для реализации перемещения необходимо считать нажатие кнопок перемещения с помощью функции `GetAxis`. В соответствии с полученными данными объект «`Player`» будет перемещаться в указанную игроком сторону.

Симуляция гравитации игрока будет осуществляться в соответствии с формулой (1).

$$S = \frac{gt^2}{2} \quad (1)$$

Поскольку при падении накапливается скорость падения, необходимо ее обнулять ее при обнаружении поверхности. С этой целью создан объект `GroundCheck`.

Программный код, необходимый для перемещения игрока будет реализован в скрипте «`MovementHandler`». Фрагмент кода, выполняющий ранее описанные возможности приведен ниже.

```
// Start is called before the first frame update
public CharacterController controller;
public float speed = 12f;
public float gravity = -9.81f;
Vector3 velocity;

public Transform groundCheck;
public float groundDistance = 0.4f;
public LayerMask groundMask;
bool isGrounded;
// Update is called once per frame
void Update()
{
    isGrounded = Physics.CheckSphere(groundCheck.position,
groundDistance, groundMask);

    if(isGrounded && velocity.y<0)
    {
        velocity.y = -2f;
    }
    float x = Input.GetAxis("Horizontal");
    float z = Input.GetAxis("Vertical");
    Vector3 move = transform.right*x+transform.forward*z;

    controller.Move(move*speed*Time.deltaTime);
    velocity.y += gravity*Time.deltaTime;
    controller.Move(velocity*Time.deltaTime);
}
```

Рис. 3.

Для реализации перемещения игрока и управления камерой с помощью VR гарнитуры были использованы встроенные в Unity методы, которые позволяют считать с различных датчиков шлема параметры для управления камерой, а перемещение игрока в пространстве осуществляется с помощью кнопок на контроллерах.

Также с помощью датчиков на контроллерах реализовано движением объектами рук в VR в помощью встроенных в Unity функций.

### ***Примеры использования нейронных сетей в ГИС***

Для расположения объекта после использования на нем процедуры Grab («взять») нужно разместить перед игроком пустой объект с координатами, привязанными к нему. Пусть этот объект называется «Pickup point».

Для поднятия предмета при использовании управления с мыши и клавиатуры будет использован рейкастинг. Он будет применяться для нахождения объекта взаимодействия следующим образом: из центра экрана выпускается луч, который идет до первого объекта на его пути в пределах заданного расстояния прохождения луча. Далее объект, с которым произошло пересечение, будет автоматически записан в специальную переменную, предусмотренную Unity. В случае, если объектов на пути луча не будет, переменная останется пустой.

Процедура Grab будет реализована следующим образом: при нажатии кнопки, отвечающей за процедуру «Взять», выпускается луч на ограниченное расстояние. Если объект, в который попал луч, находится на слое «Pickup Layer», то он будет перемещен на место «Pickup point», при этом симуляция гравитации для объекта будет выключена.

Процедура Drop («выбросить») будет реализована следующим образом: при нажатии кнопки, отвечающей за процедуру «выбросить», между взятым с помощью Grab объектом и «Pickup Point» будет рассчитано расстояние, чтобы узнать скорость, с которой объект будет выброшен. Данная скорость присваи-

вается выпускаемому предмету, для него активируется симуляция гравитации. После этого объект будет успешно «выброшен».

Программный код, необходимый для процедур «Grab» и «Drop» будет реализован в скрипте «GrabAndDrop». Фрагмент кода, выполняющий ранее описанные возможности приведен ниже.

```
// Start is called before the first frame update
[SerializeField] private LayerMask PickupMask;
[SerializeField] private Camera PlayerCamera;
[SerializeField] private Transform PickupTarget;
[Space]
[SerializeField] private float PickupRange;
private Rigidbody CurrentObject;

// Update is called once per frame
void Update()
{
    if(CurrentObject)
    {
        Vector3 DirectionPoint = PickupTarget.position - CurrentObject.position;
        float DistanceToPoint = DirectionPoint.magnitude;
        CurrentObject.velocity = DirectionPoint*12f*DistanceToPoint;
    }
    if(Input.GetKeyDown(KeyCode.E))
    {
        if (CurrentObject)
        {
            CurrentObject.useGravity = true;
            CurrentObject = null;
            return;
        }
        Ray CameraRay = PlayerCamera.ViewportPointToRay(new Vector3(0.5f, 0.5f, 0f));
        if (Physics.Raycast(CameraRay, out RaycastHit HitInfo, PickupRange, PickupMask))
        {
            CurrentObject = HitInfo.rigidbody;
            CurrentObject.useGravity = false;
        }
    }
}
```

Рис. 4.

Для реализации процедур «Grab» и «Drop» при использовании VR гарнитуры для управления будут использоваться функции, встроенные в Unity. При этом для того, чтобы узнать какой объект нужно сейчас подобрать рукой, используется Collider (вместо рейкастинга при управлении с помощью клавиатуры) у объекта «RightHand Controller» (Рисунок 5)[2]. При пересечении этого коллайдера с объектом взаимодействия, объект выделяется и с ним становятся возможны взаимодействия при нажатии кнопки, поднять при пустой руке с помощью «Grab» и бросить с помощью «Drop».

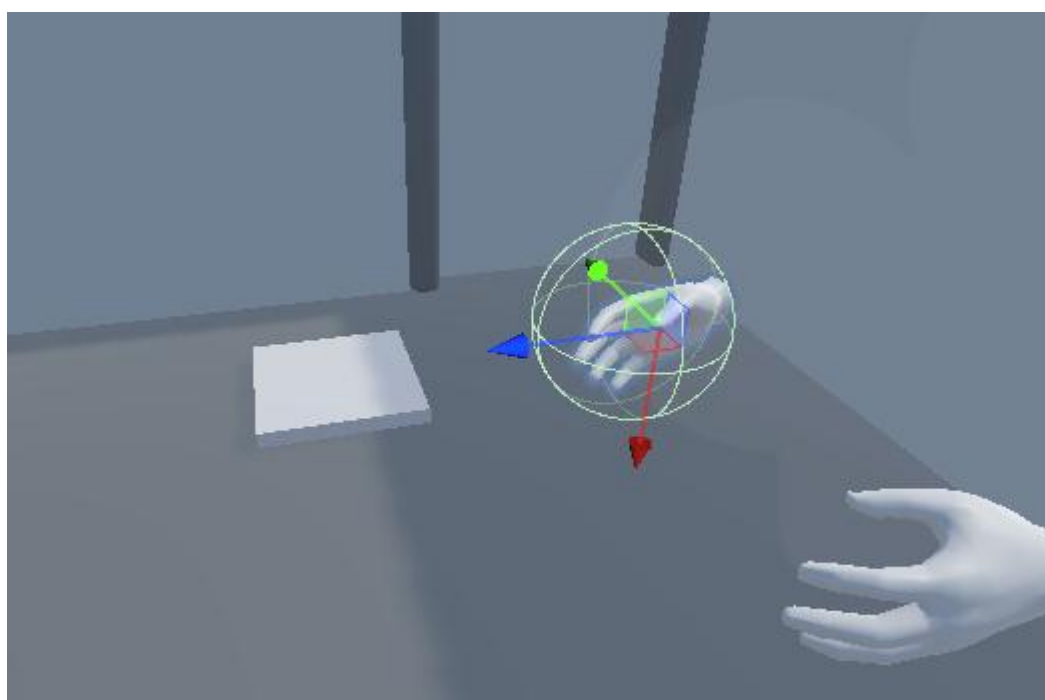


Рис. 5. Коллайдер правой руки

### ***Реализация подсказок для пользователя***

Что подсказать игроку, с каким объектом нужно взаимодействовать в данный момент, будут отображаться подсказки в виде изменения цвета объекта взаимодействия [3].

Данная процедура будет реализована следующим образом: из центра камеры выполняем ранее описанную процедуру рейкастинга и, если пересеченный лучом объект находится на слое «Pickup Layer» и в переменной «AllowInteract» компонента «HighlightObject» данного объекта лежит значение true,

то материал данного объекта будет заменен на зеленый. Если же значение данной переменной будет false, то материал объекта будет заменен на красный.

При этом, когда центр камеры будет смещен с ранее выделенного материалом объекта, то для объекта будет установлен изначальный материал.

Программный код, необходимый для вывода подсказок пользователям будет реализован в скрипте «RayCastObject» этот скрипт будет «привязан» к камере для выполнения рейкастинга. Фрагмент кода, выполняющий ранее описанные возможности приведен ниже.

```
public Material greenMaterial;
public Material redMaterial;
Material originalMaterial;
GameObject lastHighlightedObject;

public GameObject GnDObject;
public LayerMask objectsLayerMask;

void HighlightObject(GameObject gameObject)
{
    try
    {
        if (GnDObject.GetComponent<GrabAndDrop>().Grabbed ==
false)
        {
        }
        else
        {
            ClearHighlighted();
            return;
        }
    }
    catch
    {
        ClearHighlighted();
        return;
    }
    if (lastHighlightedObject != gameObject)
    {
        ClearHighlighted();
        originalMaterial = gameOb-
ject.GetComponent<MeshRenderer>().sharedMaterial;
        gameObject.GetComponent<MeshRenderer>().sharedMaterial
= gameOb-
ject.GetComponent<HilightObject>().AllowInteract?greenMaterial:red
Material;
```

```

        lastHighlightedObject = gameObject;
    }

}

void ClearHighlighted()
{
    if (lastHighlightedObject != null)
    {
        lastHighlightedObject.GetComponent<MeshRenderer>().sharedMaterial = originalMaterial;
        lastHighlightedObject = null;
    }
}

void HighlightObjectInCenterOfCam()
{
    float rayDistance = 1000.0f;
    Ray ray = gameObject.GetComponent<Camera>().ViewportPointToRay(new Vector3(0.5f, 0.5f, 0f));
    RaycastHit rayHit;
    if (Physics.Raycast(ray, out rayHit, rayDistance, objectsLayerMask))
    {
        GameObject hitObject = rayHit.collider.gameObject;
        HighlightObject(hitObject);
    } else
    {
        ClearHighlighted();
    }
}

void Update()
{
    HighlightObjectInCenterOfCam();
}

```

Рис. 6.

Для работы описанного ранее скрипта также будет необходим дополнительный скрипт «HilightObject» с переменной «AllowInteract», позволяющий определить материал выделяемого объекта. Данный скрипт должен быть «привязан» к каждому объекту, с которым возможно взаимодействие для корректного отображения подсказок, поскольку без него невозможно узнать, какой мате-



риал необходимо использовать для отображения подсказки [4]. Фрагмент кода, выполняющий ранее описанные возможности приведен ниже.

```
[SerializeField]
private bool m_AllowInteract;

public bool AllowInteract
{
    get
    {
        return m_AllowInteract;
    }
    set
    {
        m_AllowInteract = value;
    }
}
```

Рис. 7.

### ***Заключение***

В результате прохождения производственной практики была реализована система Grab/Drop в среде Unity. В работы была создана сцена с необходимыми предметами и настроены объекты, с которыми нужно взаимодействовать. Также реализовано движение внутри сцены и управление камерой. Наконец был создан и реализован алгоритм поднятия и бросания предметов.

При написании работы была изучена специальная документация Unity, используемая для написания программного кода. Таким образом было реализовано:

- система Grab/Drop на платформе разработки Unity;
- VR управление с помощью встроенных в Unity возможностей;
- подсказки пользователям с помощью выделения объектов различными цветами при наведении;

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Ларкович, С. Н. Unity на практике. Создаем 3d-игры и 3d-миры : учебное пособие / С. Н. Ларкович. — Санкт-Петербург : Наука и Техника, 2019. — 272 с. — ISBN 978-5-94387-780-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/139150> (дата обращения: 10.06.2022);

2. Unity User Manual. URL: <https://docs.unity3d.com/Manual/index.html> (дата обращения: 10.06.2022);
3. Джонатан, Л. Виртуальная реальность в Unity / Л. Джонатан ; перевод с английского Р. Н. Рагимов. — Москва : ДМК Пресс, 2016. — 316 с. — ISBN 978-5-97060-234-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/93271> (дата обращения: 10.06.2022);
4. Корнилов, А. В. UNITY. Полное руководство. (+виртуальный DVD 10 Гб с Unity-проектами, примерами из книги и ассетами) / А. В. Корнилов. — 2-е изд. — Санкт-Петербург : Наука и Техника, 2021. — 496 с. — ISBN 978-5-94387-721-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/191482> (дата обращения: 10.06.2022)

УДК 004

Р. А. КАШАПОВ

*k.ruslan.ufa@gmail.com*

Науч. руковод. – д-р техн. наук, проф. А. Ф. ВАЛЕЕВА

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

**АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ  
В ОБЛАСТИ ЗАДАЧ МАРШРУТИЗАЦИИ С ОГРАНИЧЕНИЕМ  
ПО ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ С ДВУМЕРНЫМ  
РАЗМЕЩЕНИЕМ ГРУЗА ВНУТРИ**

*Аннотация.* В статье приводится анализ проблемы решения задач маршрутизации с двумерным размещением груза внутри, современного состояния проблемы в области решения задач маршрутизации. Отмечены аспекты решаемой проблемы, выявленные при анализе и структурировании собранных научных статей в виде применяемых алгоритмов, методов, подходов, программных средств для решения проблемы.

*Ключевые слова:* задача маршрутизации, эвристические методы, метаэвристика, двумерное размещение груза

***Введение***

Задача маршрутизации транспортных средств с ограничением по грузоподъемности (CVRP) в общем виде является одной из главных задач логистики, целью которой является определение оптимальных маршрутов для перевозки грузов. Задача маршрутизации с двумерным размещением груза внутри (2L-CVRP) является подвидом классической задачи CVRP с учетом размещения двумерных предметов (груза) в кузове транспортного средства и объединяет задачи CVRP и задачу двумерной упаковки (*Two-Dimensional Bin Packing Problem*), которая заключается в минимизации занятой грузом части кузова транспортного средства. Такие задачи являются целочисленными и NP-трудными. Выбор оптимальных методов решения, алгоритмов для данных задач будет способствовать совершенствованию логистической системы любого предприятия, что положительно повлияет на минимизацию затрат и получение максимальной прибыли. В данной работе на основе научных публикаций проведен анализ существующих методов решения задачи маршрутизации с учетом грузоподъемности с двумерным размещением груза внутри (2L-CVRP).

## *Современное состояние проблемы*

Проблемы усовершенствования классических точных методов решения задачи, численных экспериментов, выбора лучших эвристических методов из числа существующих, открытия, разработки новых эвристических методов, накладывания дополнительных ограничений и учета второстепенных факторов являются основными объектами исследований на сегодняшний день.

Например, в статье [1] рассматриваются способы решения различных задач маршрутизации, алгоритмы для решения классифицированы по частоте использования. Самые используемые – эвристические и метаэвристические методы, так как точные алгоритмы не всегда дают решение за приемлемое время при большем объеме входных данных.

В статье [2] предлагается нестандартный подход к решению задачи. Предполагается использование эвристического алгоритма решения задачи маршрутизации транспорта с учетом грузоподъемности. Алгоритм состоит из двух фаз: кластеризации вершин на группы и вычисления маршрутов отдельно по группам.

Авторами статьи [3] предлагается использовать для решения задачи известные эвристические и метаэвристические алгоритмы, такие как: генетический алгоритм, алгоритм муравьиной колонии, имитация отжига. В статье также предлагается учитывать качество, стоимость дорог, тип дорог, ограничение скорости на дорогах для минимизации транспортных расходов на перевозку груза.

Статья [4] посвящена задаче маршрутизации транспорта с учетом грузоподъемности с двумерным размещением груза внутри, с условием того, что парк транспортных средств является разнородным. Предложена смешанная целочисленная модель линейного программирования, численный эксперимент показал, что подход с данной моделью способен эффективно решить задачу с небольшим числом клиентов и товаров.

Выбор оптимальных характеристик для маршрутизации транспортных потоков становится более актуальным в связи расширением сети автомобильных дорог, что позволяет достигать пункта назначения различными путями. С этим возрастает потребность в учете мер технического регулирования.

Так, авторами [5] делается акцент на нагрузку осей грузовика и оси прицепа при решении задачи маршрутизации с учетом грузоподъемности. Предлагается добавлять дополнительное условие в математическую модель задачи для учета нагрузки на оси.

В статье [6] делается акцент на решении задачи 2L-CVRP с дополнительным условием, где транспортные средства находятся в нескольких депо 2L-MDCVRP. Предлагается использовать алгоритм квантового роя частиц QPSO и эвристический эволюционный алгоритм локального поиска. Метод роя частиц является эффективным подходом для решения CVRP, что продемонстрировал численный эксперимент.

В [7] предлагается скомбинировать два метода для решения задачи маршрутизации с двумерным размещением груза внутри 2L-CVRP. Представлен алгоритм, решающий задачу маршрутизации с помощью алгоритма ближайших соседей, а задачу двумерной упаковки с помощью какого-либо эвристического метода.

Авторы статьи [8] предлагают решать задачу с помощью нового эвристического алгоритма оптимизации китов, который симулирует поведение горбатых китов во время охоты. Утверждается, что данный алгоритм может качественно решать поставленную задачу с учетом многих факторов, что будет способствовать эффективному распределению логистических перевозок.

В статье [9] предлагается оптимизировать решение классических задач, в частности 2L-CVRP. Представлен подход, который учитывает нагрузку на ось грузовика с прицепом и без него, показана необходимость проверки ограничения веса оси после каждого размещения груза внутри транспортного средства. Показано, что без учета веса оси в задачах данного типа возникает перегрузка

по крайней мере одной оси. Рекомендуется учитывать этот факт при решении задач данного типа

В [10] рассмотрена оптимизационная задача доставки однородного груза из некоторого пункта производства в пункты потребления транспортным средством ограниченной вместимости с возможностью неоднократного посещения каждого пункта, проведена формализация поставленной задачи, для ее решения предлагается использовать жадный алгоритм

Авторы статьи [11] предлагают учитывать при решении задач данного класса зависимость стоимости транспортировки от загрузки транспортного средства и качества дороги. Для решения задачи наряду с точным алгоритмом используется модификация эвристического алгоритма Кларка-Райта.

В работе [12] предлагается комплексный метод решения задачи маршрутизации, сочетающий известный алгоритм FF – первый подходящий, оригинальный алгоритм FFR – первый подходящий с переупорядочиванием, оценивать полученное решение предлагается с помощью нижних оценок С. Мартелло и П. Тота для контроля оптимальности решения. Численный эксперимент показал эффективность данного подхода при умеренной размерности задачи.

### ***Заключение***

Анализ работ показал, что для решения таких задач чаще используют классические эвристические и метаэвристические алгоритмы, реже точные методы. Также набирают популярность новые эвристические алгоритмы, например, такие как алгоритм оптимизации китов. Особое внимание уделяется учету новых факторов и добавлению в математические модели поставленных задач дополнительных условий: учет воздействия груза на оси грузовика и прицепа, учет коэффициента сложности дороги, учет качества дороги при транспортировке. Несмотря на возрастающую сложность задач и потребностей логистической сферы, исследования в этом направлении актуальны на сегодняшний день.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дмитрий Трофимов Задача маршрутизации транспорта. Дискретная математика: Алгоритмы URL: [https://www.lobanov-logist.ru/library/all\\_articles/55059/](https://www.lobanov-logist.ru/library/all_articles/55059/)
2. Ю.Л Костюк М.С. Пожидаев СБАЛАНСИРОВАННАЯ ЭВРИСТИКА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ МАРШРУТИЗАЦИИ ТРАНСПОРТА С УЧЕТОМ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ Вестник Томского Государственного университета, 2010 URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sbalansirovannaya-evristika-dlya-resheniya-zadachi-marshrutizatsii-transporta-s-uchetom-gruzopodemnosti/viewer>
3. Валева А. Ф. Валева Р. С. Гончарова Ю. А. Задачи маршрутизации при транспортировке: обзор моделей, методов, алгоритмов Часть 1. Уфимский государственный технический университет (Уфа, Россия) Август 2019 URL: <http://lscm.ru/images/PDF/4-2019/%D0%92%D0%B0%D0%BB%D0%B5%D0%B5%D0%B2%D0%B0-04-2019.pdf>
4. Lilian Caroline Xavier Candido Luzia Vidal de Souza Mathematical Model and Simulated Annealing Algorithm for the Two-Dimensional Loading Heterogeneous Fixed Fleet Vehicle Routing Problem Federal University of Parana, Curitiba, Brazil Received 17 June 2021; Accepted 17 December 2021; Published 28 January 2022 URL: <https://downloads.hindawi.com/journals/mpe/2022/6012105.pdf>
5. Hanne Pollaris Kris Braekers An Caris Gerrit K. Janssens THE CAPACITATED VEHICLE ROUTING PROBLEM WITH LOADING CONSTRAINTS Hasselt University, Agoralaan – Gebouw D, BE-3590 Diepenbeek Research Foundation Flanders (FWO), Egmontstraat 5, BE-1000 Brussels URL: [http://www.msc-les.org/proceedings/hms/2013/HMS2013\\_7.pdf](http://www.msc-les.org/proceedings/hms/2013/HMS2013_7.pdf)
6. Zhu X.N. Yan R. Zhang. Q A PROMOTED HYBRID HEURISTIC ALGORITHM FOR TWO-DIMENSIONAL MULTI-DEPOTS VEHICLE ROUTING PROBLEM School of Economics and Management Beijing Information Science & Technology University, Beijing 100192, China. URL: [http://www.ijssimm.com/Full\\_Papers/Fulltext2015/text14-3\\_499-510.pdf](http://www.ijssimm.com/Full_Papers/Fulltext2015/text14-3_499-510.pdf)
7. The Jin Ai S.S. Wigati Combination of nearest neighbor and heuristics algorithms for sequential two-dimensional loading capacitated vehicle routing problem Department of Industrial Engineering, Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Jl. Babarsari No. 44 Yogyakarta 55281, Indonesia 19-Jul-2019 03:05PM (UTC+0700) URL: <http://e-journal.uajy.ac.id/19211/12/Turnitin%2017.pdf>
8. Nai K. Yu Wen Jiang Rong Hu Bin Qian Ling Wang Learning Whale Optimization Algorithm for Open Vehicle Routing Problem with Loading Constraints Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650500, China 2 Faculty of Information Engineering and Automation, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650500, China 3 Yunnan Key Laboratory of Artificial Intelligence, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650500, China 4 Department of Automation, Tsinghua University, Beijing 100084, China Received 28 July 2021; Revised 30 November 2021; Accepted 6 December 2021; Published 26 December 2021 URL: <https://downloads.hindawi.com/journals/ddns/2021/8016356.pdf>
9. Corinna Krebs Jan Fabian Ehmke Axle Weights in combined Vehicle Routing and Container Loading Problems Department of Management Science, Otto von Guericke University Magdeburg, Universitätsplatz 2, 39106, Magdeburg, Germany Business Analytics Group, University of Vienna, Kolingasse 14-16, 1090, Vienna, Austria URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2192437621000157>
10. Е. М. Бронштейн Р. М. Гиндуллин ОБ ОДНОМ КЛАССЕ ЗАДАЧ МАРШРУТИЗАЦИИ Математическое моделирование: методы, алгоритмы, технологии, Уфа, Россия URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ob-odnom-klasse-zadach-marshrutizatsii/viewer>
11. Е.М. Бронштейн П.А Зелёв ОБ ОПТИМАЛЬНОЙ ДОСТАВКЕ ГРУЗОВ ТРАНСПОРТНЫМ СРЕДСТВОМ С УЧЕТОМ ЗАВИСИМОСТИ СТОИМОСТИ ПЕРЕВОЗОК ОТ ЗАГРУЗКИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ПО НЕСКОЛЬКИМ ЦИКЛИЧЕСКИМ МАРШРУТАМ Информ. и ее примен., 2014, том 8, выпуск 4, 53–57 URL: <http://www.mathnet.ru/links/9e8b57668b82f4c7f060efd032f3fe17/ia343.pdf>
12. Ю.В Бугаев Л.А Коробова С.В Гудков Методы оптимизации развозки грузов потребителям несколькими транспортными средствами Вестник ВГУИТ, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metody-optimizatsii-razvozki-gruzov-potrebitelyam-neskolkimi-transportnymi-sredstvami/viewer>

УДК 004

А. Д. ЛАТЫПОВ

*ainur\_latypov00@mail.ru*

Науч. руковод. – д-р техн. наук, проф. А. Ф. ВАЛЕЕВА

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ЗАДАЧИ МАРШРУТИЗАЦИИ С РАЗДЕЛЬНОЙ ДОСТАВКОЙ**

**Аннотация.** В статье приводится описание терминологии проблемы задачи маршрутизации транспортных средств с отдельной доставкой, актуальности рассматриваемой тематики, современного состояния проблемы в области транспортировки грузов с отдельной доставкой. Отмечены аспекты решаемой проблемы и используемые модели и методы.

**Ключевые слова:** маршрутизация ТС, маршрутизация ТС с отдельной доставкой, логистика, эвристические методы

### ***Введение***

Задача маршрутизации ТС является основной задачей в логистике. Многие логистические компании стремятся снизить затраты на транспортировку, путем грамотно построенных маршрутов доставки. Задача составления таких маршрутов известна как задача маршрутизации транспортных средств – Vehicle Routing Problem (VRP). Примерами задачи маршрутизации ТС могут служить: доставка товаров в пункты выдачи заказов, пассажирские и железнодорожные перевозки и другие. Задачи маршрутизации ТС относятся к классу целочисленных задач математического программирования. Она является NP – Трудной.

В задачах маршрутизации есть парк транспортных средств, причем транспортные средства имеют депо(склад), которая является началом и концом каждого маршрута, а также есть количество клиентов, спрос которых необходимо удовлетворить. Основной целью задачи маршрутизации является нахождение маршрута для ТС, чтобы все клиенты могли быть обслужены одним ТС и общая стоимость маршрутов была минимальной. Для решения задач маршрутизации ТС, являющимися NP-трудными задачами комбинаторной оптимизации, существуют такие методы как:

– Точные методы:



- Метод ветвей и границ;
- Метод ветвей с отсечением;
- Методы динамического программирования;
- Методы целочисленного программирования;
- Приближенные
- Эвристические:
  - 1) Эвристические методы:
    - 1.1) Конструктивные алгоритмы;
    - 1.2) Двухфазные алгоритмы;
    - 1.3) Улучшающие алгоритмы;
  - 2) Метаэвристики:
    - 2.1) Поиск с запретами;
    - 2.2) Генетические алгоритмы;
    - 2.3) Локальный поиск;
    - 2.4) Имитация отжига;
    - 2.5) Поиск с переменной окрестностью;
    - 2.6) Муравьиные алгоритмы;
    - 2.7) Роевые алгоритмы;
    - 2.8) Гибридные алгоритмы.

В данной статье мы рассмотрим одну из разновидностей задачи маршрутизации ТС с раздельной доставкой (Split-delivery Vehicle Routing Problem). В задаче маршрутизации ТС с раздельной доставкой имеется парк ТС с разной грузоподъемностью для обслуживания множества клиентов. Каждый клиент может быть посещен более одного раза и спрос каждого клиента может быть больше грузоподъемности ТС. Также отсутствует ограничений на число имеющихся в наличии ТС. Маршрут каждого ТС должен начинаться и заканчиваться в депо. Необходимо найти множество маршрутов ТС, которые удовлетворят спрос клиентов с минимальными транспортными издержками.

Так как задача маршрутизации является NP-трудной, то решать его точными методами не целесообразно. Для данной задачи применяют эвристические и метаэвристические алгоритмы, так как они решаются за меньшее время (по сравнению с точными методами). Данная задача решается алгоритмами муравьиной колоний и генетическим алгоритмом.

### ***Современное состояние проблемы***

Статья [1] посвящена обзору известных задач маршрутизации (Vehicle Routing Problem, VRP), являющихся неотъемлемой частью управления транспортировкой в логистике. Приводятся математические модели различных классов задач маршрутизации: с учетом грузоподъемности транспортных средств (ТС), с временными окнами, с отдельной доставкой, с заданным временным горизонтом планирования (периодическая задача), с возвратом заказа, с возможностью дозагрузки. Поскольку задачи маршрутизации являются NP-трудными задачами комбинаторной оптимизации, для их практического применения в сфере транспортировки разрабатываются различные эвристические методы. В статье [1] излагаются известные метаэвристики, представляющие собой как алгоритмы локального поиска оптимума, так и конструктивные алгоритмы, а именно: генетический алгоритм, эволюционные стратегии, серия алгоритмов муравьиной колонии, алгоритм поиска с переменной окрестностью. При этом уделяется внимание кодировке решения и некоторым операциям построения окрестности решения, необходимых для разработки некоторых метаэвристических алгоритмов. Приведенный обзор различных классов задач маршрутизации и эффективных методов их решения поможет в решении практических задач поиска эффективных маршрутов для доставки грузов различным клиентам. Так, в Части 2 статьи [1] описываются математическая модель и методы решения одной практической задачи маршрутизации, решаемой совместно с задачей трехмерной упаковки грузов в автомобильные ТС.

Проблема маршрутизации транспортных средств с разделенной доставкой (SDVRP) ослабляет классическую проблему маршрутизации транспортных средств (VRP), позволяя нескольким транспортным средствам удовлетворять спрос отдельных клиентов, тем самым потенциально снижая затраты. В статье представлен актуальный обзор литературы по SDVRP и представлена новая схема диверсификации решений, основанная на концентрических кольцах с центром в депо, которые разделяют исходную проблему. Полученные в результате подзадачи затем решаются с использованием конструктивного подхода. Различные настройки кольца приводят к различным разделам, и, таким образом, различные решения исходной задачи получаются и улучшаются с помощью спуска по переменной окрестности. Результаты вычислений по доступным тестовым задачам демонстрируют эффективность предложенного алгоритма и представляют новые наилучшие решения некоторых из тестируемых задач.

В данной статье [3] рассматривается один из эвристических методов решения задачи маршрутизации транспорта с отдельной доставкой (SDVRP). Представлен алгоритм метода, его математическая модель и параметры.

Приведены этапы алгоритмизации в профессиональной среде моделирования AnyLogic. Порядок объезда пунктов внутри получаемых маршрутов оптимизировался методом «ветвей и границ».

В статье [4] рассматриваются вопросы применения метода отдельной доставки для составления маршрутов перевозок грузов пищевой промышленности. Отмечаются преимущества и недостатки использования некоторых эвристических методов для решения задач маршрутизации. На конкретном примере показывается преимущество применения метода отдельной доставки, приводящее к сокращению транспортных расходов, пробега автомобилей и повышению степени загрузки подвижного состава.

В данной статье [5] рассматриваются существенные особенности проблемы задачи маршрутизации и вводят два варианта проблемы. В первом варианте, называемом 3L-SDVRP с принудительным разделением, поставка разделяется

только в том случае, если потребность клиента не может быть перевезена одним транспортным средством. Во втором варианте, называемом 3L-SDVRP с опциональным разделением, разделение поставок клиентам может выполняться любое количество раз. Предлагается гибридный алгоритм, состоящий из алгоритма локального поиска для маршрутизации, генетического алгоритма и нескольких эвристик построения для упаковки. Численные эксперименты проводятся с использованием трех наборов экземпляров как промышленного, так и академического происхождения. Один из них был предоставлен автомобильной логистической компанией в Шанхае. Результаты доказывают, что разделение поставок может быть полезным не только в одномерном случае, но и при моделировании товаров в виде трехмерных предметов.

В задаче маршрутизации транспортных средств парк транспортных средств должен обслуживать потребности клиентов с наименьшими затратами. Разрешая нескольким транспортным средствам обслуживать одного и того же клиента (т. е. разделяя доставку), возможна существенная экономия транспортных расходов. Однако отдельные поставки часто доставляют неудобства клиентам, которые предпочитают, чтобы спрос обслуживался за одно посещение. В данной статье [6] авторы рассматривают задачу маршрутизации транспортных средств, в которой отдельные поставки допускаются только в том случае, если минимальная часть спроса клиента обслуживается транспортным средством. Авторы разработали эвристический метод для решения этой задачи и демонстрируют о результатах вычислений для широкого круга наборов задач.

В статье [7] исследуется задача маршрутизации транспортных средств с трехмерными ограничениями загрузки, основанная на временном окне и учитывающая отдельную доставку заказов (3L-CVRPTWSDO), и алгоритм ее оптимизации. Авторы создали математическую модель проблемы и разработали алгоритм табу-поиска. Основываясь на примерах, использованных в Gendreau et al. (2006), примеры были построены для проверки алгоритма.

Экспериментальные результаты показали, что в задаче 3L-CVRP результаты разделенной доставки лучше, чем результаты без разделенной доставки, и легче удовлетворить ограничения временного окна. Алгоритм в этой статье генерирует высококачественные решения, он обеспечивает эффективный метод решения проблем 3L-CVRPTWSDO.

В статье [8] моделируется и решается задача маршрутизации транспортных средств с разделенной доставкой (SDVRP) с учетом нескольких скоропортящихся товаров, ограничений по загрузке, кросс-докинга и разнородного парка грузовиков. Задача состоит в управлении парком грузовых автомобилей, работающих из узла агрегации, чтобы минимизировать общие затраты на транспортировку и порчу продукции. Проблема сначала формулируется с использованием в качестве новой модели смешанного целочисленного линейного программирования (MILP). Из-за сложности проблемы предлагается алгоритм оптимизации гибридной муравьиной колонии (ACO). В ACO встроены методы локального поиска (LS) для улучшения возможностей эксплуатации и скорости конвергенции. Проводятся эксперименты для оценки производительности алгоритма ACO/LS при решении ряда тестовых экземпляров SDVRP. Результаты показывают, что предложенный алгоритм имеет приемлемую производительность в отношении SDVRP и может эффективно обрабатывать все аспекты, рассматриваемые в текущей задаче.

Рассматривается [9] задача маршрутизации транспортных средств с отдельной доставкой дискретного типа, в которой товары состоят из набора предметов, каждый предмет должен обслуживаться ровно одним транспортным средством, а каждого клиента разрешено посещать более одного раза. В этой статье [9] предлагается быстрый алгоритм, который строит набор маршрутов один за другим без каких-либо процедур улучшения. Алгоритм генерирует маршруты с помощью динамического программирования на основе сложной функции оценки маршрута, которая оценивает общую стоимость поездки, не

обходимую для обслуживания всех оставшихся пунктов транспортными средствами. Сообщается об экспериментальных результатах на реальных примерах.

В статье [10] представлена процедура обучения, называемая поиском табу с подходом к построению словаря (TSVBA) для решения SDVRP. По мере продвижения поиска набор решений эволюционирует; лучшие решения перемещаются в набор, в то время как плохие решения удаляются.

Предлагаемая процедура обучения была протестирована на эталонных примерах и показала хорошие результаты.

В статье [11] авторы представляют метаэвристическую процедуру, построенную для задачи маршрутизации ТС с отдельной доставкой.

Предлагаемый алгоритм, основанный на методологии поиска разброса, дает допустимое решение с использованием минимального количества транспортных средств. Полученные результаты сравниваются с лучшими результатами, известными на сегодняшний день на наборе экземпляров.

В статье [12] решается проблема маршрутизации транспортных средств с разделенной доставкой с минимальным количеством транспортных средств и контролируемым разделением задач. Данный алгоритм кодирует отображение между разделением задач и транспортными средствами в двоичную матрицу и использует Генетический квантовый алгоритм для управления процессом эволюции. Алгоритм использует простую эвристику, основанную на ближайших окрестностях, для генерации маршрутов транспортных средств и использует метод локального поиска, адаптированный для SDVRP, для повышения качества решения. Экспериментальные результаты показывают, что данный алгоритм разбивает несколько задач и может получить много решений лучше, чем CVRP.

В статье [13] авторы предложили подход к оптимизации роя частиц, который включает локальный поиск для решения SDVRP. Представлен метод целочисленного кодирования, а метод декодирования, основанный на уравнении Беллмана, модифицирован для SDVRP. Был разработан способ устранения раз-

личий в длине вектора скорости, вектора положения, вектора личного наилучшего положения, локального вектора наилучшего положения и глобального вектора наилучшего положения. В алгоритм были включены две группы локальных поисков лучших решений с возможностью контролировать, выполняются ли они для данного решения.

### ***Заключение***

Анализ работ показал, что для решения задачи маршрутизации ТС с раздельной доставкой чаще используют эвристические и метаэвристические методы. На сегодняшний день исследования в области транспортировки грузов остаются актуальными.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Гончарова Ю.А., Валеев Р.С., Валеева А.Ф. Задачи маршрутизации при транспортировке: обзор моделей, методов и алгоритмов. Часть 1. // ЛОГИСТИКА и управление цепями поставок. №4(93) август 2019.  
URL: <http://lscm.ru/images/PDF/4-2019/%D0%92%D0%B0%D0%BB%D0%B5%D0%B5%D0%B2%D0%B0-04-2019.pdf>
2. Rafael E. Aleman, Xinhui Zhang and Raymond R. Hill. A ring-based diversification scheme for routing problems. // International Journal of Mathematics in Operational Research Vol. Published: February 2, 2009.  
URL: <https://www.inderscienceonline.com/doi/abs/10.1504/IJMOR.2009.02288>
3. А.И. Маслеев, А.Д. Кулязин, А.В. Липенков ТЕСТИРОВАНИЕ ЭВРИСТИКИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ МАРШРУТИЗАЦИИ ТРАНСПОРТА С РАЗДЕЛЬНОЙ ДОСТАВКОЙ. // Транспортные системы. Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева. №4(14)/ 2019.  
URL: [https://transport-systems.ru/images/2019/2019\\_04\\_003.pdf](https://transport-systems.ru/images/2019/2019_04_003.pdf)
4. А.Б. Тюрин. Использование передовых методов составления маршрутов перевозок грузов пищевой промышленности. // Вопросы инновационной экономики. №1(11)/ 2012.  
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-peredovyh-metodov-sostavleniya-marshrutov-perevozok-gruzov-pischevoy-promyshlennosti/viewer>
5. Andreas Bortfeldt/Junmin Yi. The split delivery vehicle routing problem with three-dimensional loading constraints. // WORKING PAPER SERIES. FACULTY OF ECONOMICS AND MANAGEMENT. №12/2018.  
URL: [https://fww.ovgu.de/fww\\_media/femm/femm\\_2018/2018\\_12.pdf](https://fww.ovgu.de/fww_media/femm/femm_2018/2018_12.pdf)
6. Damon Gulczynski, Bruce Golden, Edward Wasil. The split delivery vehicle routing problem with minimum delivery amounts. // Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review Volume 46, Issue 5, September 2010, Pages 612-626.  
URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1366554509001574>
7. Zongyi Chen, Mingkang Yang, Yijun Guo, Yu Liang, Yifan Ding and Li Wang. The Split Delivery Vehicle Routing Problem with Three-Dimensional Loading and Time Windows Constraints. // Journal Sustainability. Published: 27 August 2020.

URL: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/17/6987/pdf?version=1598595539>

8. Sherif A. Fahmy and Mohamed L. Gaafar. Modeling and solving the split-delivery vehicle routing problem, considering loading constraints and spoilage of commodities. // *International Journal of Systems Science: Operations & Logistics*. Published: 18 May 2022. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/23302674.2022.2074566?src=&journalCode=tsyb20>

9. Yoshitaka NAKAO, Hiroshi NAGAMOCHI. A DP-based Heuristic Algorithm for the Discrete Split Delivery Vehicle Routing Problem. // *Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing*. 2007 Том 1, Выпуск 2, стр. 217-226.

URL: [https://www.jstage.jst.go.jp/article/jamdsm/1/2/1\\_2\\_217/\\_article/-char/ja/](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jamdsm/1/2/1_2_217/_article/-char/ja/)

10. Rafael E. Aleman and Raymond R. Hill. A tabu search with vocabulary building approach for the vehicle routing problem with split demands. // *International Journal of Metaheuristics*. Published: May 10, 2010.

URL: <https://www.inderscienceonline.com/doi/abs/10.1504/IJMHeur.2010.033123>

11. Campos, V., Corberán, A., Mota, E. A Scatter Search Algorithm for the Split Delivery Vehicle Routing Problem. // *Advances in Computational Intelligence in Transport, Logistics, and Supply Chain Management* (pp.137-152). September 2008.

URL: <https://www.uv.es/sestio/TechRep/tr08-07.pdf>

12. Weijian Ma; Xinyuan Zhang; Yichen Xu; Fei Gao. Loading is the Key: A Novel Genetic Quantum Algorithm for SDVRP. // *2021 IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC)*. 09 August 2021.

URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9504873>

13. Jianli Shi, Jin Zhang, Kun Wans and Xin Fang. Particle Swarm Optimization for Split Delivery Vehicle Routing Problem. // *Asia-Pacific Journal of Operational Research*. No. 02, 1840006 (2018).

URL: <https://www.worldscientific.com/doi/abs/10.1142/S0217595918400067>



УДК 004.921

А. Е. МАМЫКИН, А. А. КОРНИЛАЕВА

*inf.ugatu@mail.ru*

Науч. руковод. – канд. физ.-мат. наук, доц. Л. И. ШЕХТМАН

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **ПОСТРОЕНИЕ ФРАКТАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ L-СИСТЕМ**

**Аннотация.** Решается задача генерации графических иллюстраций, в том числе в виде природных объектов, путем построения фрактальных объектов на основе метода L-систем. Создана программа на языке Python, которая обеспечивает возможность ввода аксиом и правил L-систем, количества итераций и других исходных данных с клавиатуры или из текстового файла, настройку параметров вывода изображения, выполняет генерацию строки-программы для черепашьей графики, построение фрактального объекта с использованием черепашьей графики, сохранение изображения в графический файл.

**Ключевые слова:** фрактальная графика; L-системы; Python.

В настоящее время фрактальная графика используется очень широко, ведь с ее помощью можно быстро и относительно просто получать красивые и необычные изображения. С помощью одного и того же алгоритма можно строить сильно различающиеся по виду объекты, меняя некоторые параметры. Одним из основных свойств фракталов является самоподобие. Объект называют самоподобным, когда увеличенные части объекта схожи с самим объектом и друг с другом. Благодаря самоподобию фракталы применяются для построения изображений природных объектов, таких, как деревья, кусты, облака, горные хребты, береговые линии и т. д.

L-системы [1, 2] являются универсальным способом построения фрактальных изображений. С их помощью можно создавать и геометрические узоры, и изображения, очень похожие на природные. Причем имеется возможность получать несимметричные объекты, например растения как бы изогнувшиеся на ветру.

Алгоритмы L-систем для рисования фракталов основаны на так называемой «черепашьей» графике. В случае детерминированных L-систем и двумерной графики исполнитель-черепашка двигается по плоскости.

Текущее состояние черепашки описывается тремя параметрами:

$x, y$  — текущие координаты черепашки;

$a$  — угол, определяющий направление, в котором черепашка ползет по команде «вперед».

Параметры, которые задаются до начала движения и которые влияют на получаемое изображение:

$\Delta d$  — величина шага, который делает черепашка по команде «вперед»;

$\Delta a$  — угол поворота, который показывает, насколько меняется угол  $a$  при выполнении команд «налево» и «направо».

Система команд исполнителя «черепашка» приведена в таблице 1.

Таблица 1

Символьные обозначения и описание команд черепашки

Команда	Описание
F	Переместиться вперед на $\Delta d$ , в направлении $a$ , оставив след.
b	Переместиться вперед на $\Delta d$ , в направлении $a$ , не оставляя след.
+	Повернуться направо (по часовой стрелке) на угол $\Delta a$ .
-	Повернуться налево (против часовой стрелке) на угол $\Delta a$ .
[	Запомнить в стеке текущее состояние $(x, y, a)$ , т. е. текущие координаты и угол $a$ .
]	Извлечь из стека последнее запомненное состояние.

При выполнении команды + и - просто меняется угол  $a$ .

Программой для черепашки является строка, состоящая из символов, среди которых могут быть символы, обозначающие команды и приведенные в таблице 1, но могут встречаться и другие символы, которые использовались при генерации строки-программы. Черепашка читает строку-программу слева направо по одному символу. Команды она выполняет, а все другие символы пропускает. Следуя строке-программе черепашка может нарисовать фрактальное изображение.

Строка-программа для построения фрактала получается не вручную, а создается на основе короткой исходной строки (ее называют аксиомой) путем применения одного или нескольких правил для замены символов.

Была создана программа на языке Python [3] для реализации метода L-систем. Экранная форма программы показана на рисунке 1. В программе ис-

пользуются модули turtle и tkinter. Модуль turtle реализует исполнителя Черепашка. Модуль tkinter содержит все компоненты, необходимые для создания графического пользовательского интерфейса.

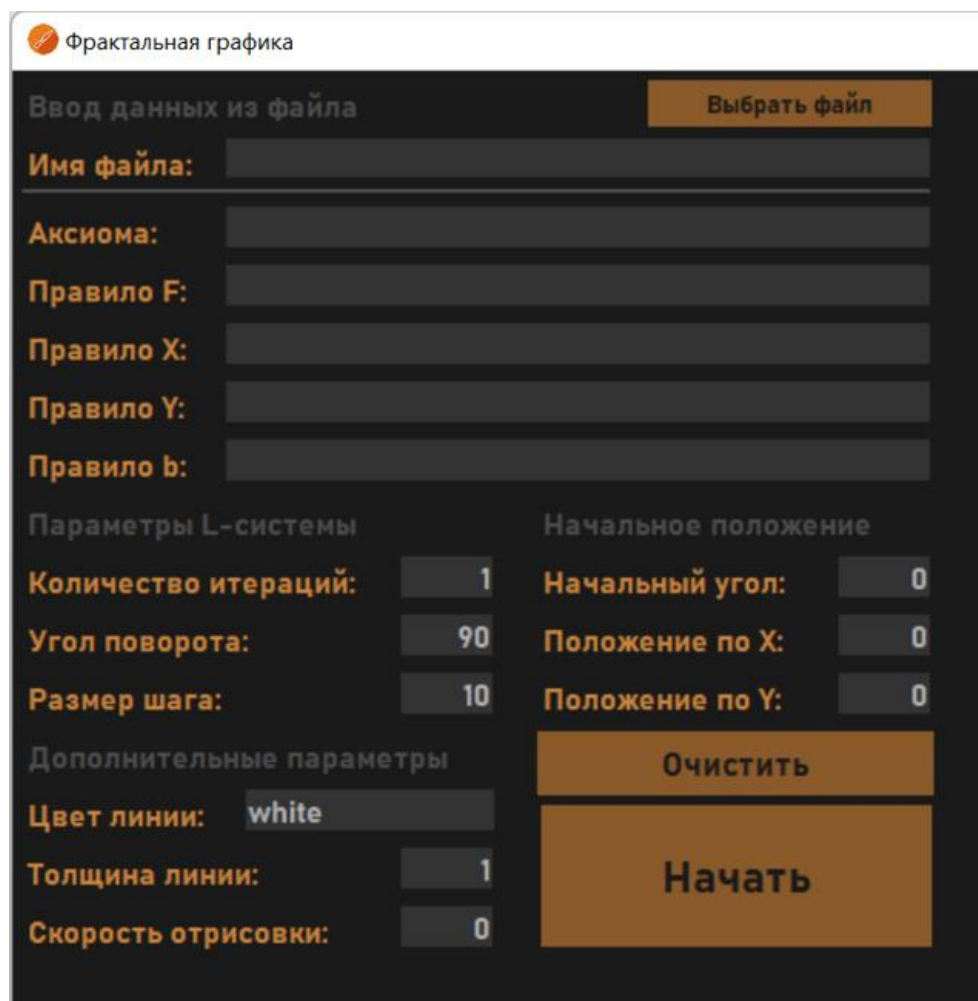


Рис. 1. Интерфейс пользователя программы «Фрактальная графика»

Рассмотрим пример L-системы с одним правилом:

Фрактал «Снежинка Коха»

$$\Delta a = \pi/3;$$

Аксиома: F++F++F

Правило: F → F–F++F–F

Если черепашка будет выполнять строку-программу, соответствующую аксиоме, то нарисует равносторонний треугольник. Действительно, первый символ строки «F» заставляет сделать один шаг вперед, благодаря следующим двум символам «+» и «+» черепашка поворачивается на  $2\pi/3$ , читает четвертый

символ «F» и делает еще один шаг вперед, затем читает еще 2 символа «+» и поворачивается на  $2\pi/3$ , наконец читает последний символ «F» и делает третий шаг вперед.

На первой итерации все символы «F» строки-аксиомы заменяются согласно единственному правилу на подстроку «F-F++F-F»:

$$F-F++F-F++F-F++F-F++F-F++F-F.$$

Исполняя эту программу, черепашка построит изображение, показанное на рисунке 2а).

На второй итерации правило применяется к строке, полученной после первой итерации:

$$F-F++F-F-F-F++F-F++F-F++F-F-F-F++F-F++F-F++F-F-F-F++F-F++F-F++F-F-F-F++F-F++F-F++F-F-F-F++F-F.$$

Действуя по этой программе, черепашка получит изображение, показанное на рисунке 2б).

Теоретически процесс преобразования строки-программы можно продолжать до бесконечности. На практике обычно задают количество итераций. Рисунок 2в) демонстрирует снежинку Коха после пятой итерации.

Для некоторых фракталов требуется более одного правила в L-системе. Дело в том, что правило всегда применяется только «в одну сторону», т. е. читается слева направо, а для некоторых фракталов требуется периодически менять направление чтения правила на обратное. Примером такого изображения является фрактал «Дракон Хартера-Хайтвея» (рис. 3):

$$\Delta a = \pi/2;$$

Аксиома: FX

Правила: F  $\rightarrow$  F

$$X \rightarrow X+YF+$$

$$Y \rightarrow -FX-Y$$

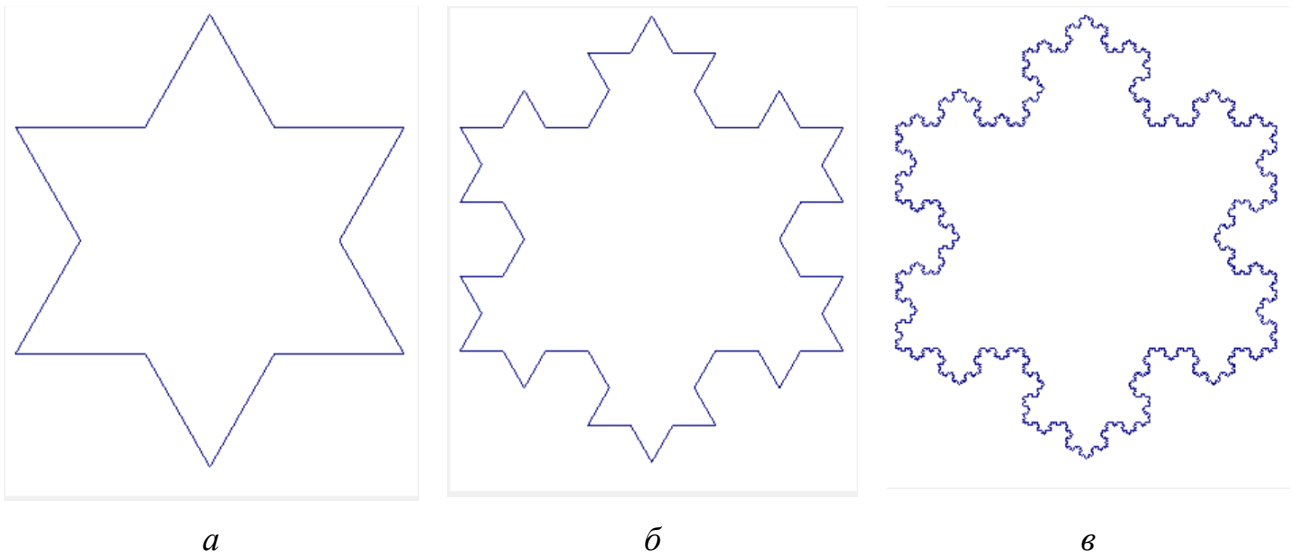


Рис. 2. Снежинка Коха

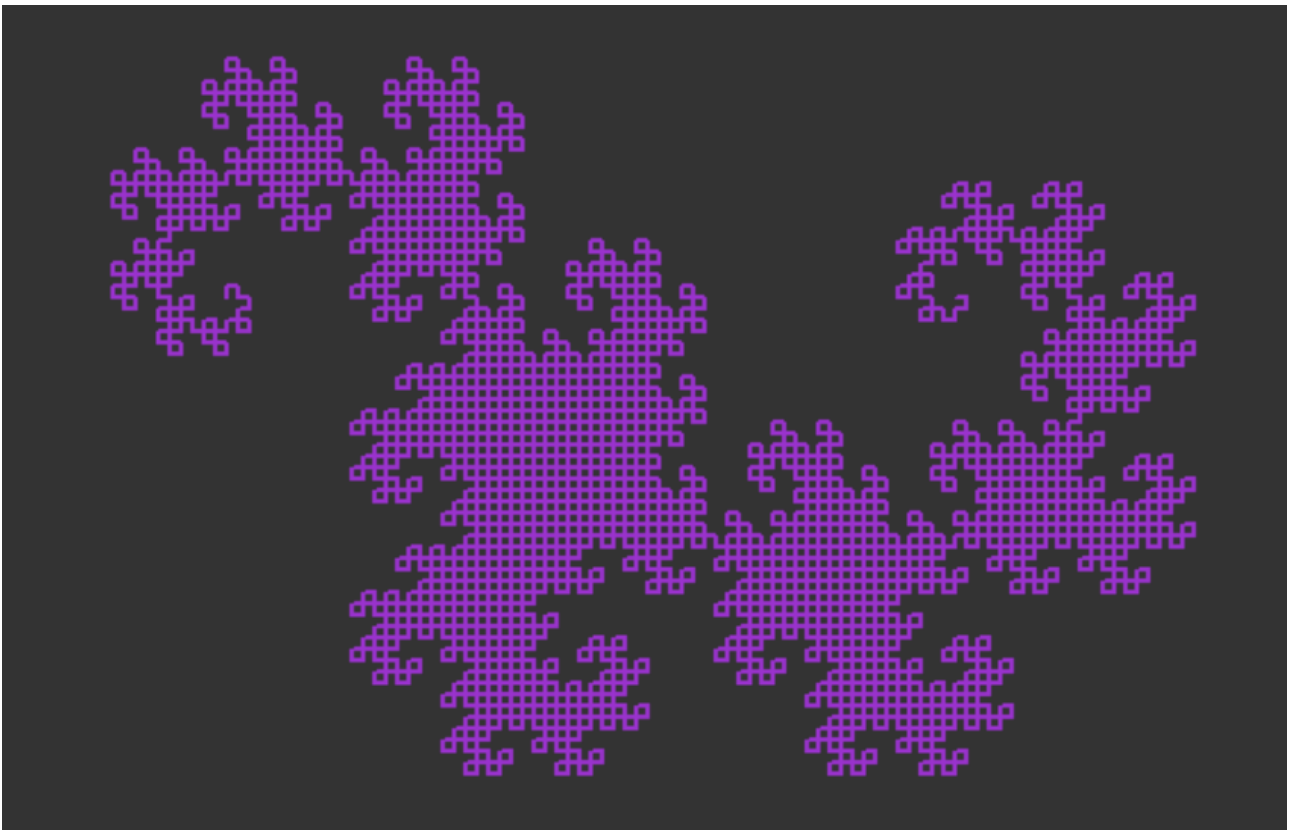


Рис. 3. Изображение фрактала «Дракон Хартера-Хайтвея», построенной Python-программой

Созданная программа поддерживает решение следующих задач:

- получение строки-программы для черепашьей графики по задаваемым аксиоме, правилам и углу поворота;

– построение фрактала на основе строки-программы с помощью черепаший графики.

Программа обеспечивает выполнение следующих функций:

- ввод исходных данных с клавиатуры;
- ввод исходных данных из текстового файла;
- настройка параметров вывода изображения;
- сохранение изображения в графический файл.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. L-Systems — математическая красота растений. URL: <https://habr.com/ru/post/69989/> (дата обращения: 15.07.2022).
2. Введение во фракталы и L-системы. URL: <https://proporprogs.ru/fractals> (дата обращения: 15.07.2022).
3. Советов, П. Н. Программирование на языке Питон: учебное пособие / П. Н. Советов. — Москва: РТУ МИРЭА, 2021. — 105 с.

УДК 004.912

М. Р. МУХАМЕТОВ

*inf.ugatu@mail.ru*

Науч. руковод. – канд. физ.-мат. наук, доц. Л. И. ШЕХТМАН

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## ЧАСТОТНЫЙ АНАЛИЗ ТЕКСТА В PYTHON

**Аннотация.** Решается задача частотного анализа текста. Создана программа на языке Python, которая обеспечивает возможность выбора текстового файла, выделение слов, удаление вспомогательных слов, приведение слов к начальной форме, вычисление частот и рангов слов, запись частотного словаря в файл.

**Ключевые слова:** частотный анализ текста; частотный словарь; Python.

Задача выполнения частотного анализа текста может рассматриваться в качестве вспомогательной при решении задачи оценивания семантической близости текстов, которая в свою очередь может быть частью решения задачи кластеризации текстовых документов. На практике часто приходится сталкиваться с необходимостью изучения большого количества информационных ресурсов из некоторой предметной области. Кластеризация текстов на основе результатов частотного анализа может оказать существенную помощь в этом процессе и сэкономить время и силы специалистов.

Частотный анализ является одним из относительно простых методов анализа текстов на естественном языке. Сначала необходимо привести все словоупотребления в тексте к начальным формам, т. е. к леммам [1]. Далее необходимо вычислить частоту употребления каждой леммы. Если разделить количество вхождений каждой леммы на общее количество лемм в тексте, то можно получить относительную частоту. Если леммы ранжировать по убыванию частоты, то можно рассчитать высшие и средние ранги. По заданному тексту строится так называемый частотный словарь.

Частотный словарь – набор слов данного языка вместе с информацией об их частотности. Словарь может быть представлен по-разному, например, слова можно располагать по убыванию частот, по алфавиту, по группам слов, по типичности, и т. д.

Формула для нахождения относительной частоты выглядит следующим образом:

$$F(i) = \frac{N(i)}{N},$$

где  $N(i)$  — частота слова(леммы)  $i$ ;  $N$  — общее число лемм в тексте;  $F(i)$  — частота леммы  $i$ .

Формула для нахождения среднего ранга:

$$\bar{r} = \frac{\sum r(i)}{n_i},$$

где  $r(i)$  — значения рангов для слов, имеющих одинаковую частоту;  $n_i$  — число слов, имеющих одинаковую частоту;  $\bar{r}$  — средний ранг.

Была создана программа на языке программирования Python [2] для выполнения частотного анализа текста. Обработку текста на естественном языке удобно производить с помощью Python из-за наличия аналитических библиотек, в частности `rumorphy2` и `nltk`.

Основные этапы работы программы можно сформулировать следующим образом.

1. Пользователю предоставляется возможность выбрать текстовый файл.
2. Из файла считывается текст, выделяются слова. Удаляются предлоги, союзы и междометия, выравнивается регистр, исключаются знаки препинания.
3. Формируется словарь, содержащий уникальные слова. Слова, различающиеся лишь окончаниями, заменяются одним без окончания.
4. Происходит подсчет количества повторений слов или основ слов в тексте. Проверяется наличие слова или его основы в словаре с экземплярами. Затем происходит сортировка в порядке невозрастания частот слов. Рассчитываются относительные частоты, высшие и средние ранги.
5. Пользователю предоставляется возможность указать файл, куда вывести построенный частотный словарь.

Пример исходных данных показан на рисунке 1. Начальный фрагмент частотного словаря для этого примера показан на рисунке 2.



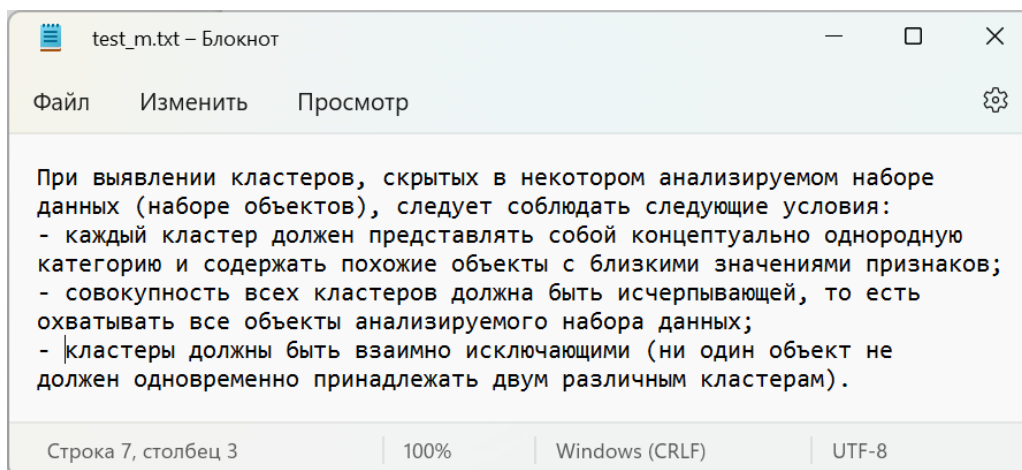


Рис. 1. Пример текстового файла

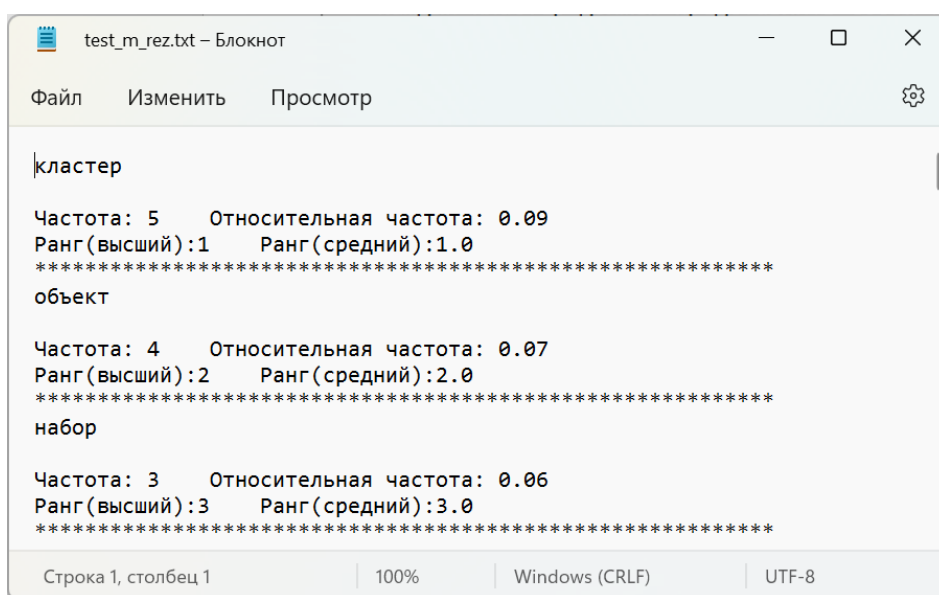


Рис. 2. Фрагмент файла с выходными данными

В качестве инструментального средства использовалась система программирования IDLE Shell 3.10.5, язык программирования Python 3.10.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Предобработка текста в NLP — Python School. URL: <https://python-school.ru/blog/nlp-text-preprocessing/> (дата обращения: 1.07.2022).
2. Советов, П. Н. Программирование на языке Питон: учебное пособие / П. Н. Советов. — Москва: РТУ МИРЭА, 2021. — 105 с.

Д. С. СЕРГЕЕВ, П. А. ШЕРСТНЕВ, М. Р. ИБАТУЛЛИН  
*sergeevdns@gmail.com, sherst.pavel@yandex.ru, ibatullin.m@gmail.com*  
Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. Р. Р. КАРИМОВ

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА SDK ДЛЯ РАЗРАБОТКИ XR ПРИЛОЖЕНИЯ**

**Аннотация.** В статье рассмотрена задача выбора SDK для разработки XR приложения. Задача актуальна в связи с наличием большого выбора SDK. Основной целью является ответить на вопрос: какой SDK необходимо выбрать для конкретного XR приложения.

**Ключевые слова:** XR, VR, AR, SDK, приложение, XR Interaction Toolkit, MRTK, VRTK, Oculus.

Одна из самых важных задач разработки XR-приложения (англ. eXtended Reality – расширенная реальность) – это реализация взаимодействия игрока с виртуальной средой. Интерактивность внутриигрового мира позволяет улучшить степень погруженности, что является самым важным аспектом для такого рода проектов. Несмотря на то, что все взаимодействия можно реализовать самостоятельно с нуля, технологичнее использовать готовые решения. Вместо разработки с чистого листа, SDK обеспечивает базовый инструментарий, позволяющий сконцентрироваться на создании уникального контента проекта.

SDK (от англ. «Software Development Kit» — «комплект программ для разработки») – набор необходимых программных продуктов, предназначенный для облегчения процессов разработки и тестирования кода для конкретных программных платформ [1].

В случае с разработкой XR-приложений, SDK предоставляет библиотеки, документацию и примеры для упрощенной разработки. SDK для XR является посредником между XR устройствами и программой. Не нужно создавать взаимодействие с каждым отдельным устройством или платформой. Также SDK отвечает за реализацию базовых аспектов взаимодействия с виртуальным миром: захват объектов, их физическое взаимодействие, взаимодействие с пользовательским интерфейсом и локомоция (передвижение внутриигровой среды).

Каждый из этих элементов очень важен для создания эффекта погружения и в целом готовые компоненты позволят ускорить разработку.

Также необходимо выделить критерии для оценки каждого SDK. Можно выделить следующие:

- Поддерживаемые XR устройства/платформы;
- Поддерживаемые XR среды (VR, AR, MR и т.д.);
- Поддерживаемые игровые движки (Unity);
- Поддержка OpenXR;
- Поддержка одновременного использования контроллеров рук;
- Объем документации и руководств;

Рассматриваемые авторами SDK:

- XR Interaction Toolkit (от разработчиков Unity);
- MRTK (Mixed Reality Toolkit от Microsoft);
- VRTK (один из первых SDK для VR разработок Unity);
- Oculus Interaction SDK (от Oculus);
- XRTK (продвинутая версия MRTK, поддерживаемая сообществом).

Один из самых популярных SDK для разработки VR является XR Interaction Toolkit от Unity. Основные возможности XR Interaction Toolkit:

- Поддерживаемые игровые движки: Unity;
- Поддержка OpenXR: есть;
- Поддерживаемые XR устройства/платформы: Oculus, Steam VR, AR Core, AR Kit, Magic Leap, Pico.

Рассматриваемый SDK – часть всей XR Plugin Architecture, разработанной Unity [2]. Система ввода XR в данном SDK базируется на стандартной системе управления, разработанной Unity, поэтому для знакомых со средой разработчиков имплементировать что-то новое не составит труда, однако для новых разработчиков Unity Input System довольно сложна. XR Interaction Toolkit доступна для работы на множество платформ, благодаря вышеописанной XR Plugin Architecture. Также поддерживается OpenXR, а вместе с ним и большинство со-

временных XR устройств. Благодаря обширной документации и большому сообществу, обучиться SDK несложно.

Из минусов можно выделить малое количество образцов реализации пользовательского интерфейса и взаимодействия с контроллерами для рук. Также с выходом SDK из стадии бета-тестирования, установить готовые примеры работы SDK стало проблематично.

Mixed Reality Toolkit (MRTK) – SDK созданный Microsoft специально для шлема Microsoft HoloLens, который в дальнейшем стал поддерживать большее количество XR устройств [3]. Основные возможности Mixed Reality Toolkit:

- Поддерживаемые игровые движки: Unity;
- Поддержка OpenXR: есть;
- Поддерживаемые XR устройства/платформы: Oculus, Steam VR, AR Core, AR Kit, Magic Leap, HoloLens, Windows MR.

Поскольку этот SDK распространяется по системе Open Source с помощью GitHub, возможно заменять или удалять элементы библиотеки, чтобы добавить свой функционал или оптимизировать программу. Также, в отличие от XR Interaction Toolkit, взаимодействие с контроллерами для рук не нужно отдельно реализовывать, их работа интегрирована в библиотеку.

Главный минус разработки с помощью MRTK – трудность понимания работы компонентов, несмотря на большое количество примеров. Использование данной SDK сильно отличается от применения XR Interaction Toolkit. К сожалению, документация по MRTK весьма неудобна, поэтому освоение некоторых частей SDK затруднительно. Также на этапе установки должно быть настроено множество параметров, неправильность отладки которых может повлиять на работу всей программы.

Virtual Reality Toolkit (VRTK) – зарекомендовавший своей стабильностью SDK, предоставляющий огромное разнообразие разных компонентов: реализация физических взаимодействий, поддержка одновременной работы обоих кон-

троллеров, отзывчивые панели пользовательского интерфейса, локомоция и так далее [5]. Основные возможности Virtual Reality Toolkit:

- Поддерживаемые игровые движки: Unity, Unreal;
- Поддержка OpenXR: есть;
- Поддерживаемые XR устройства/платформы: Oculus, Steam VR, MR Pico, Vive.

У данной SDK низкий порог входа благодаря созданной разработчиками большой сцены с готовыми решениями. Достаточно перенести данные компоненты в свой проект для корректной работы. Даже если существуют какие-либо трудности, у VRTK есть удобная документация

Несмотря на удобство для новичков, для продвинутой разработка может усложниться при создании новых компонентов, недоступных в самой библиотеке. Основным недостатком VRTK – редкое обновление, поэтому самые новые технологии и стандарты могут быть недоступны. Например, в стабильной версии SDK все еще не доступен AR.

Oculus Integration SDK предоставляет большое количество готовых компонентов и инструментов готовых для внедрения в проект [4]. Основные возможности Oculus Integration SDK:

- Поддерживаемые игровые движки: Unity, Unreal;
- Поддержка OpenXR: есть;
- Поддерживаемые XR устройства/платформы: Oculus.

Данный SDK часто обновляется, предоставляя множество уникальных функций. Несмотря на то, что все приложения на основе этого SDK делаются эксклюзивно для систем XR от Oculus, в основе все равно лежит OpenXR и новые обновления поставляются с помощью этого стандарта.

XRTK – это отдельная ветка GitHub, базирующаяся на MRTK [6]. Основная идея разработки данного продукта – универсальность. Основные возможности XRTK:

- Поддерживаемые игровые движки: Unity;

- Поддержка OpenXR: есть;
- Поддерживаемые XR устройства/платформы: Oculus, Steam VR, AR Core, AR Kit, Magic Leap, HoloLens, Windows MR.

В основном, XRТК перенимает плюсы и минусы MRTK. Но сама разработка стала более продвинутой. Она различается в зависимости от уровня мастерства программиста, создающего XR-приложение. Для начинающих существует возможность реализовать базовый функционал без единой строчки кода. Для продвинутых же есть возможность редактировать, расширять и создавать компоненты. Данный SDK значительно оптимизирован и отличается высокой скоростью работы. Одновременно с этим, обновления к этому SDK приходят с каждым разом реже.

Выводы. У каждой XR SDK есть свои плюсы и минусы. Соответственно, выбор зависит от целей и платформ. Большинству пользователей скорее всего подойдет XR Interaction Toolkit для Unity. Разработка игр на нем упрощена, и он поддерживает большинство платформ. Если же разработка ведется специально для устройств Oculus, выгоднее всего будет использовать Oculus Integration SDK, так как он часто обновляется. Для учебных и образовательных целей подойдет MRTK и XRТК.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Software Development Kit (SDK) URL: <https://maintransport.ru/wiki/sdk> (Дата обращения: 11.09.2022)
2. Документация Unity XR Interaction Toolkit URL: <https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.xr.interaction.toolkit@0.9/manual/index.html> (Дата обращения: 11.09.2022)
3. Документация MRTK URL: <https://github.com/microsoft/MixedRealityToolkit> (Дата обращения: 12.09.2022)
4. Документация Oculus Integration SDK URL: <https://developer.oculus.com/downloads/package/unity-integration/> (Дата обращения: 13.09.2022)
5. Документация VRTK URL: <https://vrtoolkit.readme.io/docs/examples#examples> (Дата обращения: 13.09.2022)
6. Документация XRТК URL: <https://xrtk.io/README.html> (Дата обращения: 13.09.2022)

П. А. ШЕРСТНЕВ, А. А. ГАБИТОВ

*sherst.pavel@yandex.ru, gabitovanatoliy@yandex.ru*

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. Р. Р. КАРИМОВ

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## МОДЕРНИЗАЦИЯ КОРПОРАТИВНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЕМ

**Аннотация.** В статье рассматривается история развития корпоративных систем управления. На примере программы контроля сбора данных об изменении системных условий (КИСУ) на предприятии ООО «БГК» разбирается модернизация программного обеспечения. Рассматриваются основные этапы, необходимые для модернизации программного обеспечения.

**Ключевые слова:** модернизация ПО, программное обеспечения, системы управления, корпоративные информационные системы.

Со времен первой промышленной революции люди стали переходить от ручного труда и ремесленного производства к машинному, что требовало больших инвестиций, объединения большого количества людей в одну организацию [1].

Созданные компании требовали налаженных цепочек поставок, четкого разграничения ролей внутри трудового коллектива, грамотного распределения финансовых потоков, но, главное, развитой системы управления производственным процессом.

Корпоративные системы в таких предприятиях выстраивались с помощью ручного сбора и обработки информации от управленцев компании. На основании полученных документов они принимали различные решения, направленные, в конечном итоге, на максимизацию прибыли предприятия.

Изучая историю, можно прийти к выводу, что подобные системы впервые применялись в государственном управлении за столетия или даже тысячелетия до появления первых промышленных предприятий [2], но наиболее остро вопрос встал именно с их появлением. Государственный аппарат, во многом, мог позволить себе некоторое промедление при принятии решений, поскольку являлся, в целом, независимым от внешних факторов.

Промышленные предприятия, в свою очередь, становились все более зависимыми от условий изменчивого рынка. Любое промедление в принятии важных решений могло принести предприятию огромные убытки, вплоть до полной ликвидации или полного поглощения конкурентом. Поэтому корпоративные системы управления стремительно развивались.

Несмотря на это, все операции выполнялись на бумажных носителях информации с использованием человеческого труда. И только с массовым внедрением компьютерных технологий ситуация начала меняться в сторону компьютеризации и автоматизации систем управления (СУ) [3].

В текущий момент компьютерные СУ продолжают развиваться, постепенно улучшая различные компоненты программных решений, начиная от пользовательского интерфейса и заканчивая оптимизацией в рамках определенных задач.

В статье рассматривается возможность модернизация СУ, используемой ООО «БГК».

ООО «БГК» использует в качестве СУ собственную программу контроля сбора данных об изменении системных условий (КИСУ), позволяющую сотрудникам получать имеющуюся в распоряжении информацию и принимать на ее основе различные решения. Для сбора и хранения данных компания использует базу данных на основе СУБД MS SQL Server.

Для модернизации существующей системы сначала нужно исследовать потребность в модернизации. Существует ряд причин модернизации программного обеспечения, таких как:

- необходимость в расширении функционала;
- отсутствие поддержки со стороны компании-разработчика;
- присутствие ряда архитектурных недостатков, вследствие которых могут проявляться проблемы связанные с безопасностью ПО или его гибкостью;
- необходимость усовершенствования под текущие требования;
- утрата контроля над содержащимися в программе данными.



Для выявления вышеописанных причин модернизации был проведен опрос сотрудников компании, в ходе которого был выявлен ряд недостатков:

- отсутствие доступа к исходному коду приложения;
- наличие в составе приложения устаревших модулей, которые больше не применяются в работе (данные модули также негативно отражаются на интерфейсе приложения, излишне усложняя его).

Для устранения выявленных недостатков требуется разработать новое приложение. Предлагается доработать программу на языке C#, поскольку он имеет все необходимые библиотеки для интеграции с существующей базой данных на основе СУБД MS SQL Server.

При разработке интерфейса приложения для удобства освоения сотрудниками предприятия предложено сохранить основную концепцию пользовательского интерфейса (Рис. 1).

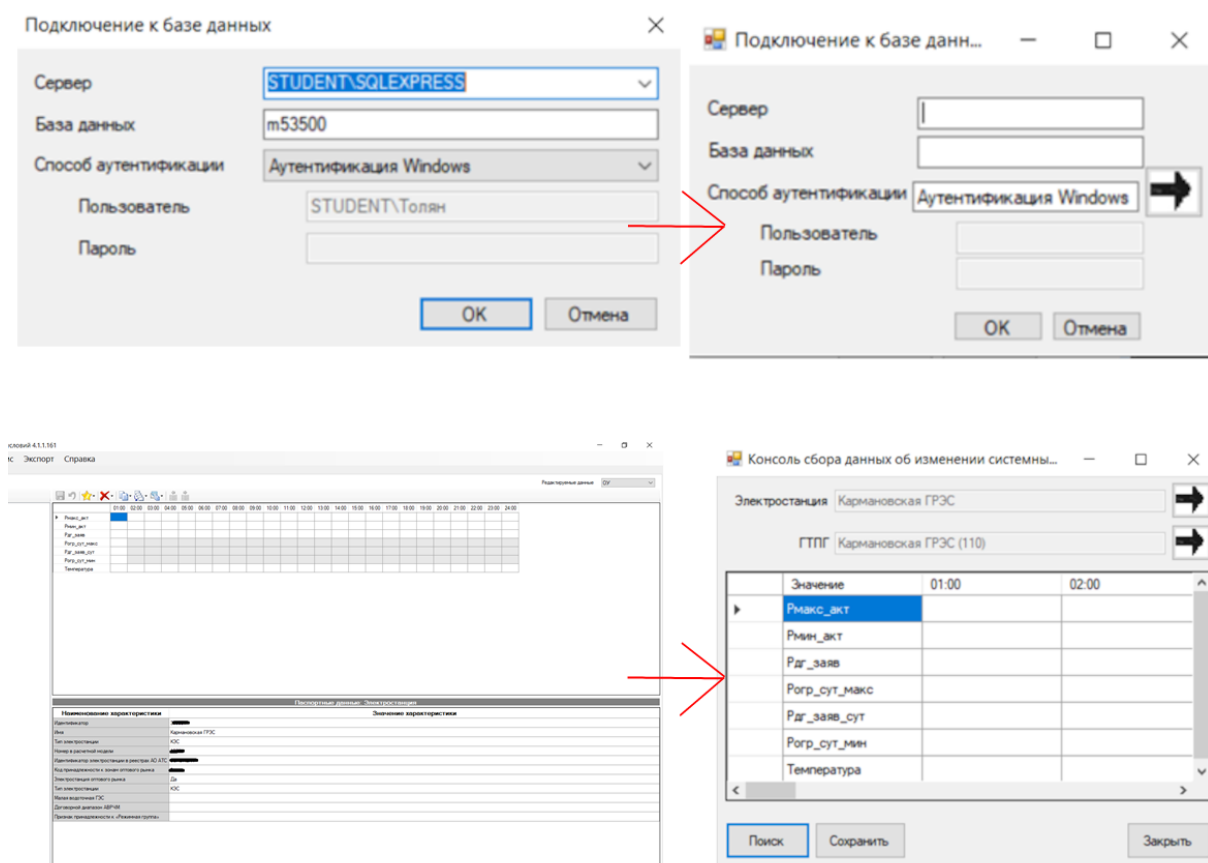


Рис. 1. Интерфейсы используемого на предприятии приложения (слева) и разработанные интерфейсы (справа)

Разработанный макет приложения позволяет решить существующие проблемы, он предоставляет минимальный требуемый функционал. Возможна детальная доработка приложения под нужды компании с последующим внедрением ПО и обучением персонала предприятия работе с новым программным обеспечением.

На основании вышеизложенного, можно прийти к выводу, что для модернизации программного обеспечения и успешного ввода в эксплуатацию на предприятии необходимо пройти несколько этапов:

Этап 1 – проводится анализ недостатков существующего решения.

Этап 2 – анализируется необходимость разработки или модернизации ПО.

Этап 3 – выполняется непосредственно разработка ПО.

Этап 4 – проводится обучение персонала работе с новым ПО и внедрение ПО в эксплуатацию.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. «Промышленный переворот и управленческая мысль» URL: [https://vuzlit.com/1933699/promyshlennyu\\_perevorot\\_upravlencheskaya\\_mysl](https://vuzlit.com/1933699/promyshlennyu_perevorot_upravlencheskaya_mysl) (дата обращения 11.09.2022)
2. «Архивы древнего Рима» URL: [https://bstudy.net/627286/ekonomika/arhivy\\_drevnego\\_rima](https://bstudy.net/627286/ekonomika/arhivy_drevnego_rima) (дата обращения 11.09.2022)
3. «Использование информационных компьютерных технологий в управлении предприятием» URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-informatsionnyh-kompyuternyh-tehnologiy-v-upravlenii-predpriyatiem> (дата обращения 12.09.2022)

УДК 338.512

П. А. ШЕРСТНЕВ, М. Р. ИБАТУЛЛИН, Д. С. СЕРГЕЕВ  
*sherst.pavel@yandex.ru, ibatullin.m@gmail.com, sergeevdns@gmail.com*  
Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. Р. Р. КАРИМОВ

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **РАСЧЕТЫ СТОИМОСТИ РАЗРАБОТКИ 3D/VR/AR ПРИЛОЖЕНИЙ. СРАВНЕНИЕ КЛАССИЧЕСКОГО МЕТОДА РАЗРАБОТКИ С ХАКАТОНОМ**

**Аннотация.** В статье рассматривается разработка образовательного 3D/VR/AR приложения. Среди существующих методов разработки для исследования выделяются: хакатон и классический метод разработки. В ходе исследования сравниваются: стоимость разработки каждым из методов; преимущества и недостатки каждого из методов. Также в статье приведены предпосылки к внедрению геймификации, а как следствие, и 3D/VR/AR приложений в образовательный процесс.

**Ключевые слова:** 3D, VR, AR, образовательные приложения, методы разработки приложений, сравнение методов разработки приложений, геймификация учебного процесса, геймификация, ВУЗ, разработка приложений, стоимость разработки, хакатон.

Университеты на территории современной России стали доступны для широких масс еще в начале 20 века. С тех пор наука и техника продвинулись достаточно далеко, чтобы жизнь человека стала проще и лучше во многих аспектах, но в области образования, к сожалению, развитие движется не столь быстро.

В образование, как и в повседневную жизнь внедрены новые технологии, но учебный процесс от этих преобразований не претерпел сильных изменений: студенты все так же как и сто лет назад приходят в ВУЗ на лекции, записывают их ручками на бумагу, все так же практические занятия студентов проходят в теоретической плоскости из-за невозможности вывода оборудования из эксплуатации в учебных целях и из-за ряда других ограничений, все так же нештатные ситуации приходится изучать в теории, что может негативно сказываться на эффективности принимаемых на практике решений.

Если в случае с лекциями цифровые технологии не могут представить достаточно хорошие альтернативы, то в случае с практическими занятиями, а также с отработкой действий при чрезвычайных ситуациях – есть хорошая аль-

тернатива – в последнее десятилетие активно развивается индустрия 3D/VR тренажеров.

Данная индустрия предполагает создание игровых проектов в обучающих целях. Как отмечают эксперты в этой области, геймификация имеет как ряд преимуществ, так и ряд недостатков [1]. Преимущества геймификации:

- геймификация переводит человека из взрослого состояния в детское, при этом происходит меньшее сопротивление материалу, поскольку снимается внутренний цензор. Уходят взрослые психологические барьеры и ограничивающие установки;

- если в игре участники объединяется для получения общего результата – это стимулирует качественную командную работу;

- если в геймификацию включен конкурирующий элемент – это добавляет эмоций.

Но также существует ряд недостатков:

- иногда геймификация становится самоцелью;

- требуется дополнительное бюджетирование;

- неправильно просчитанная схема обучения приводит к отрицательному результату. Например, в некоторых случаях стимулирование конкуренции может привести к негативным последствиям.

Первый и третий пункты могут быть легко решены при правильной постановке задач в ходе разработки приложения, но дополнительные расходы бюджета отталкивают университеты от внедрения технологий геймификации в образовательную среду.

Можно рассматривать два различных варианта разработки таких приложений: хакатон и целевая разработка приложения.

Для проведения хакатона ВУЗу необходимо выделить призовой фонд. Основным критерием при определении размеров данного фонда будут служить кейсы проведения аналогичных конкурсов разработки, а также финансовые возможности самого ВУЗа.

Выполним оценку стоимости проведения хакатона на основании других схожих по тематике кейсов. В качестве примеров возьмем 5 хакатонов, проведенных в период с 2021 по 2022 годы.

Расчеты будут произведены следующим образом: в качестве стоимости проведения хакатона будет взят объем призового фонда, а также стоимость разработки лендинга и примерный рекламный бюджет на проведение хакатона. При этом не будут учитываться расходы оффлайн хакатонов для организации рабочих мест, размещения участников, поскольку данный формат проведения мероприятия не подходит под требования из-за достаточно малой продолжительности разработки приложения и достаточно высокой стоимости организации.

Список хакатонов со объемами их призовых фондов:

- онлайн-хакатон от DTF и Azur Games – 500000 рублей;
- хакатон в Краснодаре – 300000 рублей;
- VR&AR 360000 рублей;
- Hackathon Barnaul – 100000 рублей;
- хакатон 2022 от SberGames и РТУ МИРЭА – 50000 рублей.

Исходя из выборки, средняя стоимость проведения хакатона в 2021-2022 году составила 262000 рублей, медианная стоимость составила 300000 рублей.

Следующим, что понадобится для организации хакатона будет лендинг. Требования, которые должны быть предъявлены к разработчикам лендинга:

- проведение маркетингового исследования;
- проработка концепции сайта брифированием клиента;
- подключения Яндекс метрики и/или Google аналитики.

Согласно исследованию компании NAJES, в данном случае подходит разработка сайта на Tilda и стоимость разработки сайта составит в среднем 87500 рублей [2].

Также необходимо будет заложить бюджет на проведение рекламной компании. Для этого воспользуемся рекомендациями Сбербанка: будем рассчитывать на основании процента стоимости организации хакатона [3].

Суммарная рассчитанная выше стоимость составила 349500 рублей, в т.ч. 85000 рублей за разработку лендинга и 262000 рублей в качестве призового фонда. Целесообразным будет начало рекламной компании за 6-8 недель до начала хакатона, при этом на саму рекламу будет заложено 15% от ранее рассчитанной стоимости, то есть 52425 рублей.

Следует также заложить некоторую сумму для доработки проектов команд-призеров – около 50000 рублей за команду.

Таким образом, итоговая стоимость проведения хакатона составит 551925 рублей за 3 проекта или 183975 рублей за проект (без учета налогов).

Рассчитаем стоимость разработки простого обучающего 3D/VR приложения при привлечении студентов в качестве основных разработчиков.

Минимальная команда проекта будет состоять из:

- 3D художника;
- программиста;
- менеджера [4].

При этом, кроме основных задач они должны будут выполнять дополнительную работу ввиду малого количества исполнителей в команде. Поскольку заказчиком выступает ВУЗ, команда будет набираться из его студентов.

В соответствии с опытом команд-разработчиков, на разработку игры без онлайн режима с достаточно четким техническим заданием должно быть затрачено порядка 650-900 человеко-часов [5, 6].

Возьмем среднюю оценку трудозатрат на разработку в 775 человеко-часов. При режиме работы 3 часа в день, с учетом 5 дневной рабочей недели на одного разработчика, 3 человека разработают проект примерно за 17,2 недель или около 4 месяцев. Предположим, что разработчики будут получать мини-

мальную заработную плату по Республике Башкортостан на момент написания статьи – 14711 рублей.

Более низкие зарплаты платить нецелесообразно (хотя и возможно согласно законодательству), поскольку даже в данном случае стоимость часа работы 217,94 рублей за час работы (без учета возможных переработок), при средней заработной плате начинающих специалистов в этой области – 369,31 рублей за час работы, согласно исследованию портала R-Schools [7].

Эта сумма на 69% больше предполагаемой зарплаты, но поднятие зарплат до уровня общероссийских в будущем, при развитии проектов ВУЗа в данном направлении не будет требовать от него огромных финансовых вложений.

В целом, с учетом вышеописанных данных, получается, что стоимость разработки 3D/VR/AR проекта при зарплате разработчика 217,94 рублей в час, при наличии трех человек в команде и трудоемкости 775 человеко-часов на разработку составят примерно 168903,5 рублей (без учета налогов).

Далее необходимо выполнить сравнение двух методов разработки с учетом, рассчитанных выше данных и провести анализ преимуществ и недостатков оцениваемых методов разработки проектов.

Преимуществами разработки в виде хакатона будут являться:

- большое количество разнообразных идей среди разработчиков;
- сработавшийся коллектив разработчиков;
- конкуренция при разработке.

Недостатками при данном метода разработки будут являться:

- повышенная стоимость в сравнении с классическим методом разработки;
- неизвестный профессиональный уровень команд принимающих участие (существует вероятность, что не все победители ввиду уровня профессиональных навыков смогу довести продукт до финального вида).

Преимуществами классического метода разработки будут являться:

- высокий уровень контроля проекта со стороны ВУЗа;

– профессиональное совершенствование одной команды разработчиков по мере разработки проектов;

– сниженная стоимость разработки в сравнении с хакатоном.

Недостатками данного метода будут являться:

– необходимость тщательного отбора и дополнительного обучения разработчиков в течении некоторого времени после начала первого проекта;

– низкая сработанность команды в течении некоторого времени после начала первого проекта;

– возможное отсутствие креативных идей из-за малого количества новых взглядов на проблему.

Таким образом, исходя из всего вышеизложенного, можно прийти к выводу, что ведение разработки 3D/VR/AR-приложения целесообразно с применением обоих методов: классическая разработка будет лучше при долгосрочной разработке проектов в ВУЗе, а хакатон-разработка более целесообразна при конкретных задачах, которые не требуют разработки множества проектов. Наилучшая эффективность будет достигнута при применении обоих методов: в ходе хакатона можно получить пилотные проекты, а также команду или команды разработчиков, таким образом избавляясь от ряда недостатков обоих методов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геймификация: как игровой подход помогает в обучении и на работе URL: <https://trends.rbc.ru/trends/education/605c6f2f9a79473a61646994/> (дата обращения 09.09.2022)
2. Сколько стоит лендинг в 2022 году: обзор от агентства NAJES URL: <https://najes.ru/tpost/e8g62izb97-skolko-stoit-lending-v-2022-godu-obzor-o/> (дата обращения 10.09.2022)
3. Как правильно рассчитать рекламный бюджет компании URL: [https://www.sberbank.ru/ru/s\\_m\\_business/pro\\_business/pravilno-rasschityvaem-reklamnyj-bjudzhet-kompanii/](https://www.sberbank.ru/ru/s_m_business/pro_business/pravilno-rasschityvaem-reklamnyj-bjudzhet-kompanii/) (дата обращения 10.09.2022)
4. Стартовый состав команды для геймдева URL: [https://medium.com/@wanted\\_games/стартовый-состав-команды-для-геймдева-8b53e841ce0c](https://medium.com/@wanted_games/стартовый-состав-команды-для-геймдева-8b53e841ce0c) (дата обращения 11.09.2022)
5. Как мы потратили 1 год и 3 месяца на разработку браузерной игры URL: <https://habr.com/ru/post/253268/> (дата обращения 11.09.2022)
6. Building a RPG on a year+ worth of free time and \$6,000 URL: <https://www.memoryofeternity.com/building-rpg-years-worth-free-time-6000/> (дата обращения 11.09.2022)
7. Сколько зарабатывают разработчики игр – исследуем рынок геймдев URL: <https://ratingoff-schools.com/blog/skolko-zarabatyvayut-razrabotchiki-igr-issleduem-rynok-gejmdev/>. (дата обращения 12.09.2022)



УДК 007.3

П. А. ШЕРСТНЕВ, Д. С. СИДОРОВ  
*sherst.pavel@yandex.ru, s2d02@mail.ru*

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. Р. Р. КАРИМОВ

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **ПРИМЕНЕНИЕ ТЕЛЕГРАММ-БОТА ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ТРУДОЕМКОСТИ РАБОЧИХ ПРОЦЕССОВ СОТРУДНИКОВ БИБЛИОТЕКИ**

**Аннотация.** Рассмотрено одно из решений проблемы снижения трудоемкости рабочего процесса посредством применения Телеграм ботов. Описана разработка и использование Телеграм бота на примере библиотеки УГАТУ.

**Ключевые слова:** автоматизация, Телеграм бот, разработка Телеграм бота, автоматизация библиотеки.

В современном мире существует достаточно острая нехватка человеческих ресурсов, чтобы устранить ее существует два основных подхода: привлекать в новых исполнителей, либо разгружать имеющихся от рутинной работы с помощью эффективных средств и цифровых технологий. Второй подход позволяет снизить затраты на обучение новых кадров, а также повысить продуктивность отдельно взятого сотрудника.

Например, отдел предприятия состоит из двух специалистов с малой долей автоматизации рутинных задач. Им выплачивается зарплата по 10000 рублей. Для увеличения производительности отдела необходимо нанять еще одного сотрудника, при этом общая оплата их труда будет составлять 30000 рублей. Внедряя автоматизацию рутинных задач, предприятие получает возможность снизить издержки, а также увеличивать производительность. Например, при увеличении производительности на одного сотрудника платить ту же зарплату в 10000 рублей, либо повысить квалификацию сотрудников, поднять их мотивацию за счет увеличения заработной платы до 12500 рублей, при этом экономия на отдел составит 5000 рублей.

Одним из вариантов автоматизации рутинных процессов может служить применение Телеграм-ботов. Телеграм-боты позволяют автоматизировать следующие процессы:

- планирование задач;
- рассылка уведомлений сотрудникам;
- автоматизированное выполнение запланированных задач без участия человека;
- онбординг, консультации и техническая поддержка клиентов (в случае со специалистами технической поддержки) [1, 2].

Рассмотрим пример конкретного кейса разработки чат-бота Telegram для научно-технической библиотеки УГАТУ (НТБ) [3].

Данный бот разработан с целью снизить нагрузку на сотрудников библиотеки, обеспечить информационную поддержку студентов, помогать им быстрее находить интересные им ресурсы из электронного каталога библиотеки, отвечать на типовые запросы студентов – потеря книги, срок выдачи книг, издания по специальности и др.

Поскольку для решения задач библиотеки с использованием Telegram API требовалось создание небольшого бота для небольшого количества одновременно работающих пользователей, был выбран язык Python как наиболее удобный для создания небольших проектов.

После выбора языка необходимо выбрать библиотеку для разработки бота. Рассматривались два варианта: *aiogram* и *python-telegram-bot*.

*Aiogram* имеет преимущество в виде работы в проекте с относительно высокой нагрузкой.

*Python-telegram-bot*, в отличие от аналога, позволяет быстро обучаться разработке, а также предоставляет достаточно простой способ работы с асинхронностью через декоратор `@run_async`. Однако он имеет недостаток в виде достаточно небольшого количества одновременных пользователей.

Поскольку для реализации поставленных задач количество пользователей не должно быть большим, а также время на освоение библиотеки было ограничено авторами была выбрана библиотека *Python-telegram-bot*.

В рамках разработки приложения требовалось реализовать в Телеграмм-боте следующие функции:

- получение ответов на типовые запросы студентов – график работы, потеря книги, срок выдачи книг, издания по специальности и др.;

- реализовать поиск издания в электронном каталоге. Многим студентам, по мнению авторов, было бы гораздо удобнее совершать поиск издания через любимый мессенджер, не заходя на сайт библиотеки.

Для реализации поставленных задач необходимо было использовать дополнительный инструментарий, поскольку получение данных в электронном каталоге осуществляется с помощью парсинга (получение информации с преобразованием в нужный формат).

Для выполнения запросов была выбрана библиотека *requests*, поскольку она позволяет взаимодействовать с сайтами через http-запросы, используя минимальное количество кода.

Для осуществления преобразования данных в нужный формат была выбрана библиотека Beautiful Soup 4 (BS4) за счет своей простоты и распространенности. В дополнение к этой библиотеке для преобразования в нужный формат была использована библиотека lxml.

В ходе разработки бота предположено организовать интерфейс взаимодействия с пользователем через 3 кнопки в меню:

- «Найти издания в ЭБС УГАТУ» – реализует функцию поиска изданий в электронной библиотечной системе УГАТУ;

- «Сайты» – отправляет пользователя на один из сайтов: УГАТУ, ЭБС или библиотеки УГАТУ;

- «FAQ» (Часто задаваемые вопросы) – реализует предоставление пользователю список из 23 наиболее часто возникающих у студентов вопросов.

Все дополнительные кнопки были размещены непосредственно в сообщениях. Это упростило приложение по сравнению с альтернативными решениями.

В рамках мессенджера Телеграмм существует две модели взаимодействия с пользователем с помощью бота.

Первая модель предполагает прямую отправку сообщений, которые будут скапливаться в диалоге. Преимущество данного метода заключается в простой и прозрачной истории общения с ботом. С другой стороны, при этом чат с пользователем может достаточно сильно перегружен уже ненужной информацией.

Вторая модель предполагает замену предыдущего функционального сообщения с кнопкой на новое. При этом теряется часть истории общения, которая была заменена. Данный недостаток частично исправляется за счет внедрения дополнительно кнопки возврата к предыдущему состоянию.

Вследствие того, что недостатки второй модели взаимодействия могут быть скомпенсированы за счет небольшой доработки, для реализации в боте была выбрана именно она.

После окончания разработки и успешного запуска бота на сервере УГА-ТУ было проведено его тестирование, которое доказало его способность выдерживать одновременную нагрузку в несколько десятков пользователей.

В ближайшее время планируется расширение функционала бота:

1. Подписка на новостную рассылку библиотеки.
2. Внедрение системы обратной связи для улучшения пользовательского опыта студентов.
3. Внедрение системы групп пользователей для расширения на ее основе функционала бота, в том числе внедрение систем:
  - автоматизированного администрирования Телеграмм канала библиотеки посредством планирования контента;
  - ответа на обратную связь в рамках Телеграмм- бота.

Телеграмм-боты являются достаточно простым и эффективным инструментом в рамках снижения рутинной составляющей рабочего процесса. Одними из главных достоинств внедрения Телеграмм-ботов являются:

- непрерывная автоматизированная работа;
- минимизация ошибок путем исключения человеческого фактора из части задач, передаваемых ботам;
- низкая стоимость разработки, внедрения и поддержки проекта в сравнении с решением аналогичных задач средствами сотрудников;
- простота в освоении для новых пользователей.

Телеграмм-боты универсальны, что позволяет использовать их во многих сферах: начиная от чат-ботов, заканчивая онлайн-магазинами.

На данный момент разработанный бот находится в эксплуатации более двух месяцев. За это время он показал свою эффективность, снизив количество обращений в библиотеку УГАТУ по самым простым вопросам, что позволило снизить нагрузку на ее сотрудников.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Как упростить работу команды с помощью Telegram URL: <https://habr.com/ru/company/domclick/blog/647559/> (дата обращения 11.09.2022)
2. Телега ботов. Зачем нужны чат-боты в Telegram и как быстро внедрить инструмент в работу URL: <https://blog.callibri.ru/chat-bot-telegram.a> (дата обращения 11.09.2022)
3. Телеграм бот библиотеки УГАТУ URL: [https://t.me/USATUlibrary\\_bot](https://t.me/USATUlibrary_bot) (дата обращения 11.09.2022)

УДК 004

Д. В. ШЛЁНКИН

*kot.dima2011@yandex.ru*

Науч. руковод. – канд. техн. наук, проф. Р. Р. КАРИМОВ

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **ПРОГРАММНЫЙ СИМУЛЯТОР ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ МАРШРУТА ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА**

**Аннотация.** Рассматривается улучшение процесса поездки на маршрутном транспортном средстве путем оптимизации выезда транспортного средства.

**Ключевые слова:** транспортное предприятие; процесс поездки на транспортном средстве; оптимизация рейсов; моделирование работы автобусов на рейсе.

Данная статья посвящена немаловажному вопросу любого города, в котором есть минимальная инфраструктура – маршрутизация автобусных маршрутов.

Проблема маршрутизации автобусных маршрутов актуальна с первого появления автобусного маршрута по сей день. Организация маршрутов наземного городского транспорта одна из проблем современного мира.

В 2018 году у жителей Уфы появилась возможность отслеживать движение городского пассажирского транспорта онлайн. Работа над единой базой велась с 2015 года, когда весь наземный транспорт Уфы был подключен к муниципальной навигационной системе на базе ГЛОНАСС. Позже к ней были добавлены частные перевозчики\*.

Однако вопрос о пассажиропотоках остается нерешенным. Маршрутные транспортные средства отправляются по заданному расписанию или с определенным интервалом движения только по одной причине – неизвестность притока пассажиров определенного рейса на определенную остановку.

Исходя из данных проблем современного мира, было разработано приложение, которое позволяет составить оптимальный план выезда маршрутного

---

\* [https://www.tourister.ru/world/europe/russia/city/ufa/publications/973#\\_block\\_0](https://www.tourister.ru/world/europe/russia/city/ufa/publications/973#_block_0)

транспортного средства, а также показать пользователю (пассажиру транспортного средства или организатору рейсов) текущее расположение автобусов.

Ключевая задача разработки данного приложения состоит в том, чтобы найти лучшее время выезда транспортного средства путем моделирования рейса с набором входных данных:

- количество остановок на рейсе;
- важность остановки;
- протяженность рейса;
- среднее время поездки от начальной до конечной точки отправления транспортного средства;
- количество транспортных средств, принадлежащих рейсу;
- количество людей, ожидающих на остановке;
- время дня.

Данная разработка позволяет в реальном времени получать информацию с остановок и автобусов (о пассажирах и их состоянии) для каждого рейса (Рисунок 1).

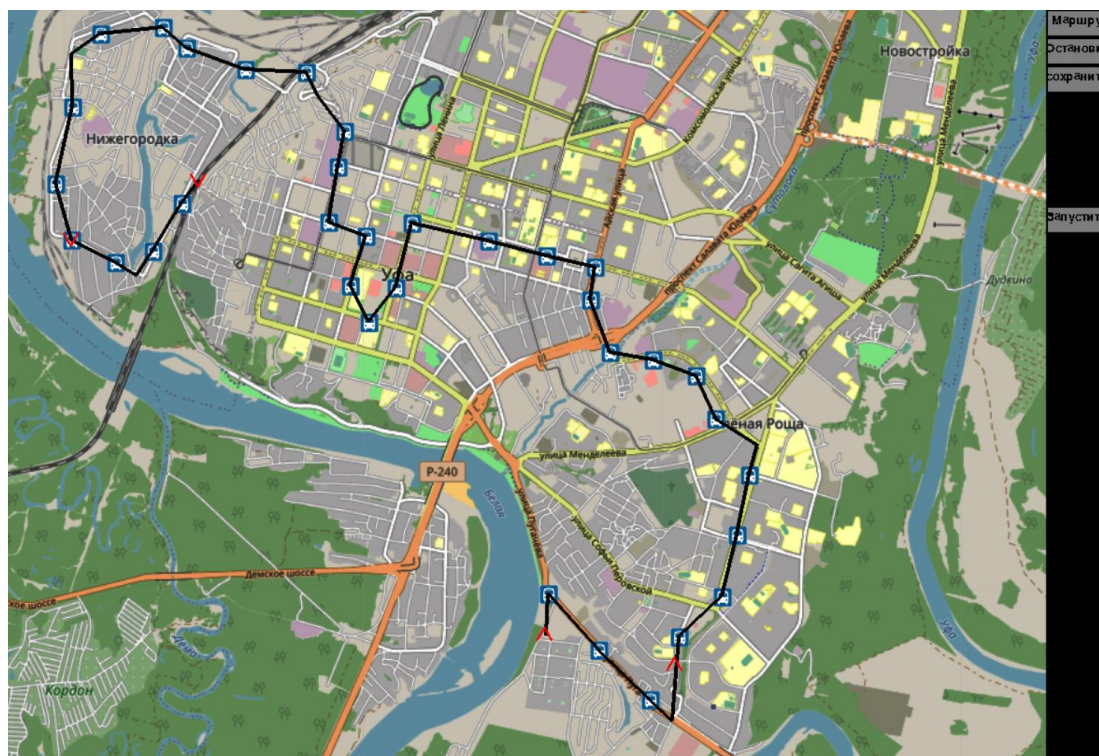


Рис. 1. Моделирование рейса №252

С помощью данного приложения существует возможность построить любой маршрутный (автобусный) рейс. Количество маршрутов ограничена только вычислительной мощностью машины.

Для генерации людей на остановках была взята модель равномерного распределения. То есть люди на остановках появляются по равномерному закону распределения. В программе «Сервис для транспортного предприятия» предусмотрены разнообразные модели распределения людей на остановках, что говорит о возможности сделать остановку более оживленной.

Выезд маршрутного транспортного средства может различаться на разных рейсах, с разным количеством остановок, интенсивностью прихода людей на остановки, маршрутом и общим временем маршрута. Чтобы осуществить рациональный выезд маршрутного транспортного средства с точки зрения компании, владеющей транспортными средствами, совместно с пассажирской, была испробована модель выезда транспортного средства, зависящая от количества остановок на рейсе, важности остановки (интенсивность прихода людей), протяженности рейса, среднего времени поездки от начальной до конечной точки отправления транспортного средства, количества транспортных средств, принадлежащих рейсу, количества людей, ожидающих на остановке, времени дня.

В качестве первого приближения решения по вопросу о выезде маршрутного транспортного средства параметры были взяты исходя из личного опыта и наблюдения, также была упрощена модель генерации людей на остановках до одномерной.

После построенной модели рейса, возможен запуск и дальнейший просмотр работы модели (Рисунок 2).



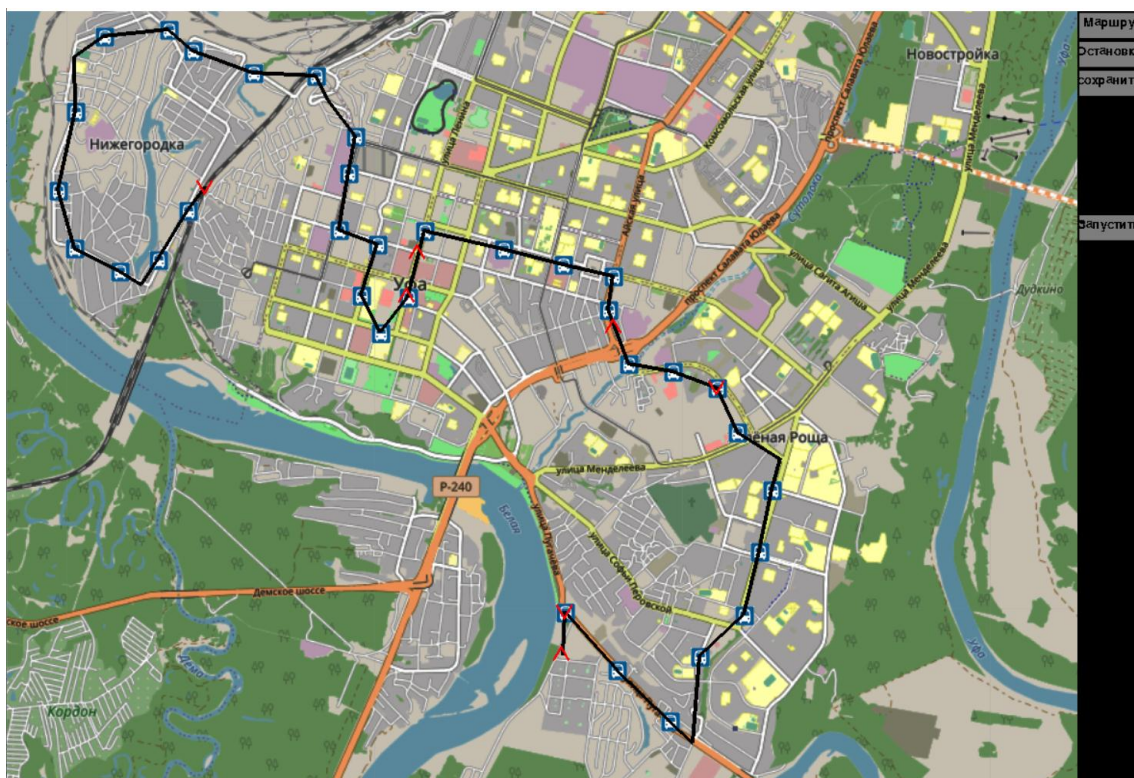


Рис. 2. Распределение автобусов рейса №252

Модель первого приближения движения автобусных транспортных средств при начальных данных:

- Среднее время движения маршрутного такси от начальной до конечной точки = 55 мин;
- Количество маршрутных такси = 20;
- Количество остановок = 34;
- Генерация людей на остановках = равномерная (1 человек в 2 минуты).

Показал следующие результаты:

- Среднее время ожидания транспортного средства человека = 29 минут;
- Количество активных автобусов на рейсе = 13.

### ***Анализ результатов***

Подводя итог по данной модели, построенной при первом приближении решения проблемы, можно сделать вывод, что при заявленных 20 маршрутных транспортных средств максимально были использованы только 13 из них. Это

означает, что предполагаемая компания понесет убытки, обслуживая транспортные средства, которые являются нерациональными.

Пассажиры при данном приближении ожидают на остановке 30 минут, что является большим сроком относительно общего времени маршрута. Возможные пути решения проблемы – использовать более корректную модель генерации жителей на остановках либо задействовать больше маршрутных такси.

Таким образом, с помощью данного приложения можно автоматизировать и улучшить процесс поездки жителей на транспортном средстве для жителей многих городов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Расписание движения автобусов – пассажирские перевозки // URL: <http://www.transpovolume.ru/ranvols-563-1.html> (Дата посещения: 22.07.2022)
2. Тесёлкин А.А. Методы планирования и статистического анализа наблюдений для оценки матриц транспортных корреспонденций. 2018.
3. Нурминский Е.А. Ларин О.Н. Транспортное планирование: создание транспортных моделей городов: монография / М.Р. Якимов. – М.: Логос, 2013. – 188 с

УДК 004

Д. В. ШЛЁНКИН, В. А. ГЛУЩЕНКО

*kot.dima2011@yandex.ru, val\_g\_2001@bk.ru,*

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. Р. Р. КАРИМОВ

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **РАЗРАБОТКА ВИРТУАЛЬНОГО СИМУЛЯТОРА ПОДВИЖНОГО ОБЪЕКТА (ПЛАНЕТОХОДА)**

**Аннотация.** Рассматривается разработка модели поведения подвижного объекта, автоматизация работы элементов данного объекта.

**Ключевые слова:** симулятор; Unity 3D; Blender; моделирование подвижного объекта; создание анимации; автоматизация процессов в симуляторе.

### ***Актуальность работы***

В настоящее время цифровые технологии позволяют создавать виртуальные симуляторы различных подвижных объектов.

В данной работе в качестве подвижного объекта рассматривается планетоход. Актуальность разработки связана с тем, что в Российской Федерации одним из направлений развития космической отрасли является разработка перспективных модели напланетных транспортных подвижных объектов, к которым относятся планетоходы. На ранних стадиях проектирования могут быть предложены цифровые модели различных вариантов конструкций планетоходов [1, 2]. Помимо модели планетохода, необходимо создавать модели окружения, ландшафта, движения планетохода и управления его движением.

Виртуальный симулятор может создаваться для различных целей и потребителей. В рамках учебно-научного процесса могут быть сформулированы следующие варианты целей разработки виртуального симулятора:

1) образовательная – разработка и модернизация лабораторной работы по 3D-моделированию и анимации подвижного объекта с применением 3D-редактора и интерактивной графической среды (игрового движка) и формирование компетенций в области промышленного дизайна;

2) учебно-тренировочная – разработка прототипа тренажера для формирования навыков вождения планетоходов (заезд в ангар, движение по маршруту: объезд препятствий.);

3) научно-практическая – разработка прототипа цифрового полигона (виртуального испытательного стенда) для проверки различных конструкций планетоходов;

4) игровая – разработка игрового симулятора колесного подвижного объекта в жанре SciFi.

Для достижения поставленных целей необходимо решить следующие задачи:

1) разработка 3D-моделей подвижного колесного объекта (в т.ч. иерархия 3D-объекта) и окружающей среды, обеспечение высокой степени реалистичности (материалы, текстуры, освещение и т.д.);

2) разработка алгоритмической модели движения подвижного колесного объекта и его физического взаимодействия с окружающей средой;

3) программная реализация виртуального симулятора.

Одна из наиболее распространенных программ для разработки виртуальных симуляторов является интерактивная графическая среда (ИГС) Unity3D.

В качестве редактора для создания 3D модели планетохода использовалось средство для моделирования – Blender. Unity 3D обеспечивает импорт 3D модели разработанной в Blender.

### ***Разработка 3D-моделей***

Для разработки виртуального симулятора необходимы 3D модели следующих объектов:

- планетоход;
- планетная станция;
- ландшафт местности.

Разработанная 3D модель планетохода представлена на рисунке 1.

Основными элементами конструкции планетохода являются:

- ходовая часть;
- корпус;
- спутниковая антенна;
- солнечная батарея.

Подвижными элементами планетохода будут колеса и антенна.

Модель планетохода создана на основе следующих геометрических примитивов: куб, торус, конус, сфера, цилиндр.

Для того, чтобы элементы конструкции не пересекались друг с другом, применен модификатор логических операций «Boolean», который позволяет объединить геометрические примитивы в более сложные объекты.

Для придания реалистичного вида планетохода применены следующие текстуры и материалы для следующих элементов конструкции:

- колеса;
- корпус;
- солнечная батарея;
- спутниковая антенна.

Для 3D объекта необходимо создать иерархию, чтобы обеспечить простое и корректное управление движением. В частности, планетоход должен иметь такую иерархию, при которой достаточно будет управлять движением вершинной иерархии, чтобы перемещать вложенные объекты.

3D модель планетной станции включает в себя ангар с тремя секциями. В основном ангаре предусмотрен элемент подъемного механизма ворот.

Разработанные 3D модели были загружены в виртуальную сцену в интерактивную графическую среду Unity 3D.



Рис. 1. Итоговый вид модели лунохода

## *Разработка алгоритмов движения и физического взаимодействия с окружающей средой*

В разрабатываемом виртуальном симуляторе предполагаются следующие виды движения:

- управляемое вращательное движение колес, обеспечивающее поступательное движение планетохода по поверхности планеты;
- вращательное движение спутниковой антенны;
- движение подъемного механизма ворот ангара планетной станции.

Модель движения планетохода будет реализована с помощью встроенной в игровой движок компонент «WheelCollider» (Рисунок 2).

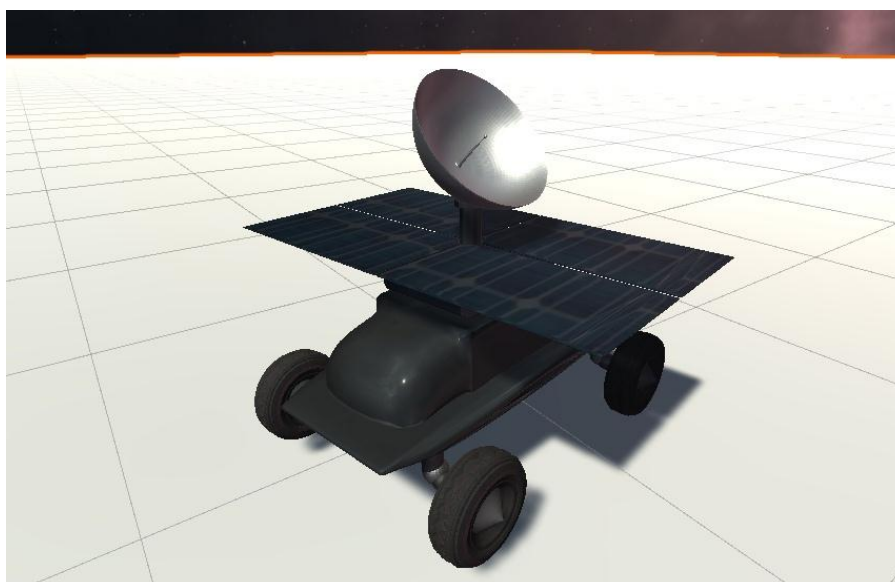


Рис. 2. Импортированная модель в Unity 3D

Для перемещения по поверхности планетоход должен обладать физическими свойствами реального мира. Для этого на модель был наложен компонент RigidBody.

Компонент Rigidbody – это встроенный в игровой движок компонент, позволяющий имитировать физику реального объекта. Модель с компонентом «Rigidbody» подвержена гравитации и будет реагировать на столкновения с другими объектами.

Для реализации модели движения планетохода модифицирован скрипт движения «SimpleCarController» (Рисунок 3).

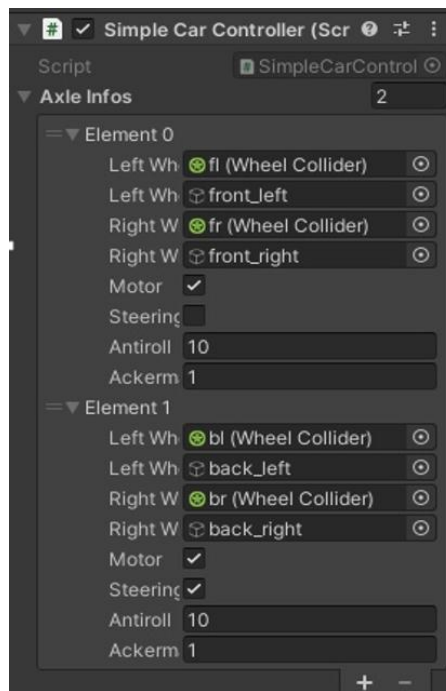


Рис. 3. Скрипт движения

Для удобного слежения за планетоходом был разработан специальный скрипт для объекта «MainCamera», созданного в ИГС Unity, который позволяет пользователю приблизить/отдалить объект «MainCamera».

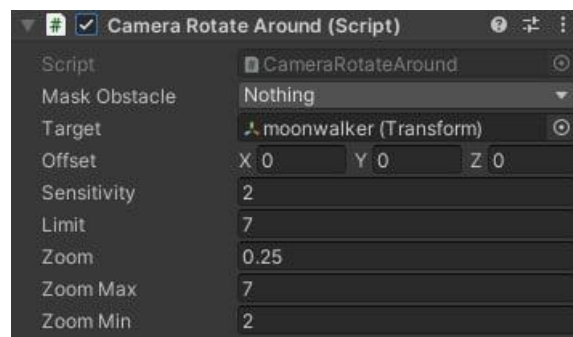


Рис. 4. Скрипт движения камеры

### ***Выводы***

Разработанный прототип виртуального симулятора обеспечивает визуальное моделирование движения планетохода, за счет создания крутящего момента на его колесах, а также вращательное движение антенны. В симуляторе предусмотрено автоматическое открывание ворот ангара для въезда планетохода (рисунок 5).



Рис. 5. Вид с камеры пользователя при использовании симулятора

Симулятор может быть использован для образовательной и игровых целей.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кондратьева Н.В., Каримов Р.Р., Верхотуров М.А., Валеев С.С. ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ АВИАЦИОННО-КОСМИЧЕСКИХ СИСТЕМ // Естественные и технические науки. 2022. № 4 (167). С. 194-196.
2. Каримов Р.Р., Кузьмина Е.А., Арсланов Т.Р., Макаев Р.А. ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОМПЛЕКСА УПРАВЛЕНИЯ АВИАЦИОННО-КОСМИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЙ СМЕШАННОЙ РЕАЛЬНОСТИ // В сборнике: Свободный полет - 2018. Задачи обработки больших данных в авиации. Материалы III Всероссийской научно-практической конференции. под общей редакцией С. С. Валеева, А. Д. Кулакова, И. А. Копылова. 2018. С. 73-76.
3. Интернет-ресурс «Играсан» URL: <https://igrasan.ru/simulyator/> (Дата посещения 10.09.2022)
4. Интернет-ресурс «Юнити» URL: <https://unity.com/ru> (Дата посещения 10.09.2022)
5. Интернет-ресурс «Ассетстор» URL: <https://assetstore.unity.com> (Дата посещения 10.09.2022)



УДК 004.946

А. В. ШУНДЕЕВ

*artem\_shundeev@mail.ru,*

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. Р. Р. КАРИМОВ

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕДВИЖЕНИЯ В ОЧКАХ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ**

*Аннотация.* Рассматриваются способы передвижения, перемещения в пространстве виртуального игрока, для увеличения разнообразия контента, объектов, с которыми возможно взаимодействие.

### ***Актуальность работы***

Технологии виртуальной реальности все чаще получают развитие в сфере образования, моделирования и проектирования какого-либо процесса, начиная с простых физических опытов, и заканчивая химическими реакциями. Одним из основных вариантов применения виртуальной реальности является обучение персонала действиям при чрезвычайных ситуациях. Особенно актуально применение виртуальной реальности при проектировании аварийной ситуации на каком-либо производстве.

Применение технологии виртуальной реальности позволяет уменьшить денежные затраты на обучение персонала и сводит угрозу жизни и здоровью обучающегося к минимуму.

### ***Проблематика***

При создании сцены не всегда получается разместить объекты для взаимодействия близко к игроку, чтобы его координаты были статичными. Поэтому появляется необходимость в передвижения игрока. В основном, трекеры для отслеживания ног отсутствуют в комплекте очков виртуальной реальности. Из-за этого приходится искать альтернативные способы передвижения.

## ***Виды перемещения в виртуальной реальности***

*Трекеры для отслеживания ног* обеспечивают более полное погружение в виртуальный мир, но их недостаток: цена, головокружение.

*Базовые станции* позволяют передвигаться в области метр на метр, недостатки: легко выйти из области станций, головокружение.

*Джостики* – универсальное устройство, доступное большинству пользователей VR. С их помощью можно осуществить стандартное перемещение, недостатки: пропадет погружение в виртуальную реальность, головокружение.

*Телепортация* осуществляется при помощи контроллеров и легка в использовании, отсутствует головокружение.

## ***Постановка задачи***

Ключевая задача разработки проекта состоит в том, чтобы позволить игроку перемещаться по готовой сцене при помощи телепортов.

## ***Реализация***

Использовался шлем виртуальной реальности HTC VIVE и программное обеспечение для подключения Steam VR.

1. В готовом проекте с окружением изменили XR настройки игрока со стандартных на openVR SDK, что позволило подключить шлем виртуальной реальности.

2. Для дальнейшей настройки окружения под виртуальную реальность импортируем пакет Steam VR. Далее заменяем стандартную камеру на готовый prefab игрока из данного пакета.

3. Настраиваем input для контроллеров. Картинка становится плавнее, и контроллеры подключаются и отображаются в unity.

4. Программная реализация телепорта находится в пакете Steam VR. Добавляем prefab телепорта в сцену. Он состоит из 3 скриптов.

Название	Назначение
Teleport	задает необходимые параметры для луча наведения
TeleportArc	создает область, которая является нулевой точкой отсчета для размещения камеры
TeleportURPHelper	проверяет на наличие коллизий, чтобы избежать телепортирования внутрь другого объекта

Запуская сцену, появляется возможность из контроллеров выпускать лучи наведения. Настройка игрока завершена.

Настройка окружения включает в себя создание карты перемещения. То есть размещение плоскостей или точек, на которых может размещаться игрок. Это делается во избежание телепортации в места, где игрок не может стоять (стены, потолок, двери, и т.д.).

#### ***Создание плоскости:***

Размещаем плоскость на сцене, создаем сетку-mesh для рендера и колайдера, добавляем скрипт “TeleportArea”. Данный скрипт возвращает логическую единицу при коллизии плоскости с лучом наведения, игрок перемещается на координаты пересечения плоскости и луча.

#### ***Создание точки:***

Точка – это условное обозначение плоскости, которая описывается уравнением окружности. Создается сетка-mesh как и у плоскости, добавляется скрипт “TeleportPoint”. Данный скрипт аналогично “TeleportArea” возвращает логическую единицу при коллизии плоскости с лучом наведения, но игрок перемещается не на координаты пересечения плоскости и луча, а в центр окружности.

Таким образом, можно сделать карту передвижений, чтобы виртуальная рабочая зона игрока увеличилась. Появляется возможность создавать отдельные комнаты, этажи, уровни, на которых можно разместить 3d объекты для взаимодействия.

УДК 004.921

Е. А. ЮНУСОВА

*inf.ugatu@mail.ru*

Науч. руковод. – канд. физ.-мат. наук, доц. Л. И. ШЕХТМАН

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## ПОСТРОЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ФРАКТАЛОВ В С#

**Аннотация.** Решается задача генерации графических иллюстраций путем построения геометрических фракталов. Создана программа на языке С#, которая обеспечивает возможность выбора вида геометрического фрактала, настройку параметров изображения и построение графической фрактальной иллюстрации.

**Ключевые слова:** фрактальная графика; геометрические фракталы; С#.

Геометрические фракталы могут иметь вид узора, заполняющего квадрат заданного размера или замкнутой ломаной линии, причем плотность заполнения или степень изломанности кривой легко настраивать, меняя параметры алгоритма. Если же добавить еще и рандомизацию, то можно с помощью одного алгоритма при каждом запуске получать новое уникальное изображение. Получаемые изображения можно использовать в качестве текстур, фонов в компьютерных играх, виртуальных симуляторах, на web-страницах и т. д.

Геометрические фракталы строятся на основе исходной фигуры (линии, многоугольника или многогранника) путем ее дробления и выполнения различных преобразований полученных фрагментов [1].

Рассмотрим в качестве примера геометрического фрактала кривую Гильберта. Кривая Гильберта первого порядка ( $H_1$ ) похожа на букву П в виде трех сторон квадрата (см. рис. 1а). Кривая Гильберта второго порядка ( $H_2$ ) состоит из четырех кривых  $H_1$ , ориентированных в разные стороны и соединенных связками — отрезками прямых (см. рис. 1б). Аналогично, кривую Гильберта третьего порядка ( $H_3$ ) можно рассматривать как четыре кривых  $H_2$  и три связки (см. рис. 1в). Теоретически процесс преобразования можно продолжать до бесконечности. На практике обычно задают количество итераций. Поскольку фрактал обладает свойством самоподобия, для его построения в программе удобно применять рекурсию.

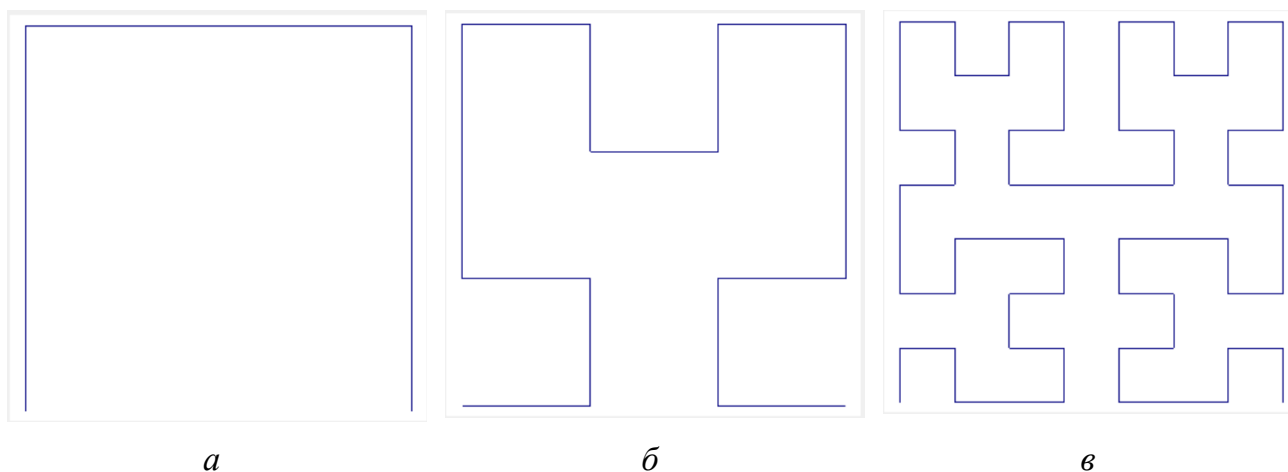


Рис. 1. Кривая Гильберта

В системе программирования Visual Studio на языке C# [2] было создано многооконное приложение для построения геометрических фракталов. Главная экранная форма программы показана на рисунке 2. Здесь расположены 4 командные кнопки с названиями и фрагментами известных фракталов. По щелчку пользователя на кнопке открывается новое окно, в котором пользователя может выбрать с помощью списка количество итераций для фрактала. Рисунок 3 демонстрирует окно для кривой Гильберта, когда выбрано 5 и 6 итераций. В программе выполняется масштабирование фрактального изображения путем расчета длины базового отрезка в зависимости от числа итераций. Поэтому ограничивающий изображение квадрат всегда заполнен, причем с увеличением числа итераций заполнен все более плотно. Изображения на рис. 1 также получены данной программой.

Рисунок 4 демонстрирует работу программы по построению фракталов «Звезда Коха» и «Кривая дракона». При их генерации также выполняется автоматическое масштабирование. Звезда Коха показана после трех (рис. 4а) и после семи итераций (рис. 4б). Видно, что с увеличением числа итераций, линия становится все более изломанной, но остается вписанной в заданный квадрат. Рисунки 4в и 4г показывают кривую дракона после 7 и 13 итераций, соответственно. Внешние размеры остаются постоянными.

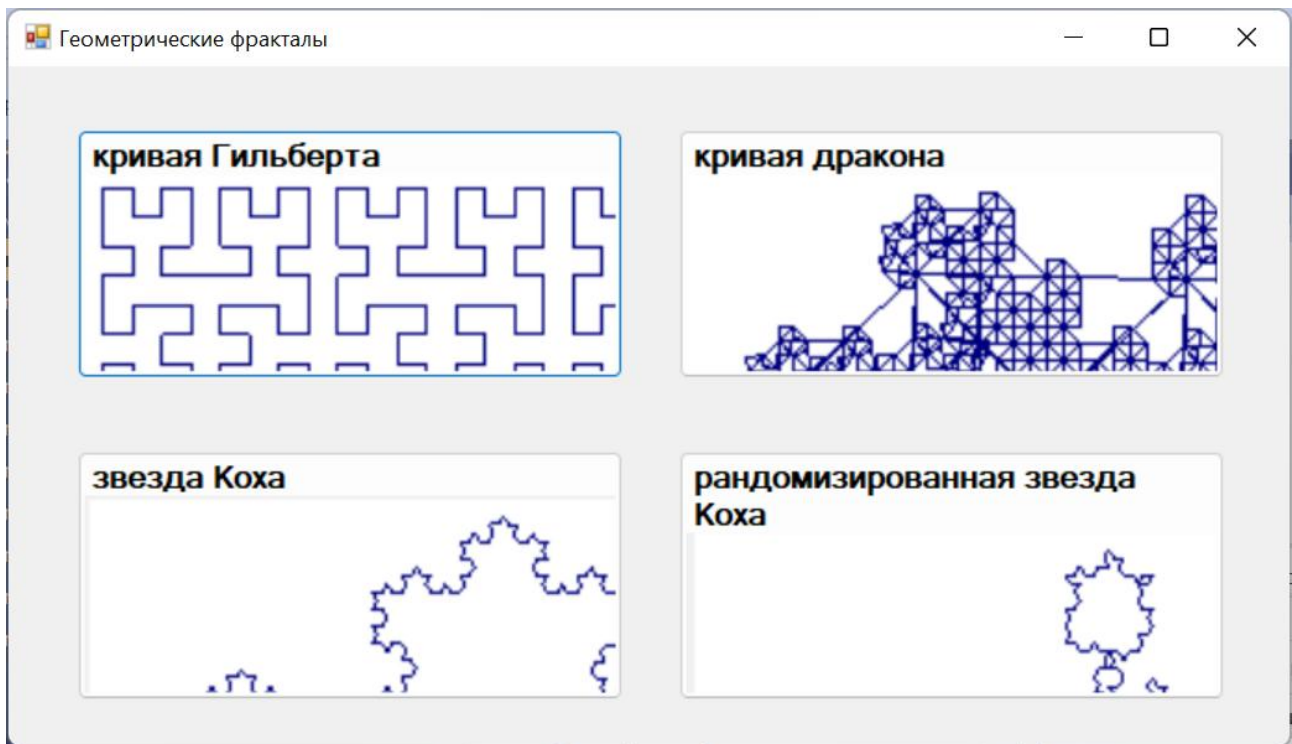
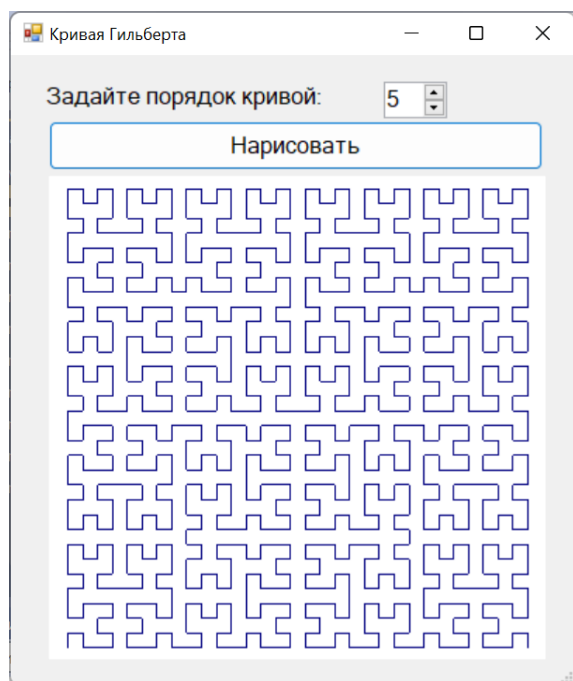
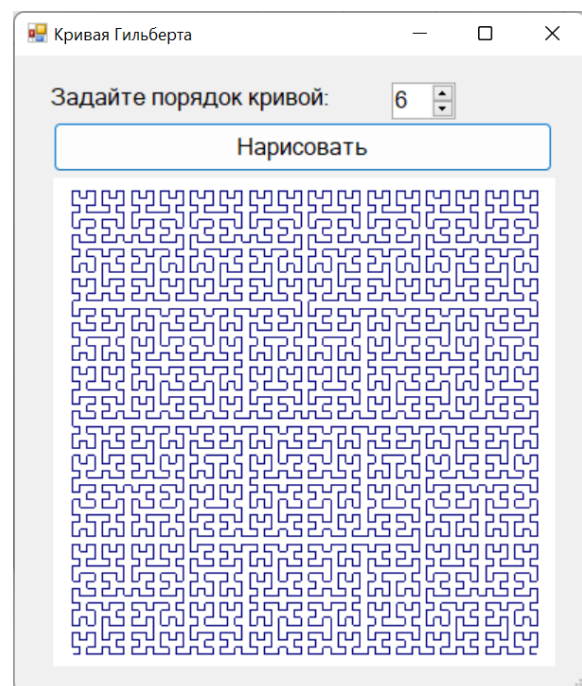


Рис. 2. Главная форма программы «Геометрические фракталы»

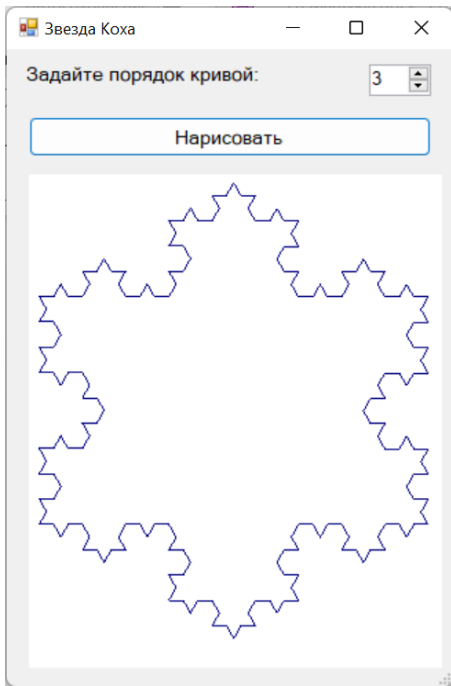


*а*

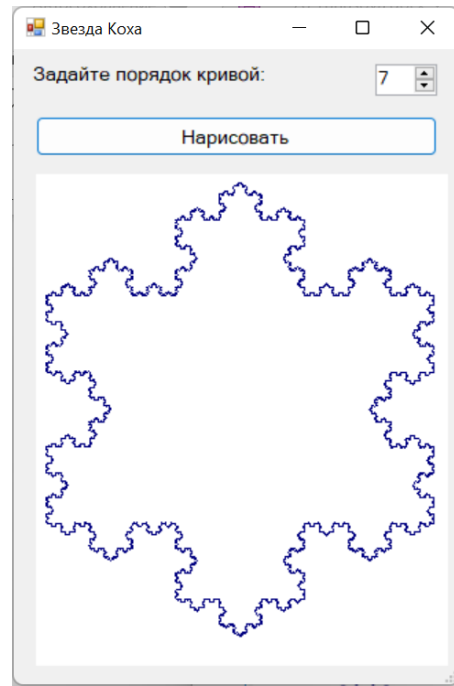


*б*

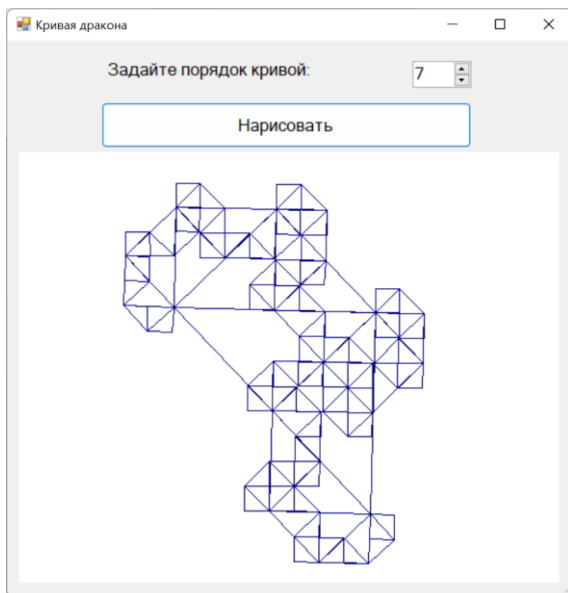
Рис. 3. Форма программы «Кривая Гильберта»



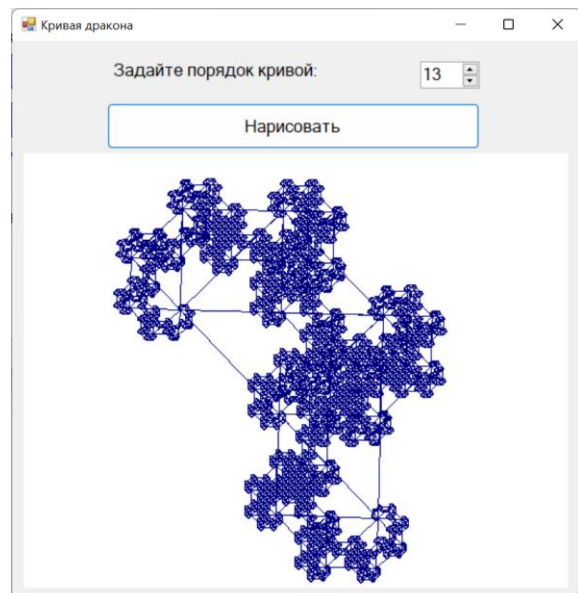
*а*



*б*



*в*



*г*

Рис. 4. Формы программы «Звезда Коха» и «Кривая дракона»

Для одного из фракталов в программе имеется стохастический вариант. Рисунок 5 показывает построенные изображения рандомизированной звезды Коха. Изображения на рис. 5а и 5б получены одной и той же процедурой при одинаковом числе итераций, но они отличаются, поскольку направление, в котором выгибается кривая на очередном шаге выбирается случайным образом.

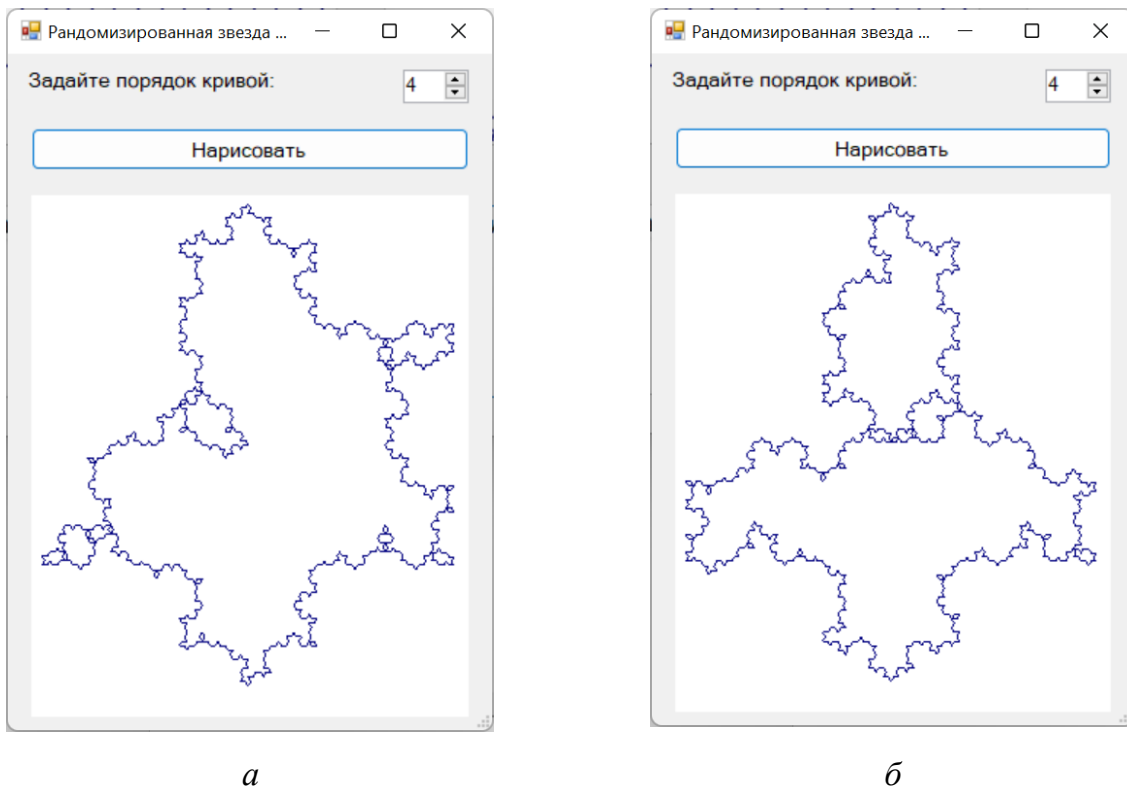


Рис. 5. Рандомизированная звезда Коха

Созданная программа поддерживает решение следующих задач:

- построение кривой Гильберта;
- построение кривой дракона;
- построение звезды Коха;
- построение рандомизированной звезды Коха.

Программа обеспечивает выполнение следующих функций:

- предоставление возможности пользователю выбора вида геометрического фрактала;
- настройка параметров вывода изображения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Никулин Е. А. Компьютерная графика. Фракталы. — Санкт-Петербург: Лань, 2021. — 100 с.
2. Заборовский Г. А., Сидорик В. В. Программирование на языке C#. — Минск : БНТУ, 2020. — 84 с.



## СЕКЦИЯ 5.9 МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

УДК 004.94

Р. Р. АХМЕТЗЯНОВА

*AkhmetzyanovaRaR@yandex.ru*

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. И. И. БИКМУЛЛИНА

*Казанский национальный исследовательский технический университет  
им. А. Н. Туполева – КАИ*

### СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ 3DS MAX И BLENDER

*Аннотация.* Сегодня многие начинающие разработчики, интересующиеся моделированием, не знают какой инструмент выбрать для создания своих проектов. Стоя перед выбором, просматривают большое количество интернет-ресурсов, книг, статей. Поэтому хотелось бы рассмотреть довольно популярные платформы для разработки моделей, такие как 3dsMax и Blender.

*Ключевые слова:* 3d-моделирование; 3dsMax, Blender.

3dsMax – это один из самых мощных 3D-редакторов, которому под силу решать самые разнообразные задачи. Он по многим причинам считается программой архитекторов и дизайнеров интерьера, одна из которых — возможность качественного создания фотореалистичных визуализаций[1]. Современный 3dsMax — это не только архвиз, но еще и 3D-моделирование, качественная физика объектов на основе реальных законов физики, настройка анимации, система частиц и многое другое[2].

Blender 3D – профессиональное свободное и открытое программное обеспечение для создания трехмерной компьютерной графики, включающее в себя средства моделирования, скульптинга, анимации, симуляции, рендеринга, постобработки и монтажа видео со звуком, компоновки с помощью «узлов», а также создания 2D-анимаций[3]. Эти особенности сделали эту программу крайне популярной как среди начинающих пользователей, так и среди настоящих профессионалов моделирования. Софт нередко выбирается в качестве основного рабочего инструмента для больших и серьезных проектов. Проведем сравнительный анализ и составим таблицу с достоинствами и недостатками этих инструментов.

Конечно все зависит от целей использования данных программ. Например, если вы хотите создавать интерьеры и заниматься дизайном, то часто модели переводят в другое программное обеспечение для создания чертежей. Поэтому между двумя инструментами выберут 3dsMax. Если вы же хотите создавать какие-либо модели для игр, то стоит выбрать Blender, так как в данном приложении упрощенный функционал. Также стоит отметить широкий диапазон возможностей Blender 3D: от скульптинга до композинга и 2d анимации. В 3dsMax нет пакета, который мог бы составить конкуренцию.

После проведения аналитического обзора 3dsMax и Blender, также был проведен сравнительный анализ этих программ. Результатами данных анализов стала итоговая таблица с некоторыми характеристиками (см. табл. 1).

Таблица 1

Итоговая таблица

Характеристика	Blender 3D	3dsMax
Системные требования (минимальные требования)	Процессор с одним ядром, работающий на частоте 1 ГГц, оперативная память 512 Мбайт, видеокарта с поддержкой Open GL и объемом памяти не ниже 64 Мбайт.	Windows 7,8,10, процессор Intel I5, 4 Гб оперативной памяти, видеокарта – nVidia GeForce 760/860/960, дисковая система как у обычного компьютера
Кроссплатформенность	Windows, Linux, macOS.	Windows, macOS.
Языковая поддержка	20 языков, в том числе русский	English; Dutch; Polish; Turkish; Swedish.
Цена	Бесплатное программное обеспечение	Стоимость лицензии - 1785\$/год
Сложность	Довольно простое в изучении и освоении	Профессиональная программа, требующая навыков и знаний
Скорость	Запуск за несколько секунд	Долгая загрузка
Возможности	3D-моделирование, анимация, текстурирование, рисование, визуализация, редактор видео, игровой движок	3D моделирование и визуализация архитектурных объектов; визуализация и дизайн интерьера; 3D моделирование для компьютерных игр; многопрофильный дизайн; рекламная анимация; художественная анимация и создание спецэффектов; WEB-дизайн, компьютерная графика

Таким образом, можно сделать вывод, что выбор инструмента для создания моделей зависит от того, чем вы хотите заниматься и для чего вам это нужно. Для новичков идеально подойдет Blender 3D, так как он прост в изучении и имеет широкий функционал, не уступая другим инструментам, для профессионалов, которые хотят заниматься созданием интерьеров и дизайнов, намного лучше использовать 3dsMax.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пекарев Л. Самоучитель 3ds max // Моделирование, 2001. С. 56–64.
2. Меженин А. В. Технология разработки 3d-моделей // 3d-моделирование, визуализация, 2018. Учебное пособие. – СПб: Университет ИТМО, с. 14-25.
3. Серова М. Учебник-самоучитель по графическому редактору Blender 3D // Моделирование и дизайн, 2020. С. 98-107

Е. Э. ВАНЬКОВ, И. К. РАДЫГИН

*g\_fed@mail.ru*

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. Л. И. ВАСИЛЬЕВА

*Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы*

## **АЛГОРИТМЫ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ РАСПОЗНАВАНИЯ**

**Аннотация.** Рассматривается задача аутентификации пользователей по фотографии лица. Приведена общая постановка задачи. Разработаны и описаны алгоритмы решения поставленной задачи на основе методов машинного обучения с использованием сверточных нейронных сетей и задач классификации. Результаты вычислительного эксперимента показали достаточно высокую точность распознавания.

**Ключевые слова:** нейронная сеть, сверточная нейронная сеть, задача классификации, классификатор, распознавание, функция потерь, метрика.

Всеобщая цифровизация практически всех сфер жизнедеятельности человека диктует необходимость развития информационных технологий, связанных с получением, хранением и обработкой огромного количества информации. Аутентификация по лицу пользователя является одним из самых распространенных методов подтверждения личности. Развитие технологий машинного обучения и искусственного интеллекта сделало возможным решение этой проблемы. Однако алгоритмы, основанные на методах машинного обучения, требовательны к условиям распознавания, а их результаты невысоки. На данный момент большинство современных систем распознавания пользователей имеют в основе своего алгоритма нейронные сети. Применение сверточных нейронных сетей позволяет проводить процесс распознавания по фотографии с очень высоким качеством.

### ***Содержательная постановка задачи***

Дано:

1) множество зарегистрированных пользователей

$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ , где  $x_i$  – фотография лица  $i$ -того пользователя;

2) фотография лица нового пользователя  $y$ , который может принадлежать  $X$ .

Требуется:

1) определить, является ли  $y$  настоящим, а не поддельным фото лица пользователя;

2) определить, является ли верным, что  $y \in X$ ; если да, то найти  $i$ , такое, что  $x_i \in X \mapsto y$ .

Решаемую задачу можно разделить на две основные подзадачи:

1) распознавание пользователя по фотографии лица;

2) обнаружение атак.

Обе эти задачи сводятся к задачам классификации.

Математическая постановка задачи классификации [1] в общем случае выглядит следующим образом.

Пусть:

1)  $X$  – множество описаний объектов,

2)  $Y$  – конечное множество номеров (имен, меток) классов.

3) Существует неизвестная целевая зависимость  $y: X \rightarrow Y$ , значения которой известны только на объектах обучающей выборки

$$X' = \{(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_m, y_m)\}.$$

Требуется построить алгоритм  $A: X \rightarrow Y$ , способный классифицировать произвольный объект из  $X$ .

Атака подмены лица – процесс, в котором мошенник может обмануть систему распознавания лиц, маскируясь под зарегистрированным пользователем и, таким образом, получить незаконный доступ.

Задача обнаружения атак сводится к задаче бинарной классификации, математическая постановка задачи которой формулируется стандартно:

Пусть:

$X$  – множество всех фото, среди которых есть как настоящие, так и поддельные;

$Y = \{0; 1\}$  – множество меток классов, где 0 – фото настоящее, 1 – фото поддельное.

Существует неизвестная целевая зависимость – отображение

$y: X \rightarrow Y$ , значения которой известны только на объектах обучающей выборки  $X' = \{(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_m, y_m)\}$ .

Требуется построить алгоритм  $a: X \rightarrow Y$ , способный классифицировать произвольный объект из  $X$ .

### ***Описание применяемых алгоритмов решения задачи***

В основе применяемых методов для решения поставленной задачи распознавания пользователя по фотографии лица лежат сверточные нейронные сети, относящиеся к искусственным нейронным сетям [2]. От классических они отличаются тем, что позволяют учитывать структуру объекта – изображения, а также выполняют свойство «локальности».

Обучение нейронных сетей означает нахождение таких весов нейронов, при котором значение функции потерь минимально. Это значит, что обучение нейронной сети является задачей нелинейной оптимизации и может выполняться с помощью метода градиентного спуска или его модификаций [3]. Метод градиентного спуска позволяет итеративно находить параметры модели: по имеющимся признакам метод делает предсказание, использует результат для подсчета ошибки, далее использует эту ошибку для обновления значений параметров; продолжается до тех пор, пока не будут достигнуты оптимальные значения параметров.

В данной работе описан подход, заключающийся в том, что нейронная сеть обучается отображать поступающее на вход фото лица в некоторое подпространство 128-мерной размерности [4]. В этом случае лица пользователей можно представить как точки в некотором  $N$ -мерном пространстве. Сеть специально обучается таким образом, чтобы точки, принадлежащие одному челове-

ку, находились ближе, а точки разных людей – дальше друг от друга. В качестве меры расстояния используется евклидово расстояние.

Итак, сеть учится сжимать фото в некоторое 128-мерное представление (вектор) таким образом, чтобы евклидово расстояние между векторами различных людей было больше, чем между векторами одного и того же человека. Для этого надо, чтобы скалярное произведение двух нормализованных векторов лиц (расстояние между векторами) одного и того же человека было бы как можно ближе к 1, а разных – ближе к  $(-1)$ . Это достигается с помощью известной функции потерь – Triplet loss [4]:

$$\sum_i^N \left[ \|f(x_i^a) - f(x_i^p)\|_2^2 - \|f(x_i^a) - f(x_i^n)\|_2^2 + \alpha \right]_+$$

где:

- 1)  $a$  – anchor – вектор основного фото человека; с ним сравниваются два других вектора  $n$  и  $p$ ;
- 2)  $n$  – negative – вектор фотографии лица другого человека;
- 3)  $p$  – positive – вектор другой фотографии этого же человека;
- 4)  $\alpha$  – некоторая константа, отвечающая за наименьшее расстояние между позитивной и негативной парами.

Наша цель – сделать так, чтобы расстояние между фотографиями одного и того же человека было как минимум на  $\alpha$  меньше расстояния между фотографией того же человека и какого-то другого. Для этого находим разницу между евклидовыми расстояниями между парами  $a$  и  $p$ ,  $a$  и  $n$ , а затем прибавляем некоторую константу  $\alpha$  – отступ. В случае, если значение выражения получилось положительным, добавляем его в общее значение ошибки.

Вычисляя градиент данной функции, производится шаг в сторону уменьшения значения функции – в сторону, противоположную градиенту. Таким образом мы пытаемся уменьшить значение функции потерь – уменьшить ошибку. Шаг в сторону уменьшения значения функции заключается в изменении пара-

метров нейронной сети так, чтобы векторные представления лиц как можно лучше соответствовали нашим ожиданиям, выраженным в функции потерь.

Отметим, что этом этапе нейронная сеть не отвечает на вопрос о схожести людей на фото, она лишь обучается представлению фото в некотором 128-мерном пространстве.

Для принятия решения о схожести людей предлагается вычислить некоторый порог расстояния. Вычисляя расстояние между двумя точками и сравнивая его с порогом, можно принять решение о том, являются ли два вектора сжатым представлением фотографии одного и того же человека (если расстояние меньше порога) или же принадлежат разным пользователям (в случае, если расстояние больше или равно порогу). Данный метод прост в реализации, но не является надежным в плане принятия решений.

Для улучшения метода можно использовать модель бинарной классификации: тогда можно не только подобрать порог, но и использовать какие-либо дополнительные признаки, что повысит качество распознавания и сделает общую модель более стабильной. В качестве такой модели нами выбран случайный лес [5]. Случайный лес представляет собой ансамбль – группу базовых моделей. Здесь в качестве базовой модели выбирается дерево решений. Каждое дерево решений строится независимо от других, число деревьев выбирается пользователем.

Алгоритм построения случайного леса: пусть случайный лес имеет  $N$  деревьев и имеется обучающая выборка  $X_n$ .

Для каждого  $n = 1, \dots, N$  требуется:

- 1) сделать случайную выборку с возвратом из  $X_n$ ;
- 2) построить решающее дерево  $b_n$  по выборке  $X_n$ .

Получившийся классификатор имеет вид:

$$a(x) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N b_i(x) \quad (2)$$

Суть формулы (2): выбирается класс, который наиболее часто выбирался решающими деревьями.



Алгоритм построения дерева решений: пусть имеется некоторая обучающая выборка  $X_n$ . Тогда:

1) по заданному критерию выбирается лучший признак и по этому признаку происходит разбиение; продолжаем до конца выборки;

2) строится дерево, пока в каждом листе не более  $n_{min}$  объектов или пока не достигнута максимальная глубина дерева;

3) при каждом разбиении выбирается  $m$  случайных признаков из  $k$  исходных; лучший признак для разбиения выбирается только среди выбранных признаков.

Достоинство этой модели: она обладает низкой склонностью к переобучению за счет того, что каждое дерево строится по случайной подвыборке объектов, а для каждого разбиения выбирается случайное подмножество признаков, и можно находить сложные зависимости в данных за счет большого числа решающих деревьев.

Общую схему процесса распознавания пользователя опишем следующим образом: фотография зарегистрированного пользователя и нового пользователя поочередно подаются на вход сети. Нейронная сеть отображает их в векторные представления. Из векторных представлений генерируется признаковое описание пары пользователей. Бинарный классификатор, представленный моделью случайный лес, принимает вход признаковое описание и присваивает метку класса 1 в случае, если пользователь на фото один и тот же, и 0, если на фото разные пользователи (рис.1).



Рис. 1. Процесс распознавания пользователя

### ***Описание проектной части решения задачи***

Проектная часть включает следующие этапы работы:

- 1) предобработка изображения;
- 2) обучение нейронной сети;
- 3) обучение модели бинарной классификации;
- 4) обучение модели обнаружения атак.

Для улучшения качества работы нейронной сети исходное изображение с камеры устройства подлежит предобработке. Предобработка состоит из следующих этапов: выделение области с лицом пользователя; сжатие области до размера 96 на 96 пикселей. Выделение области лица происходит для упрощения работы нейронной сети: на вход подается только лицо пользователя, без фона и одежды. Сжатие происходит для уменьшения входа сети, а соответственно и уменьшения числа весов, которые необходимо обучать; значит, сеть становится меньше и скорость ее вывода и обучения возрастает. Отметим, что после сжатия часть информации на фото теряется, однако для распознавания оставшейся информации достаточно. Размер сжатого фото выбран согласно работе [5].

Для обучения нейронной сети использован набор данных Large-scale CelebFaces Attributes Dataset [6], содержащий более 200 000 фото и более 10 000 уникальных людей. Однако минус этого набора – представленные здесь фотографии не очень похожи на фотографии, получаемые, например, с веб-камеры ноутбука. Как правило, фото знаменитостей сделаны на хорошую камеру, с хорошим освещением, а пользователь ноутбука, как правило не находится в таких условиях. Поэтому фотографии из набора данных были подвергнуты таким изменениям, как наложение шумов и артефактов (имитация плохой камеры), отражение (увеличение разнообразия данных), поворот (увеличение разнообразия данных), наложение градиента в разных направлениях (имитация плохого освещения). Затем перед подачей в сеть все фото из набора данных прошли предобработку.

Обучение нейронной сети происходило на видеокарте Nvidia GTX1050Ti и длилось в общей сложности около 21 часа. Вход нейронной сети: двумерный вектор 96 на 96; выход – вектор 128 на 1. Число слоев – 64.

После обучения нейронной сети полученные векторные представления были сохранены. Принятие решения о соответствии фотографии человеку проводилось согласно следующему алгоритму: решение принимается не по одному, а по 4 фото зарегистрированного пользователя и 4 новым фото; между фотографиями рассчитывается евклидово расстояние (общее число расстояний – 16). Для 16 расстояний рассчитываются базовые статистики: среднее, минимум, максимум, стандартное отклонение. Эти статистики и являются признаками, описывающими пару пользователей. В качестве бинарного классификатора выбран случайный лес. Оценивая его качество на кросс-валидации, были выбраны следующие параметры: число деревьев = 8; глубина дерева = 4. Отметим, что малое число деревьев обусловлено тем, что в данных нет сложных зависимостей, признаки достаточно информативны.

Модель обнаружения атак обучена на наборе данных NUAА Photograph Imposer [7]. Набор данных содержит 5150 настоящих и 7509 поддельных фото пользователя. Фото были приведены к размеру 160 на 120.

На вход сети подается не область с лицом пользователя, а вся фотография целиком для того, чтобы сеть могла получить информацию об окружении, а не только учитывала область с лицом.

Таким образом, процесс распознавания пользователя имеет следующую структуру:

- 1) полученные 4 новых фотографии, сделанные с интервалом 0.1 секунду, подвергаются предобработке;
- 2) подготовленные фото поступают на вход нейронной сети; на выходе имеем 4 новых вектора;

3) фотографии зарегистрированного пользователя поступают на вход нейронной сети, на выходе получают 4 вектора зарегистрированного пользователя;

4) между векторами рассчитываются расстояния, получается 16 расстояний;

5) из 16 расстояний рассчитываются статистики: среднее, минимум, максимум и стандартное отклонение;

6) статистики подаются на вход бинарному классификатору; бинарный классификатор присваивает метку класса 1 или 0, которая и является результатом распознавания.

### ***Оценка качества распознавания***

Для оценки качества распознавания и обнаружения ошибок были выбраны метрики бинарной классификации ROC-AUC (метрика, не зависящая от выбора порогового значения), F-мера и Ассигасу (метрика, сильно зависящая от выбора порогового значения) [8].

В таблице 1 приведены результаты нейронной сети без бинарного классификатора. Принятие решения происходит по пороговому значению расстояния. Пороговое значение = 1.16.

Таблица 1

Значение метрик качества нейронной сети

Метрика	Значение
Ассигасу	0,91
F1	0,892
ROC-AUC	0,913

Как видно по таблице 1, качество работы нейросети можно считать высоким. Метрики Ассигасу и F1 близки по значению, так как тестовая выборка сбалансирована.

Результаты работы после использования модели бинарной классификации приведены в таблице 2. Очевидно, что бинарный классификатор позволил значительно улучшить качество модели распознавания.

Таблица 2

Значение метрик качества бинарного классификатора

Метрика	Значение	Изменение
Accuracy	0.951	+ 0.041
F1	0.931	+ 0.039
ROC-AUC	0.954	+ 0.041

Качество модели обнаружения атак было протестировано с применением метрик ROC-AUC и F-мера (метрика accuracy здесь не применялась, так как выборка не сбалансирована). Результаты приведены в таблице 3.

Таблица 3

Значение метрик качества модели обнаружения атак

Метрика	Значение
F1	0.881
ROC-AUC	0.876

Качество модели обнаружения атак можно считать приемлемым, однако в дальнейшем требуется улучшить данную модель.

Для поставленной задачи аутентификации по лицу пользователя рассмотрены методы, основанные на применении сверточных нейросетей и классификаторов. Результаты вычислительных экспериментов для распознавания по фотографии пользователя, полученные с помощью метода, основанного на использовании глубоких сверточных нейронных сетей и моделей бинарной классификации, достаточно высоки. Однако модель обнаружения атак требует дальнейшей доработки.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вьюгин В. В. Математические основы теории машинного обучения и прогнозирования. М.: 2013. - 387 с.

2. Deshpande A. A., Beginner's Guide To Understanding Convolutional Neural Networks /A. Deshpande// [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://adeshpande3.github.io/>.
3. Данилов В. В. Нейронные сети: учебное пособие. Донецк: ДонНУ, 2020. 158 с. – Текст: электронный // Лань :электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/179953>.
4. Florian Schroff, Dmitry Kalenichenko, James Philbin, FaceNet: A Unified Embedding for Face Recognition and Clustering, 2017.
5. Hastie T., Tibshirani R., Friedman J. Random Forests. Chapter 15. // The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction. – 2nd ed. Springer-Verlag, 2009. 746 p. — ISBN 978-0-387-84857-0.
6. Ziwei Liu, Ping Luo, Xiaogang Wang, Xiaoou Tang. Large-scale CelebFaces Attributes (CelebA) Dataset. //Multimedia Laboratory, The Chinese University of Hong Kong. <http://mmlab.ie.cuhk.edu.hk/projects/CelebA.html>.
7. Shan-Yi Wang, Shih-Hung Yang, Yon-Ping Chen, Jyun-We Huang. Face Liveness Detection Based on Skin Blood Flow Analysis. / Shan-Yi Wang, Shih-Hung Yang, Yon-Ping Chen, Jyun-We Huang// Symmetry 2017, 9(12), 305p. <https://doi.org/10.3390/sym9120305>.
8. Горячкин Б. С. Анализ чувствительности метрик бинарной классификации к дисбалансу данных / Б. С. Горячкин, А. А. Чечнев // E-Scio. – 2021. – № 4(55). – С. 23-34.

УДК 519.6

М. А. ГОРЯЧЕВ

*mihail\_goryachev100@mail.ru*

Науч. руковод. – ст. преп. В. В. БЕРХОЛЬЦ

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ОБРАУЖЕНИЯ АНОМАЛИЙ В СЕТЕВОМ ТРАФИКЕ**

*Аннотация.* В статье рассматривается создание системы для обнаружения аномалий в сетевом трафике и актуальность такой разработки на сегодняшний день.

*Ключевые слова:* аномалии, сетевой трафик, машинное обучение, нейронная сеть, метод случайного леса

Сетевые атаки – одна из главных угроз для современной инфраструктуры. Последствия атак выражаются в потере важных данных, нарушении функционирования программного и аппаратного обеспечения, создании угрозы для жизни людей и больших материальных затратах на возмещение ущерба. Несмотря на то, что существует множество различных систем обнаружения вторжений, они не способны защитить от всех атак, так как основаны на базах данных сигнатур вторжений. Сигнатуры беспомощны против атак нулевого дня и продвинутых способов маскировки вредоносного кода, а обновления баз данных никогда не содержат абсолютно актуальной информации.

Кроме систем, использующий базы сигнатур вторжений, существуют более перспективные методы, основанные на обнаружении аномалий. Системы, основанные на таких методах, способны обнаруживать неизвестные ранее атаки без необходимости предварительного создания сигнатур вторжений для каждой новой атаки.

Актуальность разработки систем для обнаружения аномалий в сетевом трафике связана с растущим спросом на подобные системы, а также в изучении вопроса повышении эффективности работы таких систем.

Цель данной работы заключается в повышении точности классификации аномального трафика путем разработки интеллектуальной системы обнаружения аномалий.

Под аномалиями будем понимать отклонение от значений, зафиксированных ранее как нормальные. Нормальные значения сетевого трафика определяются для каждого устройства или группы устройств отдельно, путем статистической обработки данных в течении определенного промежутка времени [1].

Разработанная система имеет две функции. Первая функция заключается в обнаружении аномального трафика. Вторая функция заключается в определении категории атаки для аномального трафика. Такая реализация системы необходима потому, что признаки некоторых аномалий могут не соответствовать ни одной категории атак, из-за чего при попытке классифицировать трафик сразу по категориям атак есть вероятность, что некоторые аномалии окажутся незамеченными.

Для реализации двух функций система состоит из двух моделей:

- модель для обнаружения аномального трафика, с названием «Поиск аномалий»;
- модель для определения категории атаки для аномального трафика, с названием «Классификатор атак».

Модель «Классификатор атак» будет срабатывать только тогда, когда модель «Поиск аномалий» отметит исследуемый трафик как аномальный.

Категория атаки определяется как наибольшая вероятность принадлежности к одному из нескольких выходных классов, обозначающих категории. В случае, если принадлежность ко всем классам является очень низкой, то будет указываться, что аномалия не относится к уже известному типу.

Для обучения и тестирования разрабатываемой системы использовался набор данных NLS-KDD, записи в котором представляют собой последовательность пакетов (TCP, UDP, ICMP), зафиксированную в определенный промежуток времени. Записи включают в себя 43 информационных признака, однако 42



атрибут представляет собой вид угрозы, а 43 – уровень сложности реализации атаки. Таким образом, обычно используется 41 информационный признак [2].

Перед использованием набор данных был предварительно обработан: были удалены повторяющиеся записи; с помощью диаграмм размаха отброшены записи, имеющие выбросы; с помощью тепловой карты корреляции удалено 11 информационных признаков. После этого данные были нормализованы.

На основе нормализованного набора данных NLS-KDD было создано два новых набора данных: один для модели «Поиск аномалий», другой для модели «Классификатор атак».

В наборе для модели «Поиск аномалий» данные распределяются по двум категориям: «normal» и «anomaly». В наборе для модели «Классификатор атак» данные распределяются по трем категориям атак:

- Denial of Service (DoS) – набор атак, в которых злоумышленник ограничивает доступ верифицированным пользователям к конкретному сервису через определенный протокол;

- Remote to Local (r2l) – набор атак, в которых злоумышленник пытается получить доступ извне к локальной машине пользователя;

- Probe – набор атак, в которых злоумышленник пытается получить сведения об инфраструктуре пользователя [2].

Для подбора наиболее эффективного метода машинного обучения для каждой из двух моделей были рассмотрены следующие методы:

- метод k ближайших соседей;

- метод опорных векторов;

- дерево решений;

- случайный лес;

- CatBoost;

- нейронная сеть (многослойный персептрон).

После проведения экспериментов и подбора наилучших параметров для каждого метода, было проведено их сравнение. Сравнение точности классификации данных приведено в таблице 1.

Таблица 1

Сравнение точности классификации данных

Набор данных	Точность классификации данных					
	Метод k ближайших соседей	Метод опорных векторов	Дерево решений	Случайный лес	Градиентный спуск (Cat-Boost)	Нейронная сеть
Наличие аномалий	0.926	0.880	0.948	0.949	0.945	0.978
Категории атак	0.801	0.443	0.792	0.836	0.752	0.450

На основе таблицы 1 можно сделать вывод, что для модели «Поиск аномалий» лучше всего подходит нейронная сеть, имеющая точность классификации данных 97,8%. Для модели «Классификатор атак» лучше всего подходит метод случайного леса с точность классификации данных 83,6%.

Структура нейронной сети для модели «Поиск аномалий» приведена на рисунке 1.

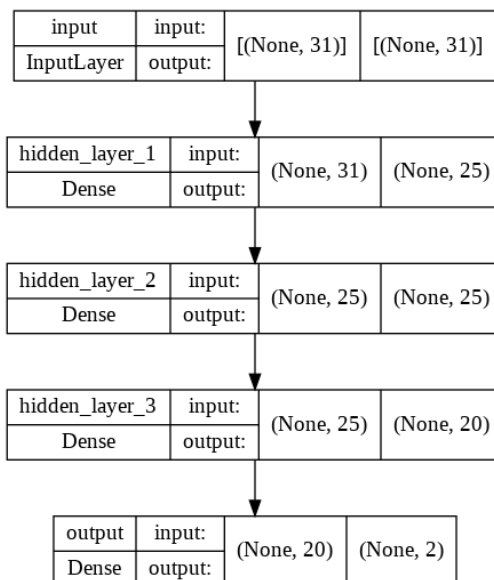


Рис. 1. Структура нейронной сети «Поиск аномалий»

Параметры случайного леса для модели «Классификатор атак» приведены в таблице 2.

Параметры метода случайного леса

Параметры случайного леса			Точность
Количество деревьев	Максимальная глубина дерева	Кол-во функций, учитывающийся при поиске наилучшего разделения	
100	None*	sqrt(n)	0.8357

Необходимо провести сравнение эффективности разработанной системы с похожими решениями для обоснования ее конкурентоспособности. Для этого выберем три сторонние системы, разработанные и обученные в рамках исследовательских работ на наборе данных NLS-KDD.

Проведем сравнение с моделью нейронной сети, рассмотренной в статье В. Н. Зуева «Обнаружение аномалий сетевого трафика методом глубокого обучения». Модель показала среднюю точность классификации сетевых вторжений 91% для моделей, обучаемых стандартным методом, 89% для моделей, обучаемой с помощью модифицированного алгоритма [3]. Также стоит отметить, что разработанная В. Н. Зуевым модель хорошо показывает себя при распознавании атак, представленных малым количеством образов.

Проведем сравнение с классификатором, разработанными Бурлаковым М. Е. в работе «Алгоритм обнаружения вторжений в информационных системах на основе искусственной иммунной системы». В данной работе было рассмотрено несколько классификаторов, однако для сравнения с созданной системой был выбран один классификатор с наилучшими результатами.

Результаты работы классификатора на основе искусственной иммунной системы: 98% не аномальных записей и 96% аномальных при отсутствии оптимизации ресурсов, 97% не аномальных записей и 94% аномальных при оптимизации ресурсов [2].

Точность разработанной системы ниже при классификации трафика в задачи выявления аномалий. Задачи классификации категории атак в модели, описанной в работе Бурлакова, нет.

Проведем сравнение с моделью нейронной сети, рассмотренной в статье Мустафаева А. Г. «Нейросетевая система обнаружения компьютерных атак на основе анализа сетевого трафика». Модель показала точность классификации аномальной активности в 93% [4]. Точность разработанной системы выше при классификации трафика в задачи выявления аномалий. Задачи классификации категории атак в модели, описанной в статье Мустафаева, нет.

Основываясь на приведенных сравнениях, можно сделать вывод, что разработанная система конкурентоспособна и эффективна среди аналогичных ей решений.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Микова С.Ю., Оладько В.С., Нестеренко М.А. Подход к классификации аномалии сетевого трафика / С.Ю. Микова, В.С. Оладько, М.А. Нестеренко // Международный инновационный журнал «Инновационная наука» - 2015. - №7. – С. 78-80
2. Алгоритм обнаружения вторжений в информационных сетях на основе искусственной иммунной системы [Электронный ресурс] URL: <https://www.ugatu.su/assets/files/documents/dissov/07/2017/BurlakovME/Dissert-BurlakovME.pdf>
3. Зуев В.Н. Обучение аномалий сетевого трафика методом глубокого обучения / В.Н. Зуев // Программные продукты и системы / Software & Systems – 2021. - №1. – С. 91-97.
4. Мустафаев А.Г. – Нейросетевая система обнаружения компьютерных атак на основе анализа сетевого трафика [Электронный ресурс] URL: [https://nbpublish.com/library\\_read\\_article.php?id=18834](https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=18834)

А. С. ДОБРОВОЛЬЦЕВ

*sdobrovoltsev@ya.ru*

Науч. руковод. – ст. преп. А. В. ЮЛДАШЕВ

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **АПРОБАЦИЯ КОМБИНИРОВАННОГО ПОДХОДА К РАСЧЕТУ НЕПОЛНОГО LU-РАЗЛОЖЕНИЯ НА ГРАФИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОРАХ**

*Аннотация.* В работе исследуется возможность повышения производительности процедуры решения систем линейных алгебраических уравнений с разреженной матрицей, возникающих при гидродинамическом моделировании нефтегазовых месторождений. Апробирован комбинированный подход к построению неполного LU-разложения и решения соответствующих треугольных систем в задаче моделирования многокомпонентной фильтрации.

*Ключевые слова:* графические процессоры; гидродинамическое моделирование; многоядерные системы; предобусловливатели; разреженные матрицы;

Целью данной работы является повышение производительности процедуры решения СЛАУ с разреженной матрицей, возникающих в ходе численного решения уравнений многокомпонентной фильтрации углеводородов посредством использования графических процессоров (GPU).

Жесткость получаемой системы линейных уравнений приводит к необходимости использования различных предобусловливателей. Одним из предобусловливателей, применяемых при численном решении уравнений фильтрации углеводородов, является неполное LU-разложение без заполнения — ILU(0) [1].

Однако для СЛАУ с сильно разреженными матрицами классический алгоритм построения предобусловливателя ILU(0) и решения соответствующих систем с нижне- и верхнетреугольными матрицами имеет низкий ресурс параллелизма. Поэтому в [2] предложен комбинированный подход, заключающийся в следующем:

1) производится процедура разреживания матрицы в виде блочно-диагонального разбиения, аналогичная методу построения блочно-диагонального предобусловливателя (Block-Jacobi) [1];

2) далее применяется ILU-разложение с использованием разделения матрицы на уровни, которые содержат строки матрицы с возможностью парал-

лельного выполнения (в работе данный подход реализован с помощью библиотеки NVIDIA cuSPARSE для GPU [3, 4]).

Таким образом, процедура в пункте 1 позволяет сократить зависимости между строками, что приводит к увеличению числа строк, которые можно обрабатывать параллельно.

В таблице 1 рассмотрены характеристики тестовых матриц СЛАУ, полученных при гидродинамическом моделировании реальных нефтегазовых месторождений.

Таблица 1

Характеристики матриц СЛАУ

Матрица	Размерность матрицы, млн	Среднее кол-во ненулевых элементов в строке
1	1,4	69
2	4,4	70
3	7,3	76

Далее в таблице 2 приведены результаты тестирования комбинированного подхода с числом блоков 12 в сравнении с базовым ILU(0). Расчеты проведены на одном из современных гибридных узлов вычислительного кластера УГАТУ с GPU NVIDIA Tesla A100.

Таблица 2

Результаты тестирования

Матрица	Время построения и применения предобусловливателя ILU(0), с		Ускорение
	Базовый подход	Комбинированный подход	
1	0,14	0,08	1,71
2	0,71	0,56	1,27
3	0,43	0,41	1,04

Таким образом, комбинированный подход обеспечивает меньшее время построения и применения ILU(0) на всех матрицах относительно базового подхода и в среднем ускоряет расчет неполного LU-разложения в 1,34 раз.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Saad. Y. Iterative methods for sparse linear systems. 2nd ed. Philadelphia, PA, USA: SIAM, 2003. — 528 p.
2. Газизов Р.К., Губайдуллин Р.Р., Репин Н.В., Юлдашев А.В. Исследование эффективности различных предобуславливателей при параллельном решении разреженных систем линейных алгебраических уравнений на графических процессорах // Вестник УГАТУ, 2018. – Т.22. – №2 (80). – С. 105-112.
3. Naumov M. Parallel Solution of Sparse Triangular Linear Systems in the Preconditioned Iterative Methods on the GPU: Technical Report NVR-2011-001 NVIDIA, June, 2011.
4. Naumov. M. Incomplete-LU and Cholesky Preconditioned Iterative Methods Using CUSPARSE and CUBLAS: Technical Report NVR-2012-003 NVIDIA, May, 2012.

УДК: 517.929.7, 517.923

А. Ю. КОЗЛОВА

kozlovaamno@mail.ru

Науч. руковод. – канд. физ.-мат. наук, доц. Т. Г. КАЗАКОВА

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## КОНЕЧНОМЕРНЫЕ РЕДУКЦИИ ИНТЕГРИРУЕМЫХ ДИСКРЕТНЫХ СИСТЕМ И ДИСКРЕТНЫЕ УРАВНЕНИЯ ПЕНЛЕВЕ

**Аннотация.** Найдены новые граничные условия, удовлетворяющие условию совместности пары линейных уравнений, то есть  $L, A$  пары, для интегрируемой дискретной цепочки типа цепочки Тоды. Построена конечномерная редукция, обладающая  $L, A$  парой, которая соответствует третьему дискретному уравнению Пенлеве  $dP_{III}$ .

**Ключевые слова:** дискретные цепочки типа цепочки Тоды; условие совместности; граничное условие; конечномерная редукция; интегрируемость в квадратурах; дискретные уравнения Пенлеве.

### *Введение*

Рассмотрим дискретные цепочки типа цепочки Тоды на пятиточечном шаблоне (Рис.1)

$$q_{m+1,n} = f(q_{m,n}, q_{m-1,n}, q_{m,n+1}, q_{m,n-1}), \quad (1)$$

где под  $q_{m,n} = q(m, n)$  обозначаются дискретные функции (динамические переменные), определенные на пространстве целых чисел. Переменные  $m$  и  $n$  отвечают за дискретное время и дискретное пространство соответственно ( $m, n \in \mathbb{Z}$ ).

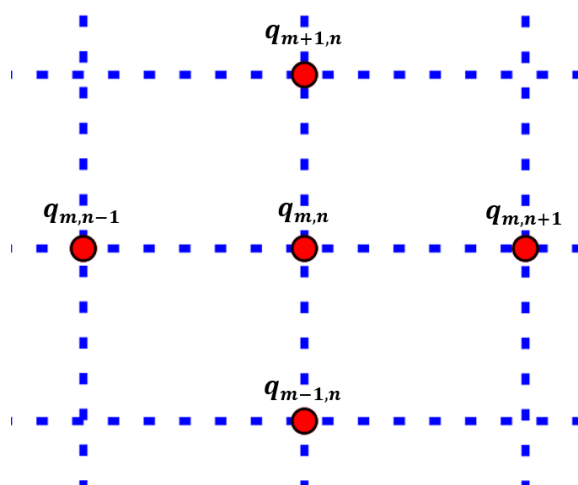


Рис. 1. Квадратная решетка для уравнения цепочки типа цепочки Тоды



На данный момент времени, одним из наиболее результативных методов получения частных решений интегрируемых систем уравнений является построение их конечномерных редукций. За признак интегрируемости принято считать, что система имеет дифференциально-разностные симметрии, а также интегралы движения, которые необходимы для построения точечных решений.

Также в качестве дополнительного признака интегрируемости системы уравнений предполагается существование условия совместности пары линейных уравнений, которых для дискретных уравнений принято называть  $L, A$  парой.

Одним из методов получения частных решений интегрируемых систем является построение конечномерных редукций. Для цепочек, представленных в трудах В.Э. Адлера [1], были построены конечномерные редукции [2],[3].

Метод построения граничных условий, совместимых с  $L, A$  парой, который был предложен в работе [3], дал возможность найти примеры конечномерных редукций цепочек типа цепочки Тоды

$$q_{m+1,n} - 2q_{m-1,n} + q_{m-1,n} = \frac{\ln(e^{q_{m,n+1}-q_{m,n+1}})}{\ln(e^{q_{m,n}-q_{m,n-1}+1})}, \quad (2)$$

которые в свою очередь эквивалентны дискретным уравнениям Пенлеве  $dP_{III}$ ,  $dP_V$  и  $dP_{VI}$  [4]. Также найдены пары Лакса данных дискретных уравнений.

В настоящей работе будет исследоваться уравнение, динамическая система которого связана с преобразованием Бэклунда [3] дискретного уравнения Тоды

$$e^{q_{m+1,n}-q_{m,n}} - e^{q_{m,n}-q_{m-1,n}} = e^{q_{m,n+1}-q_{m,n}} - e^{q_{m,n}-q_{m,n-1}}, \quad (3)$$

из списка интегрируемых дискретных цепочек типа цепочки Тоды [1].

### ***Граничные условия, совместимые с $L, A$ парой***

Уравнение (1) эквивалентно условию совместности

$$L_{m+1,n}(\lambda)A_{m,n}(\lambda) = A_{m,n+1}(\lambda)L_{m,n}(\lambda), \quad (4)$$

системы двух линейных уравнений

$$Y_{m,n+1}(\lambda) = A_{m,n}(\lambda)Y_{m,n}(\lambda), \quad (5)$$

$$Y_{m+1,n}(\lambda) = L_{m,n}(\lambda)Y_{m,n}(\lambda). \quad (6)$$

Определение 1. Граничное условие вида

$$q_{m,N} = F(m, q_{m,N+1}, q_{m-1,N+1}, \dots, q_{m,N+M}, q_{m-1,N+M}) \quad (7)$$

называется совместимым с L, A парой (1.1) [3], если уравнение (6) в пространственной точке  $n=N$

$$Y_{m+1,N}(\lambda) = A_{m,N}(\lambda)Y_{m,N}(\lambda), \quad (8)$$

обладает дополнительной точечной симметрией вида

$$\tilde{Y}_{m,N}(\tilde{\lambda}) = H(m, [q], \lambda)Y_{m,N}(\lambda), \quad \tilde{\lambda} = \sigma(\lambda). \quad (9)$$

Матрица  $H(m, [q], \lambda) = H(m, q_{m,N+1}, q_{m-1,N+1}, \dots, q_{m,N+M}, q_{m-1,N+M}, \lambda)$

зависит от конечного числа сдвигов переменной  $q_{m,n}$ .

Рассматриваемая дискретная цепочка (3) имеет следующую L, A пару

$$L = \begin{pmatrix} \lambda + e^{q_{m,n}-q_{m-1,n}} & -e^{q_{m,n}} \\ e^{-q_{m-1,n}} & -1 \end{pmatrix}, \quad (10)$$

$$A = \begin{pmatrix} \lambda + e^{q_{m,n}-q_{m,n-1}} & -e^{q_{m,n}} \\ e^{-q_{m,n-1}} & -1 \end{pmatrix}. \quad (11)$$

Пусть матрицы  $H = H(m, q_{m-1,1}, q_{m,1}, \lambda)$  зависит от динамических переменных  $q_{m-1,1}, q_{m,1}$ , тогда граничное условие, совместимое с L, A парой, имеет вид

$$F = e^{-q_{m,0}} = -\frac{\mu^2}{4} + \frac{\mu^2}{4e^{q_{m-1,1}}}, \quad (12)$$

где  $\mu = const$ ,  $\tilde{\lambda} = \frac{\mu^2}{\lambda}$ , матрица  $H(m, q_{m-1,1}, q_{m,1}, \lambda)$  имеет вид

$$H(m, q_{m-1,1}, q_{m,1}, \lambda) = \begin{pmatrix} \frac{g(u_{m-1,1})}{u_{m-1,1}} - \frac{g(u_{m,1})\lambda}{u_{m-1,1}\mu^2} & \frac{g(u_{m,1})\lambda}{\mu^2} \\ h_{21} & -\frac{u_{m-1,1}-1}{4u_{m-1,1}} \end{pmatrix}, \quad (13)$$

где  $h_{21} = \frac{1}{4\mu^2 u_{m-1,1}^2 u_{m,1}} (2\mu^2 u_{m,1} u_{m-1,1} + 4\lambda(u_{m,1} - u_{m-1,1})g(u_{m+1,1}) - (4u_{m,1}g(u_{m-1,1}) + u_{m-1,1}(u_{m,1} - 4g(u_{m,1}) + 1))\mu^2), \mu = const$ .

## Дискретные уравнения Пенлеве

П. Пенлеве начал вести исследование над уравнением второго порядка  $y_{zz}'' = F(z, y, y_z')$ , где функция  $F$  рациональна по  $y', y_z'$  и локально-аналитическая по  $z$ . Пенлеве совместно со своими учениками пришли к выводу, что уравнения такого типа сводятся к 50 классам уравнения, из которых 44 или предполагают понижение порядка, или интегрируются в квадратурах. Другие 6 уравнений являются неприводимыми, их называют уравнениями Пенлеве (решения этих уравнений называются трансцендентами Пенлеве).

Уравнения Пенлеве играют немало важную роль во многих областях науки и находят свое применение в различных физических приложениях. Это связано с тем, что редукции нелинейных интегрируемых уравнений соответствуют уравнениям  $P$  – типа. В частности к уравнениям  $P_I$  и  $P_{II}$  приводят редукции уравнения КдФ, к уравнению  $P_{IV}$  – нелинейное уравнение Шрёдингера, к уравнению  $P_{III}$  – уравнение  $\sin$ -Гордон([5]).

В работе [7] конечномерная редукция (0.3) при граничных условиях

$$\begin{aligned}e^{-q_{m,-1}} &= e^{-q_{m-1,0}} - \mu_1 e^{-q_{m,0}}, \\e^{q_{m,1}} &= -e^{q_{m-1,0}} + e^{-q_{m,0}} - \mu_2 e^{q_{m,0}},\end{aligned}$$

соответствует первому дискретному уравнению Пенлеве  $dP_I$

$$p_{m+1} + p_{m-1} = -p_m + \frac{z}{p_m} + \alpha,$$

где  $z = \alpha n + \beta$ . Но при таких граничных условиях не была получена  $L, A$  пара. Поэтому увеличив число динамических переменных, от которых будет зависеть матрица  $H = H(m, q_{m-1,1}, q_{m,1}, \lambda)$ , мы получим одну из версий  $dP_{III}$ .

Зададим граничные условия, совместимые с  $L, A$  парой, к дискретной цепочки типа цепочки Тоды (3)

$$e^{-q_{m,0}} = -\frac{\mu_1^2}{4} + \frac{\mu_1^2}{4e^{q_{m-1,1}}}, \quad (14)$$

$$e^{q_{m,2}} = -\mu_2^2 e^{q_{m,1}}. \quad (15)$$

Тогда получаем конечномерную редукцию. Далее предположим, что параметры  $\tilde{\lambda}_1 \neq \tilde{\lambda}_2$ , то есть

$$\tilde{\lambda}_1 = \frac{\mu_1^2}{\lambda}, \tilde{\lambda}_2 = \frac{\mu_2^2}{\lambda} \text{ и } \tilde{\lambda}_1 \neq \tilde{\lambda}_2 \Rightarrow \mu_1^2 \neq \mu_2^2.$$

Перепишем (14), (15) с новыми обозначениями, что  $e^{q_{m,0}} = p_m$ . Таким образом, решение зависит только по переменной  $m$  (дискретное время).

$$e^{-q_{m,0}} = -\frac{\mu_1^2}{4} + \frac{\mu_1^2}{4e^{q_{m-1,1}}} = -\frac{\mu_1^2}{4} + \frac{\mu_1^2}{4p_{m-1}},$$

$$e^{q_{m,2}} = -\mu_2^2 p_m.$$

Подставим граничные условия в данном виде с исходными заменами в дискретную цепочку типа цепочки Тоды (3). Получим эквивалентность конечномерной редукции третьему уравнению Пенлеве  $dP_{III}$ .

$$p_{m+1}p_{m-1} = \frac{p_m^2 - (\mu_2^2 - \alpha_2)p_m + \alpha_2}{\alpha_1 p_m^2 + p_m + \mu_1^2}, \quad (16)$$

где  $\alpha_1, \alpha_2, \mu_1^2, \mu_2^2$  – произвольные константы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Adler V.E. On the structure of the Bäcklund transformations for the relativistic lattices [Текст] // J. of Nonlinear Math. Phys. – 2000. – V. 7, № 1. – P. 34 – 56.
2. Habibullin I.T. Boundary condition for integrable discrete chains [Текст] / Kazakova T.G. // J. Phys. A: Math. and Gen. – 2001. – V. 34. – P. 10369-10376.
3. Казакова Т.Г. Конечномерные редукции дискретных систем, интегрируемые в квадратурах [Текст] // ТМФ. – 2004. – т. 138. № 3. – с. 422 – 436.
4. Kazakova T.G. Finite-dimensional reductions of the discrete Toda chain [Текст] // J. Phys. A: Math. and Gen. – 2004. – V. 37. – P. 8089–8112.
5. Gromak V.I., Laine I., Simomura S. Painlevé Differential Equations in the Complex Plane // De Gruyter studies in mathematics. Berlin; New York, 2002. – V.28 № 8– p. 303

З. З. МАМАЕВА

*zilia16@mail.ru*

Науч. руковод. – д-р ф.-м. наук, проф. В. Ш. ШАГАПОВ

*Институт механики им. Р. Р. Мавлютова – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук*

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛАСТА ПО СОБСТВЕННЫМ КОЛЕБАНИЯМ СТОЛБА ЖИДКОСТИ В СТВОЛЕ СКВАЖИНЫ ПРИ НАЛИЧИИ ГРП**

**Аннотация.** В работе рассмотрена задача о собственных колебаниях столба жидкости в вертикальной скважине, возбужденных путем гидроудара. Проанализирована динамика распространения колебаний в скважине, в призабойной зоне пласта и в трещине ГРП.

**Ключевые слова:** нефтяная скважина, собственные колебания столба жидкости, трещина ГРП, частота колебаний, коэффициент и декремент затухания, характеристическое уравнение.

Нефтяная промышленность – крупнейшая отрасль, которая имеет достаточно развитую структуру, но не перестает развиваться и по сей день. Начало промышленной переработки нефти относится в середине XIX века, после чего начали появляться мощные нефтеперерабатывающие заводы и нефть стала важнейшей частью экономики всего мира. Стоит отметить, что из года в год процесс добычи нефти усложняется. Причиной этому является ухудшение технического состояния скважин, увеличение доли трудноизвлекаемых запасов углеводородов и снижение продуктивности добывающих скважин. Для устранения данных проблем необходимо проводить контроль за состоянием скважин и параметров призабойной зоны пласта, вследствие чего разрабатываются и применяются различные геофизические методы исследования скважин (ГИС) (электрические, радиоактивные, акустические, магнитные, термические и др.) для их технической оценки [1, 2]. Акустическая спектроскопия скважин – один из методов ГИС, который предполагает возбуждение собственных колебаний столба жидкости в скважине [3, 4], и в дальнейшем по полученным волновым характеристикам позволяет определить протяженность столба жидкости,

диаметр скважины, коллекторские характеристики пласта, примыкающей к скважине, параметры трещины ГРП.

В данной работе представлен метод исследования скважин, который предполагает возбуждение собственных колебаний столба жидкости в стволе скважины посредством гидроудара. Построена математическая модель процесса собственных колебаний столба жидкости в вертикальной скважине, сообщаемой с пластом через проницаемые стенки открытого участка, в котором произведен гидроразрыв пласта. При описании модели использованы уравнения сохранения масс и импульсов в области скважины, уравнения сохранения масс в области открытого участка скважины, уравнения фильтрации в пласте и в трещине ГРП.

Было получено решение для давления и скорости жидкости в скважине в виде стоячих волн [4]

$$P_l = c \cos(Kl) e^{i\omega t}, w_l = \frac{cK \sin(Kl)}{i\omega \rho_0 (1 + 2/b)} e^{i\omega t}.$$

Для давления в трещине ГРП и в пласте получены следующие выражения [4]

$$P_f = A_p(a) e^{-iK_f x} e^{i\omega t}, P_p = A_p(a) \frac{K_0(rq_p)}{K_0(aq_p)} e^{i\omega t}.$$

Используя решение уравнения в виде стоячих волн с учетом граничных и начальных условий получено характеристическое уравнение [4] для определения частоты, периода и коэффициента затухания колебаний в виде

$$\operatorname{tg}(Kl) = \left( \frac{a}{a_c} \right)^2 l_p K \left( \frac{2 m_p K'_0(aq_p)}{a q_p K_0(aq_p)} - \frac{2m_f d_f i K_f}{\pi(aq_f)^2} - 1 \right)$$

где  $K^2 = (1 + 2/b)\omega^2/C^2$  - комплексное волновое число,  $\omega = \Omega + i\delta$  - комплексная частота собственных колебаний, действительная часть  $\Omega$  описывает частоту колебаний, а мнимая часть  $\delta$  интенсивность затухания.

Исходя из полученного решения, проведен анализ влияния основных параметров скважины на изменение частоты колебания, декремента затухания и коэффициента затухания, исследовано поведение давления в разных точках скважины, рассмотрен характер распространения колебаний давления в пласте и в трещине ГРП, получены следующие численные результаты.

На рис. 1 (а), (б) и (в) представлена зависимость собственной частоты  $\Omega$ , коэффициента затухания  $\delta$ , а также декремента затухания от проницаемости пласта  $k_p$  в случае наличия (сплошные линии) и отсутствия (штриховая линия) трещины ГРП. Видно, что при низкой проницаемости пласта ( $k_p \leq 10^{-13} \text{ м}^2$ ) наличие ГРП трещины приводит примерно к двукратному снижению частоты собственных колебаний по сравнению со случаем отсутствия трещины. С ростом проницаемости пласта ( $k_p \geq 10^{-12} \text{ м}^2$ ) ГРП практически не влияет на величину собственных колебаний. Заметим, что при отсутствии ГРП трещины наблюдается немонотонная зависимость коэффициента и декремента затухания от проницаемости пласта  $k_p$ .

На рис. 2. (а), (б) и (в) показаны осциллограммы давления для датчиков, которые находятся в точках скважины  $z = 0 \text{ м}$  (а),  $z = 1300 \text{ м}$  (б) и  $z = 2600 \text{ м}$  (в) при проницаемости пласта  $k_p = 10^{-15} \text{ м}^2$ . Сплошная линия соответствует наличию трещины ГРП со значением коэффициента проводимости  $C_f = 5 \cdot 10^{-12} \text{ м}^3$ , а штриховая - отсутствию трещины ГРП. Видно, что при наличии трещины ГРП при  $C_f = 5 \cdot 10^{-12} \text{ м}^3$  происходит более интенсивное затухание колебаний во всех трех точках скважины, чем в случае отсутствия трещины ГРП.

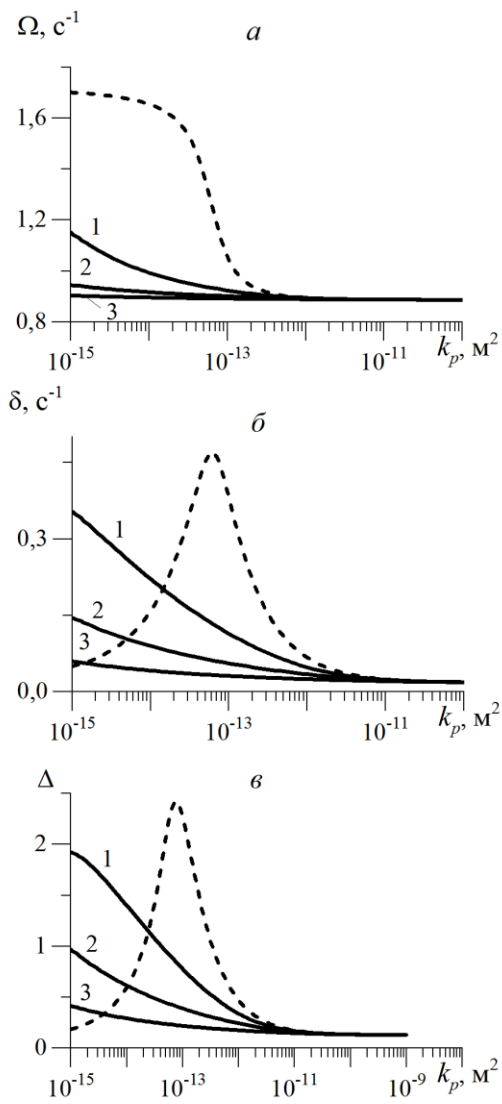


Рис.1. Зависимость собственной частоты (а), коэффициента затухания (б), декремента затухания (в) от коэффициента проницаемости пласта при различных значениях проводимости трещины: (1)- $C_f = 5 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3$ , (2)- $C_f = 5 \cdot 10^{-12} \text{ м}^3$ , (3)- $C_f = 5 \cdot 10^{-13} \text{ м}^3$  а штриховая – случаю отсутствия трещины ГРП



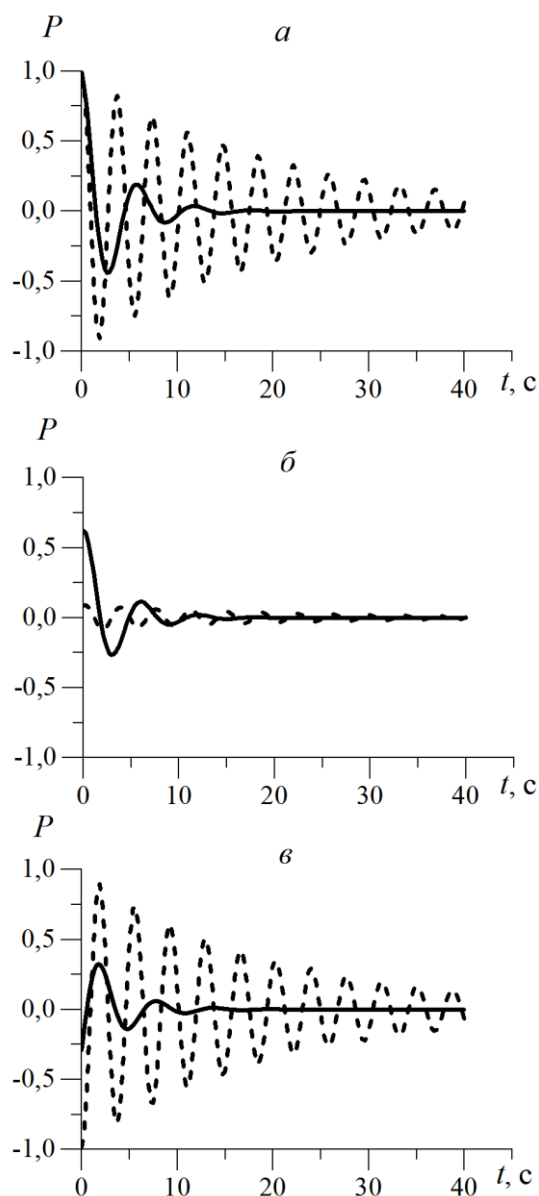


Рис. 2. Динамика давления в датчиках, расположенных в точках скважины 0 м (а), 1300 м (б) и 2600 м (в). Сплошная линия соответствует значению проводимости трещины  $C_f = 5 \cdot 10^{-12} \text{ м}^3$ , а штриховая – случаю отсутствия трещины ГРП

Далее, процесс распространения собственных колебаний жидкости изучался в пласте и в ГРП трещине.

На рис. 3. приведены осциллограммы давления в точках трещины ГРП  $x = 1, 15$  и  $30$  метров. Заметим, что с увеличением значения проводимости трещины растет частота и уменьшается амплитуда колебаний, в случае проводимости трещины  $C_f = 5 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3$  разница между значениями амплитуды и периодом колебаний в разных точках трещины минимальна.

На рис. 4. приведены осциллограммы давления в точках пласта  $r = 0.1, 0.5$  и  $1$  м при различных значениях коэффициента проводимости трещины  $C_f = 5 \cdot 10^{-13} \text{ м}^3$  (рис. 4 а),  $5 \cdot 10^{-12} \text{ м}^3$  (рис. 4 б),  $5 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3$  (рис. 4 в). Заметим, что более быстрое затухание колебаний происходит при  $C_f = 5 \cdot 10^{-13} \text{ м}^3$ . Видно, что с ростом значения проводимости ГРП трещины увеличивается частота и время затухания собственных колебаний.

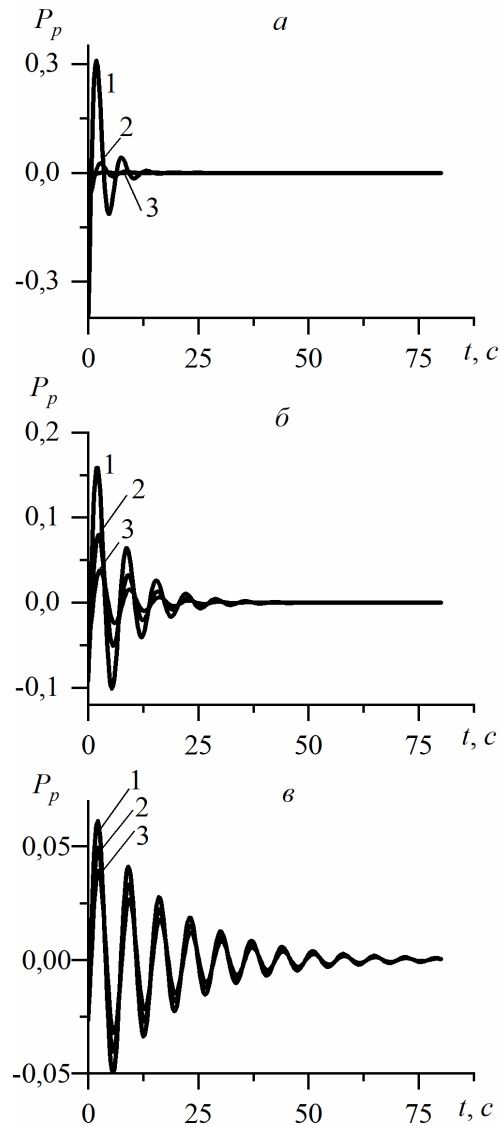


Рис. 3. Зависимость давления от времени в различных точках трещины ГРП  
 1 –  $x=1$  м, 2 –  $x=15$  м, 3 –  $x=30$  м при различных значениях коэффициента  
 проводимости трещины: а –  $C_f = 5 \cdot 10^{-13} \text{ м}^3$ , б –  $C_f = 5 \cdot 10^{-12} \text{ м}^3$ , в –  $C_f = 5 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3$

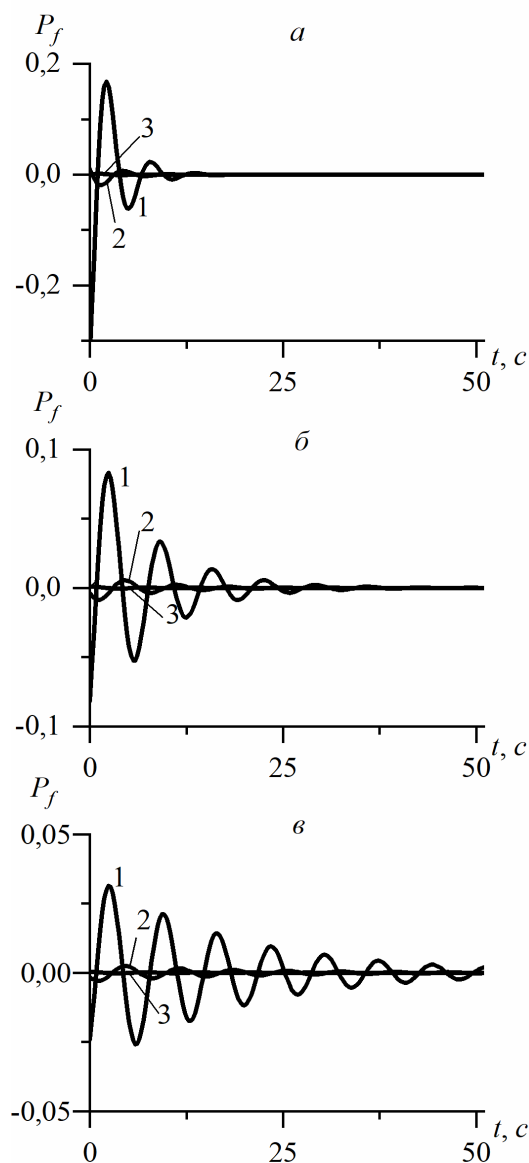


Рис. 4. Зависимость давления от времени в различных точках пласта 1 –  $r=0.1$  м, 2 –  $r=0.5$  м, 3 –  $r=1$  м при различных значениях коэффициента проводимости трещины: а –  $C_f = 5 \cdot 10^{-13} \text{ м}^3$ , б –  $C_f = 5 \cdot 10^{-12} \text{ м}^3$ , в –  $C_f = 5 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3$

Таким образом, рассмотрена динамика распространения колебаний давления в скважине, в пласте и в трещине ГРП при различных коллекторских характеристиках трещины и пласта. Показано влияние проводимости трещины ГРП на характер распространения собственных колебаний и выявлено, что при низких значениях проводимости ( $C_f = 5 \cdot 10^{-13} \text{ м}^3$ ) колебания затухают быстрее, чем при более высоком параметре  $C_f = 5 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3$ . Так же с уменьшением проводимости трещины ГРП наблюдается снижение частоты колебаний.

*«Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда  
№ 21-11-00207, <https://rscf.ru/project/21-11-00207/>»*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горбачев Ю.И. Геофизические исследования скважин. Москва: Недра, 1990.
2. Косков В. Н. Геофизические исследования скважин: Учеб. Пособие / Перм. гос. техн. ун-т. Пермь. 2004.
3. Горное дело: Терминологический словарь / ред. К. Н. Трубецкой, Д. Р. Каплунова. – 5-е изд., перераб. и доп. Москва: Горная книга. 2016.
4. Шагапов В.Ш., Башмаков Р. А., Рафикова Г. Р., Мамаева З.З. Затухающие собственные колебания жидкости в скважине, сообщающейся с пластом // Прикладная механика и техническая физика. 2020. Т. 61, № 4 (362). С. 5-14.

УДК 517.958

Р. Р. МАРДАМШИН

*radmir.mardamshin.97@mail.ru*

Науч. руковод. – д-р физ.-мат. наук, проф. Г. Т. БУЛГАКОВА

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕИЗОТЕРМИЧЕСКОЙ ФИЛЬТРАЦИИ ФЛЮИДА В РАДИАЛЬНО-КОМПОЗИТНОМ ПЛАСТЕ

**Аннотация.** Рассматривается процесс неізотермической фильтрации флюида в радиально-компози́тном пласте. Приведено описание структуры пласта. Построена математическая модель, описывающая процесс фильтрации флюида в пласте. Разработана и реализована конечно-разностная схема для поиска численного решения задачи. Также проведено моделирование процесса и сделан анализ полученных результатов.

**Ключевые слова:** радиально-компози́тный пласт; фильтрация; численное моделирование; уравнение теплопроводности.

### *Модель пласта*

Рассматривается круговой пласт, вскрываемый вертикальной скважиной. В пласте есть две зоны с разными гидродинамическими характеристиками: внутренняя и внешняя.

Обозначим через  $r_w$  радиус скважины,  $R_i$  – расстояние до границы раздела зон,  $R_c$  – радиус контура питания.

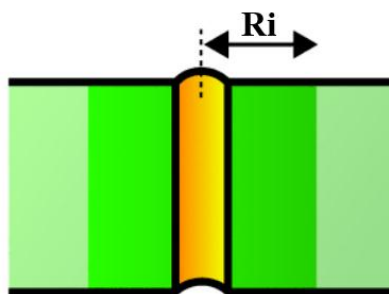


Рис. 1. Схема радиально-компози́тного пласта

Тогда внутренняя зона задается неравенством  $r_w \leq r < R_i$ , а внешняя – неравенством  $R_i < r \leq R_c$ .

Будем задавать неоднородность с помощью следующих двух параметров:

$$M = \frac{k_1/\mu_1}{k_2/\mu_2} \text{ – коэффициент подвижности,}$$

$$D = \frac{\chi_1}{\chi_2} = \frac{k_1/(\phi\mu_1c_{t1})}{k_2/(\phi\mu_2c_{t2})} \text{ – коэффициент диффузии.}$$

Здесь величины с индексом «1» относятся к внутренней зоне, а с индек-

сом «2» - к внешней,  $k$  – проницаемость пласта,  $\mu$  – вязкость флюида,  $\chi$  – коэффициент пьезопроводности,  $\phi$  – пористость пласта,  $c_t$  – сжимаемость пласта.

### **Математическая постановка задачи**

Основное уравнение, описывающее изменение давления в пласте, - уравнение пьезопроводности. Для температуры это уравнение теплопроводности, учитывающее конвекцию, дроссельный разогрев и адиабатический эффект. На границе скважина-пласт учитываем влияние ствола скважины, на контуре питания считаем давление и температуру постоянными. На границе раздела зон записываем условия равенства потоков отдельно по давлению и температуре. Таким образом, получаем следующее:

1) По давлению

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial P}{\partial t} = \frac{\chi_1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r \frac{\partial P}{\partial r} \right), r_w \leq r < r_i \\ \frac{\partial P}{\partial t} = \frac{\chi_1}{Dr} \frac{\partial}{\partial r} \left( r \frac{\partial P}{\partial r} \right), r_i < r \leq r_c \\ \left( r \frac{\partial P}{\partial r} \right) \Big|_{r=r_w} = \frac{\mu}{2\pi kh} \left( Q + C_s \left( \frac{\partial P}{\partial t} \right) \Big|_{r=r_w} \right) \\ M \frac{\partial P}{\partial r} \Big|_{r=r_i-0} = \frac{\partial P}{\partial r} \Big|_{r=r_i+0} \\ P|_{r=r_c} = P_e \\ P|_{t=0} = P_e \end{array} \right.$$

2) По температуре

$$\left\{ \begin{array}{l} (c\rho)_t \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\lambda}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \frac{k}{\mu} (c\rho)_f \frac{\partial P}{\partial r} \left( \frac{\partial T}{\partial r} + \varepsilon \frac{\partial P}{\partial r} \right) + \eta\phi(c\rho)_f \frac{\partial P}{\partial t}, r_w \leq r < r_i \\ (c\rho)_t \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\lambda}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \frac{k}{\mu M} (c\rho)_f \frac{\partial P}{\partial r} \left( \frac{\partial T}{\partial r} + \varepsilon \frac{\partial P}{\partial r} \right) + \eta\phi(c\rho)_f \frac{\partial P}{\partial t}, r_i < r \leq r_c \\ \left( r \frac{\partial T}{\partial r} \right) \Big|_{r=r_w} = 0 \\ \frac{\partial T}{\partial r} \Big|_{r=r_i-0} = \frac{\partial T}{\partial r} \Big|_{r=r_i+0} \\ T|_{r=r_c} = T_e \\ T|_{t=0} = T_e \end{array} \right.$$

Здесь использовались, помимо уже упомянутых, следующие обозначения:  $h$  — мощность пласта,  $C_s$  — коэффициент влияния ствола скважины,  $(c\rho)_f$  — объемная теплоемкость флюида,  $(c\rho)_t$  — объемная теплоемкость пласта,  $\lambda$  — теплопроводность пласта,  $\varepsilon$  — коэффициент Джоуля-Томсона,  $\eta$  — адиабатический коэффициент,  $T_e$  — начальная пластовая температура,  $P_e$  — начальное пластовое давление,  $Q$  — дебит скважины.

### ***Метод решения задачи***

Задача решалась численно. Сначала было сделано логарифмическое преобразование координат по формуле  $x = \ln r$  — это позволило учесть, что основные изменения давления и температуры происходят вблизи скважины. Далее по оси  $x$  строилась равномерная сетка. На этой сетке проведена дискретизация задачи методом конечных разностей. В результате получена неявная разностная схема второго порядка точности по координате и первого по времени для давления и температуры.

### ***Вычислительный эксперимент***

На основании полученного алгоритма была реализована программа, с помощью которой была рассчитана температура при добыче нефти с постоянным дебитом в радиально-композитном пласте с следующими параметрами:  $r_w = 0.1$  м,  $R_c = 400$  м,  $h = 20$  м,  $\phi = 0.2$ ,  $\mu = 10^{-3}$  Па·с,  $k = 1$  мД,  $c_t = 5 \cdot 10^{-10}$  Па $^{-1}$ ,  $(c\rho)_f = 4.2 \frac{\text{МДж}}{\text{К}\cdot\text{м}^3}$ ,  $(c\rho)_t = 2.16 \frac{\text{МДж}}{\text{К}\cdot\text{м}^3}$ ,  $\lambda = 1 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ ,  $\varepsilon = 2.2 \cdot 10^{-7} \frac{\text{К}}{\text{Па}}$ ,  $\eta = 0.38 \cdot 10^{-8} \frac{\text{К}}{\text{Па}}$ ,  $T_e = 70$  С°,  $P_e = 80$  МПа,  $Q = 100 \frac{\text{м}^3}{\text{сут}}$ ,  $C_s = 0 \frac{\text{м}^3}{\text{Па}}$ ,  $R_i = 0.5$  м/1 м/3 м/5 м,  $M = D = 0.1/0.4/0.7/1/1.5/2$ .

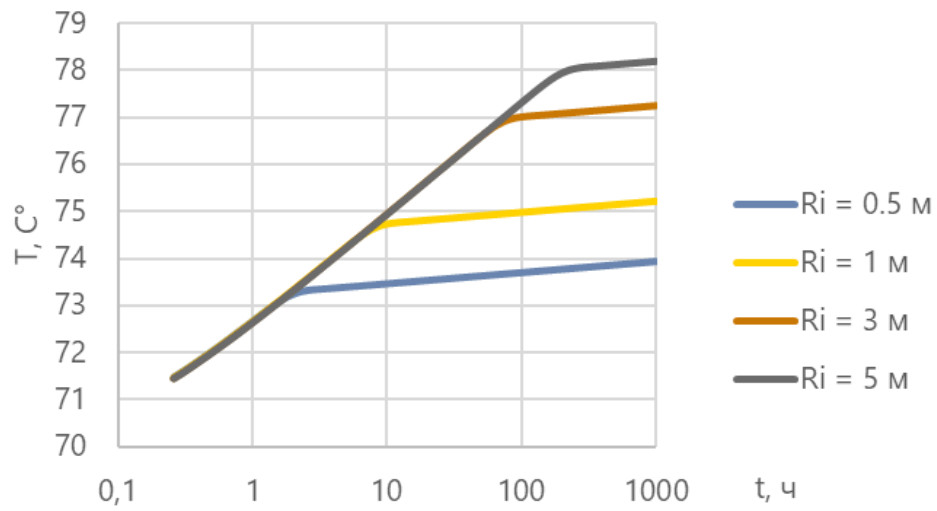


Рис. 2. Динамика на границе пласт-скважина

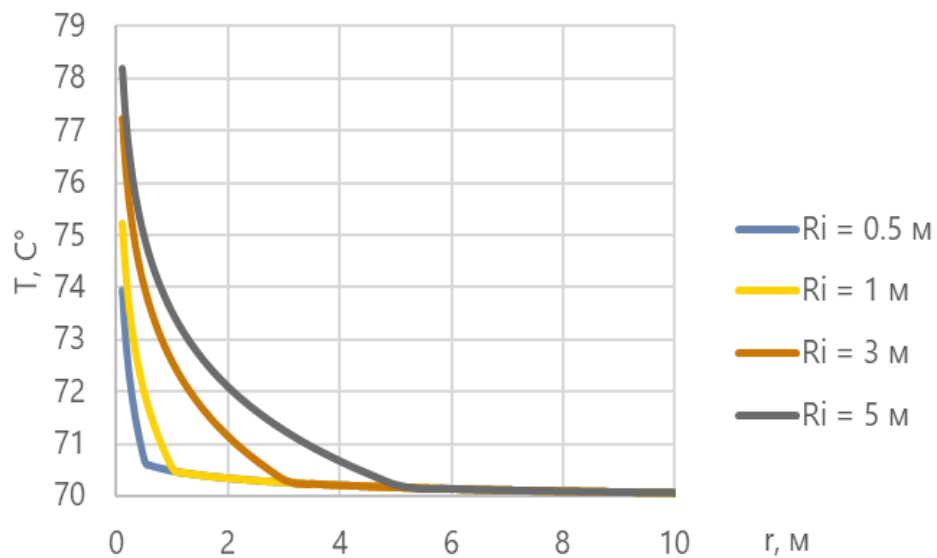


Рис. 3. Распределение по пласту через 1000 ч

На рисунках 2 и 3 показано изменение температуры на забое скважины с течением времени и в зависимости от расстояния. Хорошо видно, что чем больше значение  $R_i$ , тем позже регистрируется неоднородность пласта.



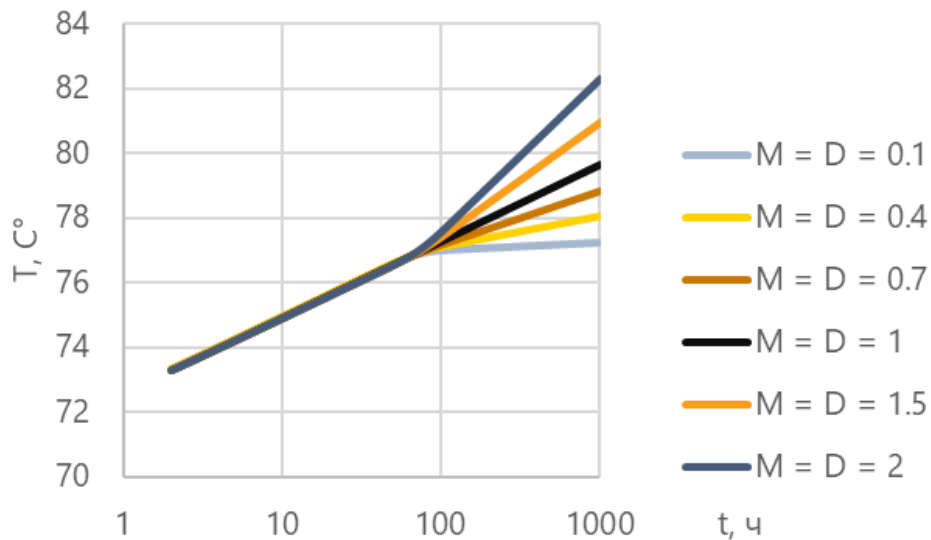


Рис. 4. Динамика на границе пласт-скважина

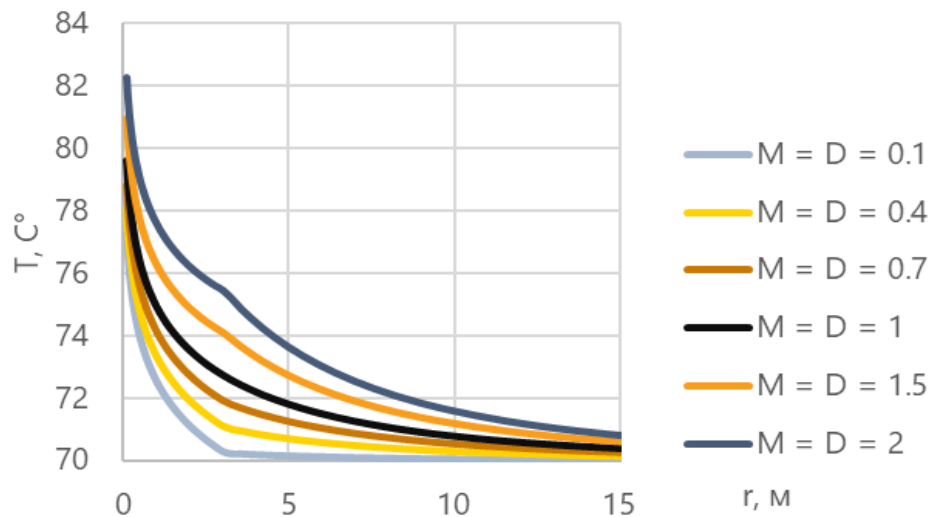


Рис. 5. Распределение по пласту через 1000 ч

На рисунках 4 и 5 приведены похожие графики, только теперь из входных параметров варьируется величины  $M$  и  $D$ . Отчетливо видно, что от их значений зависит изменение наклона кривой.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Деева Т.А., Камартдинов М.Р., Кулагина Т.Е., Мангазеев П.В. 2009. Гидродинамические исследования скважин: анализ и интерпретация данных. Томск: Издательство ТПУ. С. 243.
2. Чекалюк Э.Б. 1965. Термодинамика нефтяного пласта. Москва: Недра. С. 238.
3. Питюк Ю.А., Мусин А.А., Ковалева Л.А., Давлетбаев А.Я., Марьин Д.Ф., Фурсов Г.А. Оценка влияния различных температурных эффектов на изменение температуры в призабойной зоне пласта // Научно-технический вестник ОАО «НК «Роснефть» – 2016. – Вып 42. – С. 28–33.

Э. И. МУСТАЕВ (гр. ЭМД-112М)

*edgar.mustaev@mail.ru*

Науч. руковод. – д-р техн. наук, проф. М. Д. ГАРИПОВ

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ПНЕВМОИМПУЛЬСНОГО ГЕНЕРАТОРА**

**Аннотация.** Проведено численное трехмерное исследование рабочего процесса пневмоимпульсного генератора (ПИГ) разработанного на кафедре ДВС УГАТУ. Моделирование проводилось с помощью пакета прикладных программ (ППП) Star-CCM+. Выявлены основные характеристики и показатели его работы. Получено распределение параметров потока, изменяющихся с течением времени в расчетной области. Численно доказана работоспособность рассматриваемого устройства.

**Ключевые слова:** численное трехмерное моделирование; пневмоимпульсный генератор; рабочий процесс; ударные волны; модель SST k-omega.

Проблемы производительности и качества исполняемых функций агрегатов, устройств и систем часто вызваны отложениями на их поверхностях. Перспективный метод борьбы с загрязнениями – технология пневмоимпульсной очистки. Принцип работы основан на ударно-волновом воздействии на загрязненную поверхность импульсной газовой струей, создаваемой пневмоимпульсным генератором. Такой генератор – газодинамическое устройство, в котором быстродействующий клапан практически мгновенно открывает выхлопное сопла, через которое сжатый воздух истекает из накопительной емкости в пространство, в котором требуется воздействие.

Для более детального понимания происходящих в пневмоимпульсном генераторе явлений проведено трехмерное численное моделирование. Это позволит прогнозировать показатели исследуемого устройства, проверять рациональность принятых в нем конструктивных решений.

Объект исследования – пневмоимпульсный генератор, разработанный на кафедре ДВС УГАТУ. На рисунке 1 представлена схема пневмоимпульсного генератора. В состав пневмоимпульсного устройства входит накопительная емкость 1, в которой располагаются направляющая 3 с размещенным в ней запор-

ным элементом 4 и выхлопное сопло 2. Запорный элемент 4 может совершать возвратно-поступательное движение вдоль направляющей 3. На его торце присутствует цилиндрический выступ 5 обладающий меньшим диаметром по сравнению с диаметром выхлопного сопла 2. Перемещение запорного элемента 4 ограничивается с двух противоположных сторон ограничителем 6 и выхлопным соплом 2. Запорный элемент 4, направляющая 3 и ограничитель 6 создают управляющую полость 8. В ограничителе 6 имеется управляющее отверстие 7. Прижимающийся к выхлопному соплу 2 запорный элемент 4 образует рабочую полость 9, ограниченную накопительной емкостью 1 и направляющей 3. В направляющей 3 имеются отверстия, предназначенные для сообщения управляющей полости с рабочей.

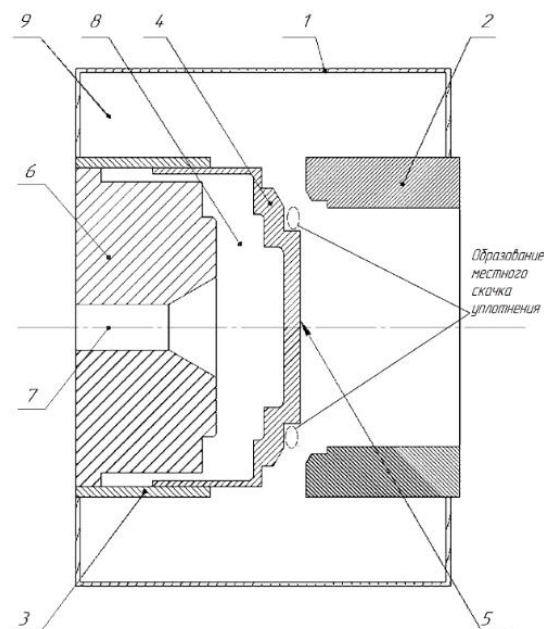


Рис. 1. Схема пневмоимпульсного генератора

### ***Математические модели***

Численное исследование рабочего процесса пневмоимпульсного генератора осуществлялось в пакете прикладных программ (ППП) *Simcenter STAR-CCM+*. Моделирование производилось в трехмерной постановке, путем численного решения нестационарной системы осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье – Стокса (*RANS*) методом конечных объемов с неявной схемой интегрирования. В таблице 1 представлены основные используемые модели.

Основные используемые модели

Модель	Название
Модель турбулентности	<i>SST k-omega</i>
Модель течения	Сопряженная
Уравнение состояния	Идеальных газ
Схема дискретизации	<i>MUSCL 3rd-order/CD</i>
Схема аппроксимации	<i>AUSM+FVS</i>
Модель пристеночных течений	Смешанные функции стенки

Исследуемая расчетной область состоит из рабочей полости, управляющей полости, полости в выхлопной трубе, области выхлопной трубы, областей, имитирующих «атмосферу».

Сеточная модель, состоящая из 1,7 млн. ячеек, приведена на рисунке 2. Для моделирования движения запорного элемента ПИГ применялась подвижная сетка. На рисунке 3 представлена сеточная модель областей, имитирующих «атмосферу». Структурированная и неструктурированная сетки генерируются в областях на выходах из выхлопной трубы и из управляющей полости соответственно. В области выхлопной трубы была построена структурированная сетка. Длина трубы составляет 1,6 м.

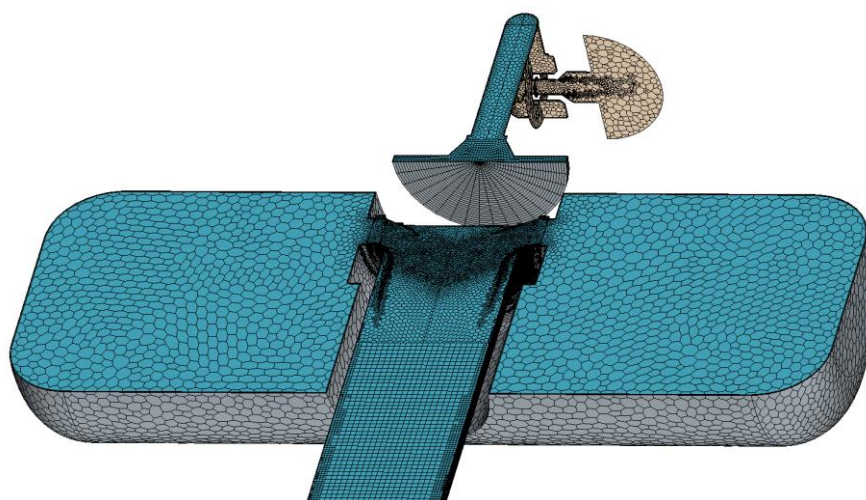


Рис. 2. Сеточная модель расчетной области

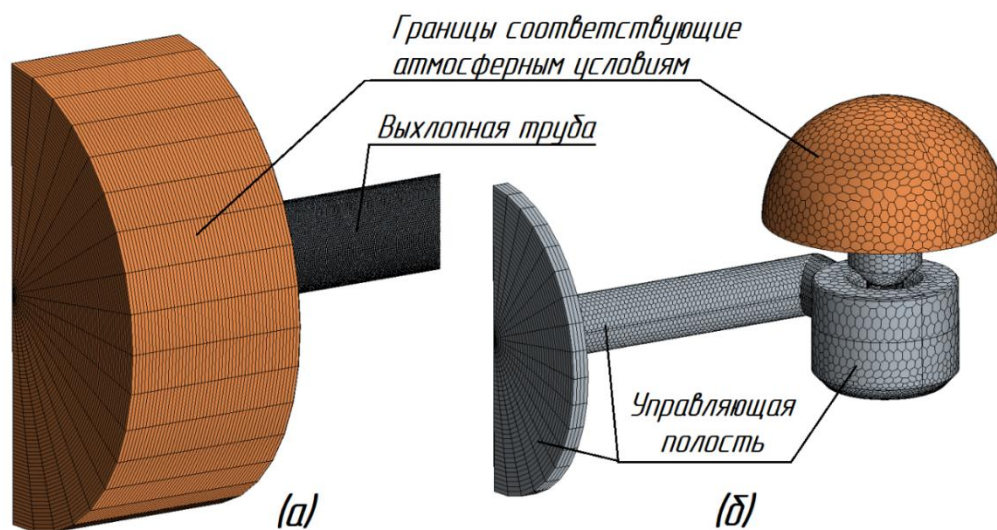


Рис. 3. Сеточная модель областей, имитирующих «атмосферу»:  
*а* – область на выходе из выхлопной трубы;  
*б* – область на выходе из управляющей полости

Во всей исследуемой расчетной области в качестве рабочего тела используется воздух. Начальные условия в рабочей и управляющей полостях совпадают и соответствуют: абсолютное давление – 9 атм., температура – 300 К. Начальные условия в области выхлопной трубы и полости в выхлопной трубе, а также в областях, имитирующих «атмосферу», совпадают и соответствуют: абсолютное давление – 1 атм., температура – 300 К.

Граничные условия на границах областей, имитирующих «атмосферу», соответствуют давлению на выходе (*Pressure Outlet*) с заданными параметрами: абсолютное давление – 1 атм., температура – 300 К. В связи с тем, что рабочий процесс ПИГ быстропротекающий, тепловые потери через стенки незначительны. Поэтому все стенки адиабатические (отсутствует тепловой поток через границу).

Первоначально запорный элемент находился в закрытом положении, отсекая тем самым рабочую полость от полости выхлопной трубы.

На рисунке 4 представлены графики давления в рабочей и управляющей полостях, на рисунке 5 – результирующая сила газов, действующая на запорный элемент. Также рассчитаны скорость и перемещение запорного элемента и другие зависимости от времени.

Результаты численного моделирования показали, что конструкция исследуемого ПИГ позволяет осуществить опорожнение накопительной емкости не более чем за 39 мс после начала открытия запорным элементом проходного сечения. В различных источниках, например в [2], опорожнением накопительной емкости считается снижение в ней абсолютного давления от первоначального в пять раз, что и было принято за критерий оценки времени истечения струи. По результатам трехмерного моделирования время полного открытия запорным элементом проходного сечения составляет около 6,85 мс.



Рис. 4. Давление в рабочей и управляющей полостях

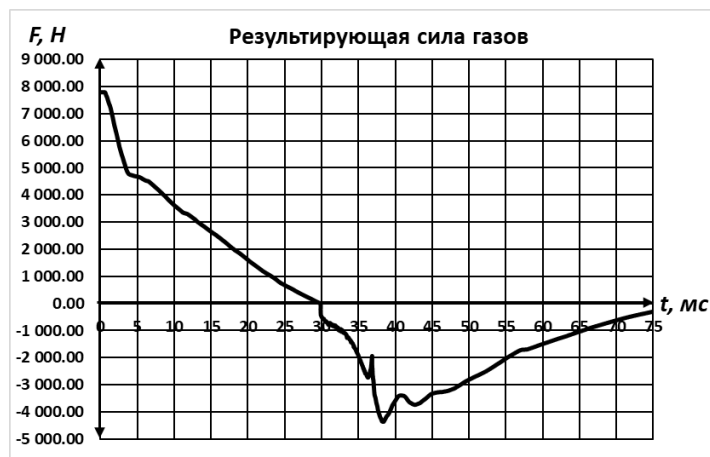


Рис. 5. Результирующая сила газов, действующая на запорный элемент

На рисунках 6 и 7 показаны поля параметров потока во всей расчетной области: соответственно, статическое давление и число Маха. Поля показаны на момент времени, соответствующий 42,5 мс после начала расчета.

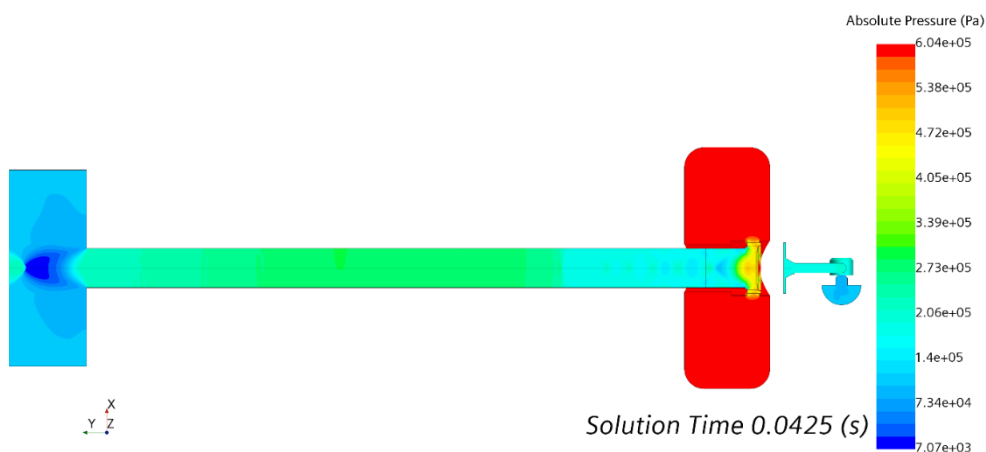


Рис. 6. Статическое давление

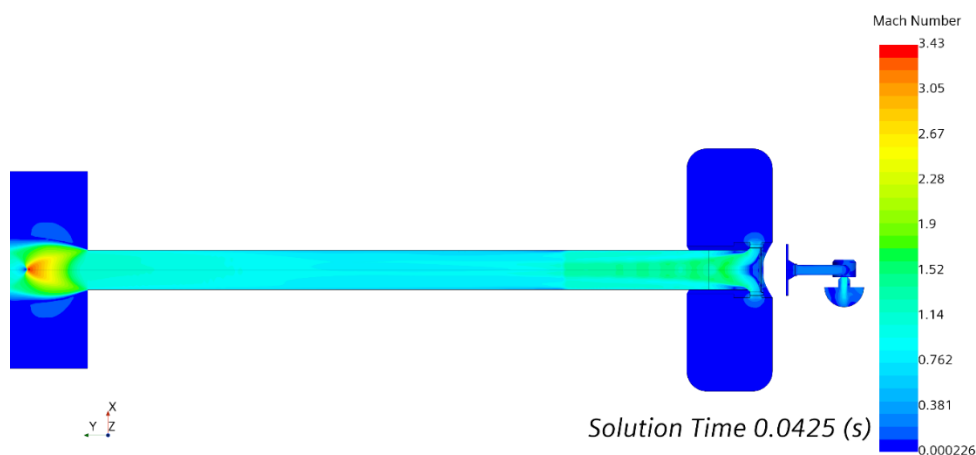


Рис. 7. Число Маха

По результатам моделирования выявлено, что конструкция ПИГ обеспечивает опорожнение накопительной емкости не более чем за 39 мс.

Также установлено, что время полного открытия запорным элементом проходного сечения составляет около 6,85 мс.

Примененное ПО позволяет прогнозировать показатели исследуемого устройства и проверять рациональность конструктивных решений.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Емельянов В.Н. Численные методы: введение в теорию разностных систем: Учебное пособие / В.Н. Емельянов. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2018. – 188 с.
2. Звегинцев В. И. Газодинамические установки кратковременного действия. В двух частях. Часть 2. Установки для промышленных приложений. – Новосибирск: 2015. – 339 с.
3. Рудой Б.П. Прикладная нестационарная гидрогазодинамика: Учебное пособие. – Уфа: УАИ, 1988. – 184 с.
4. Simcenter STAR-CCM+ Documentation, Version 2021.1. Simcenter Digital Industries Software, 2021.
5. Ударные трубы: Сборник статей / Под. ред. Х. А. Рахматуллина и С. С. Семенова. – М.: Изд-во иностр. лит., 1962. – 699 с.

УДК 519.62

Д. Р. САИДБАТАЛОВ

*ruslanovitch.dmitrij@yandex.ru*

Науч. руковод. – д-р физ.-мат. наук, проф. Р. К. ГАЗИЗОВ

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН В НЕОДНОРОДНЫХ ИЗОТРОПНЫХ СРЕДАХ НА МНОГОПРОЦЕССОРНЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ**

**Аннотация.** В работе рассматривается распространение упругих волновых возмущений в сплошной изотропной среде в трехмерной постановке. Цель данной работы – разработать и реализовать параллельный численный алгоритм решения задачи распространения сейсмических волн в неоднородной изотропной среде ограниченного объема. Расчеты параллельных алгоритмов были проведены на кластере УГАТУ. Исследование проводилось с точки зрения эффективности параллельных алгоритмов.

**Ключевые слова:** механика сплошных сред, упругие волны, численное моделирование, сеточно-характеристический метод, сейсмика, параллельные вычисления, MPI, OpenMP

Численное моделирование распространения сейсмических волн представляет существенную часть работ при проведении геологоразведки в нефтяной отрасли. Математическое моделирование проводится в различных геологических средах, в том числе, в слоистых средах и в средах с наличием различных неоднородностей. Задачи такого рода представляются очень ресурсоемкими с точки зрения вычислительных ресурсов. Характерные размеры расчетных областей в таких задачах по каждому измерению около 1000-10000 узлов. Производительность современных настольных компьютеров позволяет решать прямую задачу явными численными методами в двумерном за разумное время – около суток. А производительности кластеров уже достаточно для решения трехмерных задач. В работе рассматривается сеточно-характеристический метод решения для модели распространения волн в упругой среде [1]. Данный метод обладает рядом особенностей, из-за которых его применение в определенных постановках более целесообразно, чем использование классических конечно-разностных методов, которые дают нежелательные эффекты, такие как сильное размазывание волновых фронтов или осцилляции за волной.



В работе [3] было произведено сравнение разрывного метода Галеркина с сеточно-характеристическим методом на регулярной и неструктурированной сетке. Авторами была продемонстрирована более высокая скорость расчета с использованием сеточно-характеристического метода, а точность расчета показала применимость метода к практическим задачам. Также данный метод применялся в работе [2] при исследовании сейсмической активности в геологических вмещающих массивах различной структуры. Авторами было проведено сравнение численных и аналитических сейсмограмм, и была достигнута высокая точность воспроизведения аналитического решения при численном расчете.

Цель настоящей работы – разработать и реализовать параллельный численный алгоритм решения задачи распространения сейсмических волн в неоднородной изотропной среде ограниченного объема.

Математическая модель распространения упругих волн в трехмерном случае в сплошной изотропной неоднородной среде может быть представлена в виде гиперболической системы уравнений в частных производных первого порядка. Система уравнений (1):

$$\frac{\partial u_i}{\partial t} - \frac{1}{\rho} \sum_{j=1}^3 \frac{\partial \sigma_{ij}}{\partial x_j} - f_i = 0, \quad i, j = 1, 2, 3, j \geq i; \quad (1)$$

$$\frac{\partial \sigma_{ij}}{\partial t} - k \sum_{k=1}^3 \frac{\partial u_k}{\partial x_k} \delta_{ij} - \mu \left( \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) - g_{ij} = 0, \quad i, j = 1, 2, 3, j \geq i;$$

содержит закон сохранения количества движения и закон Гука, и рассматривается с заданными начальными условиями (2)

$$\begin{aligned} u_i|_{t=0} &= 0, i = 1, 2, 3; \\ \sigma_{ij}|_{t=0} &= 0, i, j = 1, 2, 3, j \geq i; \end{aligned} \quad (2)$$

и граничными условиями (3) на поверхности  $z=0$ :

$$\sigma_{xz}|_{z=0} = 0, \sigma_{yz}|_{z=0} = 0, \sigma_{zz}|_{z=0} = 0, \quad (3)$$

где  $\rho$  - плотность среды,  $k, \mu$  - параметры Ляме,  $u_x, u_y, u_z$  - компоненты вектора скорости и по осям координат,  $\sigma_{xx}, \sigma_{yy}, \sigma_{zz}, \sigma_{xy}, \sigma_{yz}, \sigma_{zx}$  - компоненты тензора напряжений.

Данную систему можно переписать в матричной форме (4):

$$\frac{\partial W}{\partial t} + \sum_{i=1}^3 A_i \frac{\partial W}{\partial x_i} = F, \quad (4)$$

где  $W = (u_x \ u_y \ u_z \ \sigma_{xx} \ \sigma_{yy} \ \sigma_{zz} \ \sigma_{xy} \ \sigma_{yz} \ \sigma_{zx})^T$  - вектор искомых функций,  $F = (f_x \ f_y \ f_z \ g_{xx} \ g_{yy} \ g_{zz} \ g_{xy} \ g_{yz} \ g_{zx})^T$  - вектор функция, определяющая источник упругих колебаний,  $A_i$  - квадратные матрицы порядка  $n = 9$ , собственные значения которых равны:  $\lambda_{1,2,3} = 0, \lambda_{4,5} = v_s, \lambda_{6,7} = -v_s, \lambda_8 = v_p, \lambda_9 = -v_p$ .

Применяя покоординатное расщепление, можно свести задачу построения разностной схемы для системы уравнений (4), к задаче построения разностной схемы для системы вида (5):

$$\frac{\partial W}{\partial t} + A_1 \frac{\partial W}{\partial x_1} = 0. \quad (5)$$

Для гиперболической системы уравнений (4) матрицу  $A_1$  можно представить в виде  $A_1 = \Omega_1 \Lambda \Omega_1^{-1}$ , где  $\Lambda$  - диагональная матрица, элементы которой - собственные значения матрицы  $A_1$ , а  $\Omega$  - матрица преобразования, состоящая из собственных векторов матрицы  $A_1$ . Введем новые переменные  $S_1 = \Omega_1^{-1} W$  (так называемые инварианты Римана). Тогда система уравнений (4) сведется к системе из девяти независимых скалярных уравнений переноса. Для уравнений вида (4) с матрицами  $A_2, A_3$  аналогично, и, поскольку рассматривается изотропная среда, то собственные значения совпадают для трех матриц  $A_1, A_2, A_3$ .

Каждое из полученных уравнений переноса решается сеточно-характеристическим методом. Для численного решения простейшего уравнения переноса

$$u_t + \lambda u_x = 0, \lambda = const > 0,$$

в данной работе используется однопараметрическое семейство схем второго порядка аппроксимации с одним свободным параметром  $\alpha^0$ :

$$u_m^{n+1} = u_m^n + \frac{\sigma}{2}(\Delta_0 + \Delta_1) + \frac{\sigma^2}{2}(\Delta_0 - \Delta_1) + \alpha^0(\Delta_{-1} - 2\Delta_0 + \Delta_1), \quad (6)$$

где  $\Delta_1 = u_m^n - u_{m+1}^n$ ,  $\Delta_0 = u_{m-1}^n - u_m^n$  и  $\Delta_{-1} = u_{m-2}^n - u_{m-1}^n$ . Параметр  $\alpha^0$  выбирается из следующего условия монотонности, основанного на свойстве точного решения

$$\begin{aligned} & (\min(u_m^n, u_{m-1}^n) \leq u_m^{n+1} \leq \max(u_m^n, u_{m-1}^n), \text{ для } \lambda > 0): \\ & 0 \leq w = \frac{\sigma(1 + \delta_1)}{2} + \frac{\sigma^2(1 - \delta_1)}{2} + \alpha^0(\delta_{-1} - 2 + \delta_1) \leq 1, \end{aligned}$$

где  $\delta_{-1} = \Delta_{-1}/\Delta_0$ ,  $\delta_1 = \Delta_1/\Delta_0$ ,  $\Delta_0 \neq 0$ ,  $\sigma = \frac{\lambda\tau}{h} < 1$  – число Куранта. Случай  $\Delta_0 = 0$  приводит к тривиальному решению  $u_m^{n+1} = u_m^n = u_{m-1}^n$  и далее не рассматривается.

Самым известным на рассматриваемом здесь сеточном шаблоне схемам 2-го и 3-го порядка аппроксимации соответствуют следующие значения параметра  $\alpha^0$ :

- $\alpha^0 = 0$  – схема Лакса-Вендорффа;
- $\alpha^0 = \frac{\sigma(\sigma-1)}{2}$  – схема Бима-Уорминга;
- $\alpha^0 = \frac{\sigma(\sigma^2-1)}{6}$  – схема третьего порядка аппроксимации – схема Русанова.

В случае невыполнения условия монотонности порядок аппроксимации падает до второго.

В случае  $\lambda < 0$  -  $\sigma = \frac{|\lambda|\tau}{h} < 1$ ,  $\Delta_1 = u_m^n - u_{m-1}^n$ ,  $\Delta_0 = u_{m+1}^n - u_m^n$  и  $\Delta_{-1} = u_{m+2}^n - u_{m+1}^n$ .

После того, как значения инвариантов Римана на следующем временном слое найдены, восстанавливается решение  $W^{n+1} = \Omega S^{n+1}$ .

В данной работе используются контактный корректор полного слипания, корректирующий значения численного решения на границе двух геологических

сред, а также для замыкания разностных схем на границе было взято граничное условие с использованием мнимых точек, рассмотренные в [4].

Для задания неотражающих граничных условий в данной работе используется PML (Perfectly Matched Layers). Уравнения, моделирующие распространение волн внутри PML и обеспечивающие затухание волновых возмущений принимают следующий вид:

$$\frac{\partial S_i}{\partial t} + d(x_i)S_i + \Lambda \frac{\partial S_i}{\partial x_i} = 0, i = 1, 2, 3. \quad (7)$$

Здесь  $d(s) > 0$  – демпфирующая функция.

В качестве источника сейсмических волн будет использоваться точечный импульс Рикера:

$$g_{xx} = g_{yy} = g_{zz} = F(t) = A2\pi v_0 \sqrt{e}(t - t_0)e^{-2(\pi v_0(t-t_0))^2},$$

где  $v_0$  – частота импульса, равная 30 Гц,  $f_z$  – вертикальная сила.

Параметры рассматриваемой среды приведены в таблице 1.

Таблица 1

Параметры среды для двух моделей

	Модель 1			Модель 2		
	$v_p$	$v_s$	$\rho$	$v_p$	$v_s$	$\rho$
Первый слой	3,2	1,82	2,7	6,4	3,64	5,4
Второй слой	5,9	3,42	2,85	11,8	6,84	5,7
Третий слой	6,95	4,03	2,81	13,9	8,06	5,62

На рисунке 1 приведены волновые картины в среде в заданный момент времени. В качестве параметра для визуализации была выбрана компонента скорости  $u_z$ .

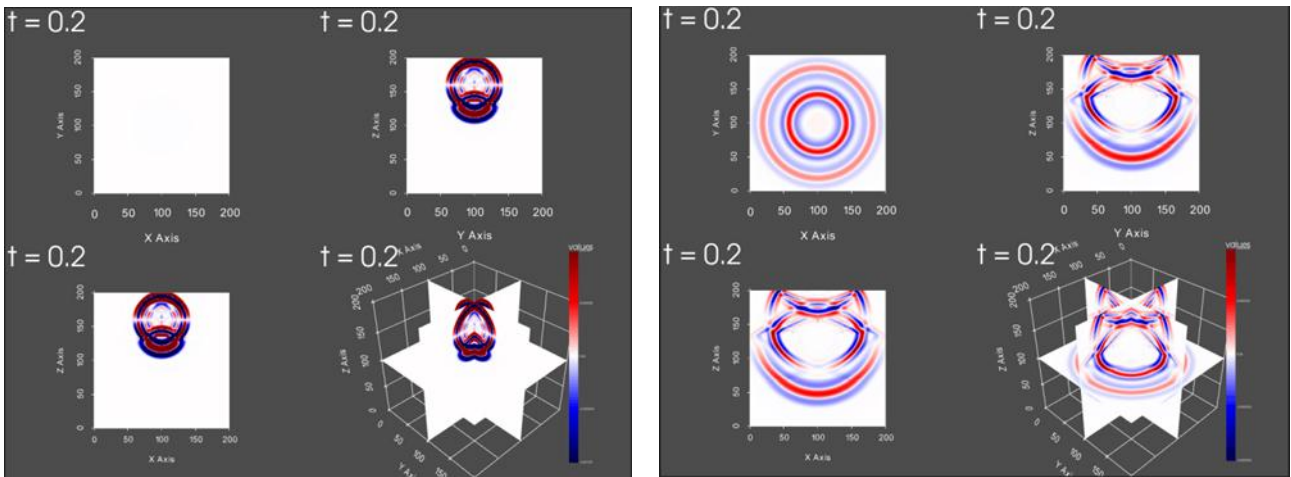


Рис. 1. Волновая картина в момент времени  $t=0.2$  – компонента скорости  $u_z$  (слева модель 1, справа модель 2)

В работе были реализованы три различные параллельные версии последовательного алгоритма: распараллеливание с использованием технологии OpenMP, MPI, и распараллеливание с совместным использованием OpenMP и MPI.

Для сравнения было замерено время выполнения программы для модели 2 на трех сетках с количеством узлов равным  $N^3$  без учета PML. Расчет проводился до модельного времени  $T=0,075$ . Полученные результаты приведены на рисунках 2 - 4.

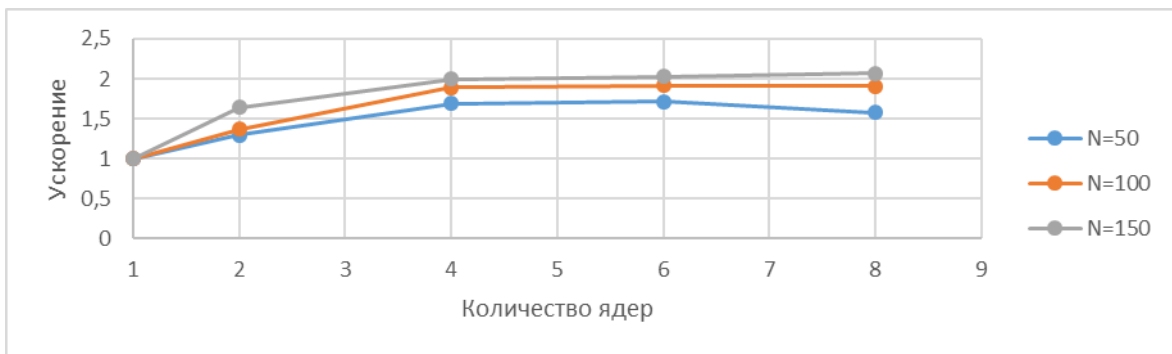


Рис. 2. Ускорение OpenMP-версии

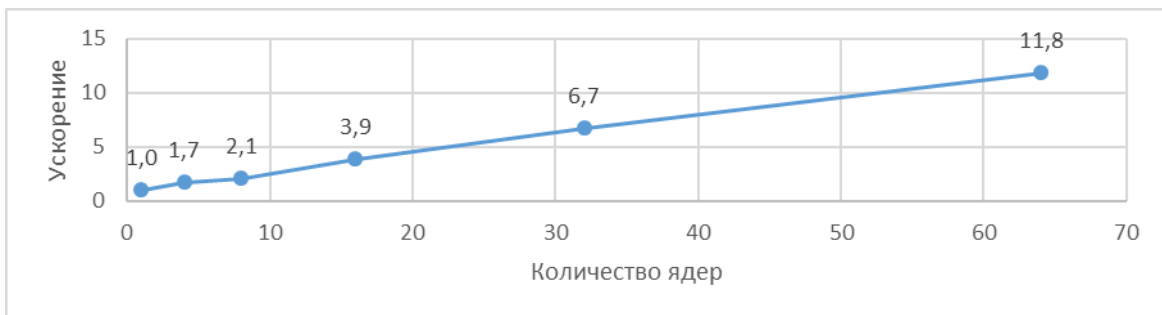


Рис. 3. Ускорение MPI-версии для сетки с  $N = 150$

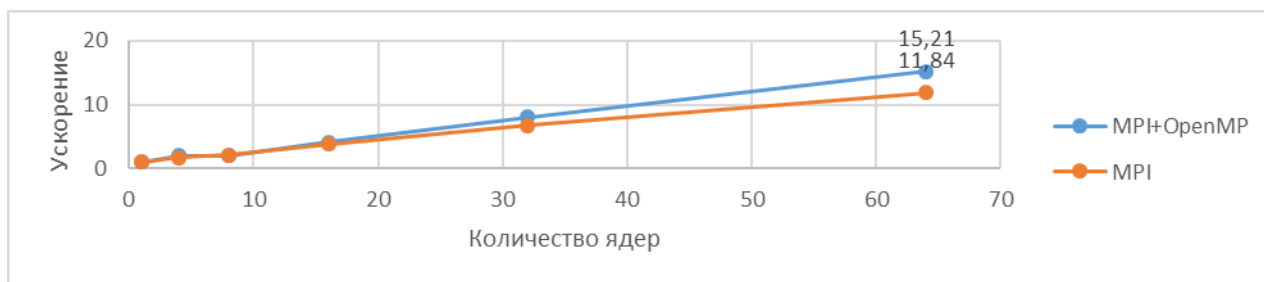


Рис. 4. Ускорение MPI и MPI+OpenMP-версии для сетки с  $N = 150$

Как видно из рисунка 4, разработанная гибридная версия показала себя наилучшим образом. Как и предполагалось, с использованием технологии OpenMP для распараллеливания внутри вычислительного узла было достигнуто снижение синхронизационных затрат и увеличение эффективности и масштабируемости параллельной версии программы.

В ходе данной работы было реализовано численное решение начально-краевой задачи, описывающих распространение упругих волн в сплошной изотропной среде. В основе расчетного алгоритма лежит сеточно-характеристический метод решения систем гиперболических уравнений в частных производных. Поглощающие граничные условия были реализованы при помощи PML.

Исследовано ускорение и эффективность реализованных параллельных версий программ. Показано, что наилучшим вариантом является параллельная версия программы с совместным использованием технологий MPI и OpenMP. Таким образом, последовательная версия программы была ускорена до 15,2 раза с эффективностью распараллеливания равной 23% при масштабировании до 8 двухпроцессорных вычислительных узлов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Применение сеточно-характеристического метода для решения задач распространения динамических волновых возмущений на высокопроизводительных вычислительных системах [Электронный ресурс] / Н.И. Хохлов, И.Б. Петров. – Электрон. дан. – Режим доступа : [https://doi.org/10.15514/ISPRAS-2019-31\(6\)-16](https://doi.org/10.15514/ISPRAS-2019-31(6)-16), свободный. – Загл. с экрана.
2. Численное моделирование сейсмической активности сеточно-характеристическим методом [Текст] / В.И. Голубев, И.Б. Петров, Н.И. Хохлов // Ж. вычисл. матем. и матем. физ. / гл. ред. Е.Е. Тыртышников. – М.: Наука, 2013. – Т. 53, N 10. – С. 1709-1720.

3. Моделирование распространения упругих волн в геологической среде: сравнение результатов трех численных методов [Текст] / В.А. Бирюков, В.А. Миряха, И.Б. Петров, Н.И. Холодов // Ж. вычисл. матем. и матем. физ. / гл. ред. Е.Е. Тыртышников. – М.: Наука, 2006. – Т. 56, N 6. – С. 1104-1114.
4. Фаворская, А.В. Метод исследования пространственных волновых явлений в средах со сложной структурой с помощью вычислительных экспериментов [Текст]: автореферат дис. ... доктора физико-математических наук: 05.13.18 / Фаворская Алена Владимировна; [Место защиты: Моск. физ.-техн. ин-т (гос. ун-т)]. - Москва, 2018. - 47 с.

Р. И. САЛАВАТОВА

regina\_salavatova@mail.ru

Науч. руковод. – канд. физ.-мат. наук, доц. В. О. ЛУКАЩУК

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## ИССЛЕДОВАНИЕ НЕЛИНЕЙНОЙ МОДЕЛИ УПРУГИХ КОЛЕБАНИЙ БАЛКИ

**Аннотация.** В работе проведено исследование нелинейной модели упругих колебаний балки методами группового анализа.

**Ключевые слова:** нелинейная модель упругих колебаний балки; допускаемая группа преобразований.

Рассмотрим уравнение нелинейной модели упругих колебаний балки

$$u_{tt} + u_{xxxx} = f_0(u), \quad (1)$$

где  $f_0(u)$  – произвольная функция, неравная нулю,  $f_0' \neq 0$ .

Будем искать допускаемую группу преобразований для уравнения (1) с оператором

$$X = \xi(x, y, u) \frac{\partial}{\partial x} + \tau(x, y, u) \frac{\partial}{\partial t} + \eta(x, y, u) \frac{\partial}{\partial u}.$$

Действуя его четвертым продолжением

$$X^4 = \xi \frac{\partial}{\partial x} + \tau \frac{\partial}{\partial t} + \eta \frac{\partial}{\partial u} + \zeta_1 \frac{\partial}{\partial u_x} + \zeta_2 \frac{\partial}{\partial u_t} + \zeta_{11} \frac{\partial}{\partial u_{xx}} + \zeta_{22} \frac{\partial}{\partial u_{tt}} + \zeta_{111} \frac{\partial}{\partial u_{xxx}} + \zeta_{1111} \frac{\partial}{\partial u_{xxxx}}$$

на уравнение (1) получим определяющее уравнение в виде

$$\zeta_{22} + \zeta_{1111} - \eta f_0'(u) |_{u_{tt}=f_0(u)-u_{xxxx}} = 0.$$

Подставляя найденные элементы в это уравнение, имеем

$$\begin{aligned} & \eta_{tt} + 2u_t \eta_{ut} + \eta_{uu} u_t^2 - \xi_{tt} u_x - 2\xi_{tu} u_t u_x - \xi_{uu} u_t^2 u_x - \tau_{tt} u_t - 2\tau_{ut} u_t^2 - \\ & \tau_{uu} u_t^3 + \eta_u (f_0(u) - u_{xxxx}) - \xi_u u_x (f_0(u) - u_{xxxx}) - 3\tau_u u_t (f_0(u) - u_{xxxx}) - \\ & 2\tau_t (f_0(u) - u_{xxxx}) - 2\xi_u u_t u_{tx} - 2\xi_t u_{tx} + \eta_{xxxx} + \eta_{uu} u_x^2 - \xi_{xxxx} u_x - \\ & 4\xi_{uxxx} u_x^2 - 6(\tau_{uu} u_x^2 + \tau_u u_{xx} + 2\tau_{ux} u_x + \tau_{xx}) u_{txx} - (10\xi_{uu} u_x^2 + 4\tau_{uu} u_x u_t + \\ & 10\xi_u u_{xx} + 4\tau_u u_{tx} + 16u_x \xi_{ux} - 4u_x \eta_{uu} + 4\tau_{ux} u_t + 6\xi_{xx} - 4\eta_{ux}) u_{xxx} + \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
& 12u_{xx}u_{tx}\tau_{ux} + 6\eta_{uuu}u_{xx}u_{xx}^2 + 12\eta_{uux}u_{xx}u_x - 4\tau_{uuu}u_tu_x^3 - 6u_x^2u_t\tau_{uuxx} - \\
& 4\tau_{uxxx}u_xu_t - 10u_x^3\xi_{uuu}u_{xx} - 24u_x^2\xi_{uux}u_{xx} - 18u_x\xi_{uux}u_{xx} - 6u_x^3\xi_{uuxx} - \\
& 12u_{xx}^2\xi_{ux} - 4u_x^4\xi_{uuxx} - u_t\tau_{xxxx} - 4u_{tx}\tau_{xxx} + 4u_x\eta_{uxxx} + 6u_{xx}\eta_{uux} + \\
& 4u_x^3\eta_{uuux} - 4u_{xx}\xi_{xxx} - 3(4u_{tx}u_xu_{xx} + u_{xx}^2u_t)\tau_{uu} - 12(u_{tx}u_x^2 + u_tu_xu_{xx})\tau_{uux} + \\
& 3u_{xx}^2\eta_{uu} - 15u_x\xi_{uu}u_{xx}^2 - u_x^4u_t\tau_{uuuu} - \xi_{uuuu}u_x^5 + u_x^4\eta_{uuuu} - (4u_x^3u_{tx} - \\
& 6u_x^2u_tu_{xx})\tau_{uuu} - 4(\tau_x + u_x\tau_u)u_{xxx}t - (5u_x\xi_u + 4u_t\tau_u + 4\xi_x - \eta_u)u_{xxxx} - \\
& 6(2u_{tx}u_x + u_{xx}u_t)\tau_{xxu} - \eta f_0'(u) = 0.
\end{aligned}$$

Расщепляя это уравнение по независимым переменным  $u_t, u_x, u_{xx}, \dots$ , получим определяющую систему:

$$\tau_u = 0, \quad \tau_x = 0 \quad (2.1)$$

$$\xi_u = 0, \quad 2\tau_{xxx} + \xi_t = 0 \quad (2.2)$$

$$\eta_{uu} - 2\tau_{tu} = 0 \quad (2.3)$$

$$\tau_t - 2\xi_x = 0 \quad (2.4)$$

$$-6\xi_{xx} + 4\eta_{ux} = 0 \quad (2.5)$$

$$\eta_{xxxx} + \eta_{tt} - \eta f_0'(u) + \eta_u f_0(u) - 2\tau_t f_0(u) = 0 \quad (2.6)$$

$$\tau_{uu} = 0, \quad \tau_{uux} = 0, \quad 2\eta_{uux} - 3\xi_{uux} = 0, \quad \tau_{ut} = 0, \quad \tau_{ux} = 0,$$

$$\xi_{uu} = 0, \quad \eta_{uu} - 4\xi_{ux} = 0, \quad \tau_{uu} = 0, \quad \xi_{uu} = 0, \quad \tau_{uuuu} = 0,$$

$$\tau_{uuu} = 0, \quad \xi_{uuu} = 0, \quad \eta_{uuu} - 4\xi_{uuu} = 0, \quad \tau_{uu} = 0, \quad \tau_u = 0,$$

$$\xi_u = 0, \quad \tau_{uuux} = 0, \quad \tau_{uux} = 0, \quad \xi_{uu} = 0, \quad \xi_u = 0,$$

$$\tau_{ux} = 0, \quad \tau_{uuxx} = 0, \quad 2\tau_{uxxx} + \xi_{tu} = 0, \quad \tau_{uux} = 0,$$

$$\tau_{uuu} = 0, \quad \tau_{uux} = 0, \quad \xi_{uuuu} = 0, \quad \eta_{uuuu} - 4\xi_{uuux} = 0,$$

$$\eta_{uu} - 4\xi_{ux} = 0, \quad 2\tau_{xxx} + \xi_t = 0, \quad 2\eta_{uuux} - 3\xi_{uuxx} = 0,$$

$$\tau_{xx} = 0, \quad 3\eta_{uux} - 2\xi_{xxx} = 0, \quad 3\eta_{uuxx} - 2\xi_{uxxx} = 0,$$

$$\tau_{uu} = 0, \quad \tau_{uu} = 0.$$

Из (2.1) очевидно, что  $\tau = \tau(t)$ , из (2.2) следует, что  $\xi = \xi(x)$ , а из уравнения (2.3) получаем  $\eta = \alpha(x, t)u + \beta(x, t)$ .

Рассмотрим уравнение (2.4), поскольку  $\tau$  зависит только от  $t$ , а  $\xi$  от  $x$ , оно выполняется только в том случае, если обе части уравнения равны константе, то есть  $2\xi_x = C_1^{(0)}$ ,  $\tau_t = C_1^{(0)}$ , откуда

$$\xi = \frac{C_1^{(0)}x}{2} + C_2^{(0)}, \quad \tau = C_1^{(0)}t + C_3^{(0)}.$$

Подставляя  $\xi$  и  $\eta$  в (2.5), имеем  $\alpha_x = 0$ , значит  $\alpha = \text{Const}$ ,  $\alpha = C_4^{(0)}$ , тогда

$$\eta = C_4^{(0)}u + \beta(x, t). \quad (3)$$

В силу найденных симметрий  $\xi, \tau, \eta$  остальные уравнения системы кроме (4.6) выполняются тождественно.

Путем подстановки (3) в (2.6) получаем классифицирующее уравнение:

$$\left( C_4^{(0)}u + \beta(x, t) \right) f_0'(u) - 2C_1^{(0)}f_0(u) + C_4^{(0)}f_0(u) + \beta_{xxxx} + \beta_{tt} = 0. \quad (4)$$

Если  $f_0(u)$  – произвольная функция, то, расщепляя уравнение (6) по  $f_0(u)$  и  $f_0'(u)$ , имеем

$$f_0'(u): \quad C_4^{(0)}u + \beta(x, t) = 0 \Rightarrow C_4^{(0)} = 0, \quad \beta(x, t) = 0,$$

$$f_0(u): \quad C_1^{(0)} = 0.$$

Отсюда следует, что если  $f_0(u)$  – произвольная функция, то допускается двухпараметрическая группа преобразований:

$$X_1 = \frac{\partial}{\partial x}, \quad X_2 = \frac{\partial}{\partial t}. \quad (5)$$

Далее перепишем уравнение (4) в общем виде

$$(Ku + L)f_0'(u) + Df_0(u) + E = 0, \quad (6)$$

где  $K, L, D, E$  – константы. Если в уравнении (8)  $L = 0, K \neq 0$ , то, решая (8), получим вид функции  $f_0(u) = C_1 u^{\left(\frac{-D}{K}\right)} - \frac{E}{D}$ .

Легко видеть, что, выполняя замену переменных, можно упростить вид функции до  $f_0(u) = u^n, n \neq 0, 1$ .

Подставляя эту функцию в уравнение (6), имеем

$$\left( C_4^{(0)}u + \beta(x, t) \right) nu^{n-1} - 2C_1^{(0)}u^n + C_4^{(0)}u^n + \beta_{xxxx} + \beta_{tt} = 0.$$

При решении этого уравнения находим, что допускаемая группа преобразований с операторами (5) расширяется до трехпараметрической оператором

$$X_3 = \frac{x}{2} \frac{\partial}{\partial x} + t \frac{\partial}{\partial t} - \frac{2u}{n-1} \frac{\partial}{\partial u}.$$

Таким образом, для этого и остальных случаев доказано следующее

**Утверждение 1.** Нелинейное уравнение (1) с произвольной функцией  $f_0(u), f_0' \neq 0$ , допускает двухпараметрическую группу  $G_2$  преобразований с операторами

$$X_1 = \frac{\partial}{\partial x}, X_2 = \frac{\partial}{\partial t}.$$

Если  $f_0(u) = u^n, n \neq 0, 1$ , то двухпараметрическая группа  $G_2$  расширяется до трехпараметрической  $G_3$  оператором

$$X_3 = \frac{x}{2} \frac{\partial}{\partial x} + t \frac{\partial}{\partial t} - \frac{2u}{n-1} \frac{\partial}{\partial u}.$$

Если  $f_0(u) = e^{\pm u}$ , то двухпараметрическая группа  $G_2$  расширяется до трехпараметрической  $G_3$  оператором

$$X_3 = \frac{x}{2} \frac{\partial}{\partial x} + t \frac{\partial}{\partial t} \mp 2 \frac{\partial}{\partial u}.$$

Если  $f_0(u) = \pm u$ , то двухпараметрическая группа  $G_2$  расширяется до бесконечномерной с операторами

$$X_3 = u \frac{\partial}{\partial u}, \quad X_\infty = \beta(x, t) \frac{\partial}{\partial u}.$$

### **Заключение**

В результате групповой классификации установлено, что нелинейное уравнение упругих колебаний балки допускает двухпараметрическую группу преобразований, которая расширяется до трехпараметрической или бесконечной в случае степенной, экспоненциальной или линейной функции, входящей в него.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Байков В. А. Методы возмущений в групповом анализе / В. А. Байков // Итоги науки и техн. Сер. Современ. пробл. мат. Нов. достиж.. – 1989. – Т. 34. – С. 85-147.
2. Ibragimov N.H. CRC Handbook of Lie group analysis of differential equations, Vol. 3 / N.H. Ibragimov. – CRC Press, Boca Raton, 1995. – 552 с.
3. Газизов Р. К. Приближенные симметрии и решения уравнения Компанейца / Р. К. Газизов, Н. Х. Ибрагимов // Прикладная механика и техническая физика. – 2014. – Т. 55, №. 2. – С. 38-42.

УДК 519.688

А. В. СПЕЛЕ

*spele.sasha@gmail.com*

Науч. руковод. – д-р физ.-мат. наук, проф. Р. К. ГАЗИЗОВ

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## АЛГОРИТМ УТОЧНЕНИЯ МОДЕЛИ СЕГМЕНТАЦИИ СИГНАЛА

**Аннотация.** По сигналу, полученному в неоднородных средах, строится сегментированная модель. Разработан алгоритм восстановления сигнала, в зависимости от параметров приемника. Также разработан алгоритм уточнения сегментированной модели, в зависимости от особенностей сигнала. Показано, что в зависимости от параметров приемника, таких как область его влияния и весовая функция, а также от средней длины сегмента сигнала, зависит точность работы алгоритмов. Получены условия применимости обоих алгоритмов в зависимости от исходного сигнала неоднородной среды.

**Ключевые слова:** неоднородная среда; восстановление сигнала; уточнение сегментированной модели;

Одной из важнейших задач в системах автоматической обработки сигналов является задача сегментации в соответствии с количественными характеристиками сигнала.

Одним из примеров сигнала, полученного в неоднородной среде, является каротажная кривая геофизических исследований скважин (ГИС). При этом характерные признаки каждого участка неоднородной среды вычисляются в выделенных сегментах полученного сигнала.

Есть множество способов сегментации сигнала, однако они могут давать неточный результат. Предполагается, что сегментированная модель является картой неоднородной среды, по которой можно восстановить сигнал, при этом на восстановленном сигнале могут появиться эффекты сглаживания, которые указывают на ошибку в сегментированной модели.

Для восстановления сигнала будут использоваться значения сегментированной модели ( $y(x)$ ), так как она является отображением неоднородной среды, с которой получен сигнал. Также необходимо реализовать параметр, который представляет из себя коэффициент влияния точки среды в зависимости от расстояния до приемника ( $\alpha(jh)$  – весовая функция):

$$\tilde{u}(x) = \frac{1}{\sigma} \sum_{j=-l}^l \alpha(jh)y(x + jh)$$

$$\sigma = \sum_{j=-l}^l \alpha(jh), \quad l = \frac{L}{2h}, \quad h = \text{const}$$

где  $2l$  – количество точек, определяющих значение на приемнике,  $L$  – длина области, определяющее значение на приемнике,  $\tilde{u}(x)$  – значение восстановленного сигнала.

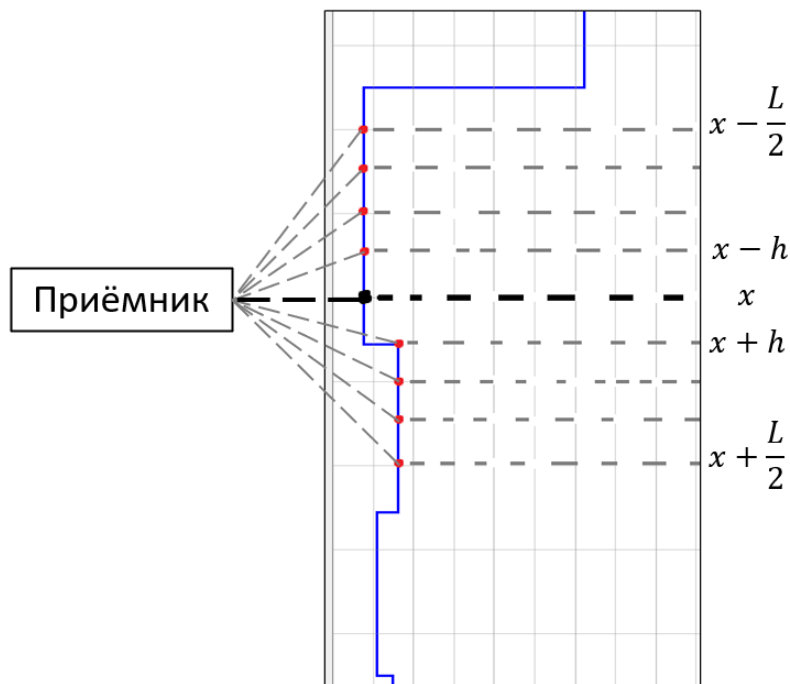


Рис. 1. Схема работы приемника для вычисления сигнала

Для оценки восстановленного сигнала будет использоваться функция относительной погрешности

$$p(x) = \frac{|u(x) - \tilde{u}(x)|}{\max_x u(x) - \min_x u(x)}$$

и среднеквадратическая ошибка

$$S = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=-l}^l (u(x_i) - \tilde{u}(x_i))^2}$$

$u(x)$  – исходный сигнал;  $N$  – количество точек в сигнале.

Алгоритм восстановления был протестирован для некоторых видов весовой функции и разрешающей способности.

Таблица 1

Сравнение результатов восстановления сигнала

Весовая функция	Разрешающая способность	Среднеквадратическая ошибка
$\alpha(\xi) = e^{-\beta \left  \frac{\xi}{L} \right ^2}$	$L = 0.9\text{м}$	0.021
$\alpha(\xi) = e^{-\beta \left  \frac{\xi}{L} \right ^2}$	$L = 2\text{м}$	0.035
$\alpha(\xi) = 1 - \gamma \left  \frac{\xi}{L} \right ^n$	$L = 0.9\text{м}$	0.023
$\alpha(\xi) = 1 - \gamma \left  \frac{\xi}{L} \right ^n$	$L = 2\text{м}$	0.042
$\alpha(\xi) = 1$	$L = 0.9\text{м}$	0.025
$\alpha(\xi) = 1$	$L = 2\text{м}$	0.056

Для получения более точного результата восстановления сигнала необходимо изменить ее сегментированную модель в зависимости от величины погрешности в сегменте ( $\delta$ ).

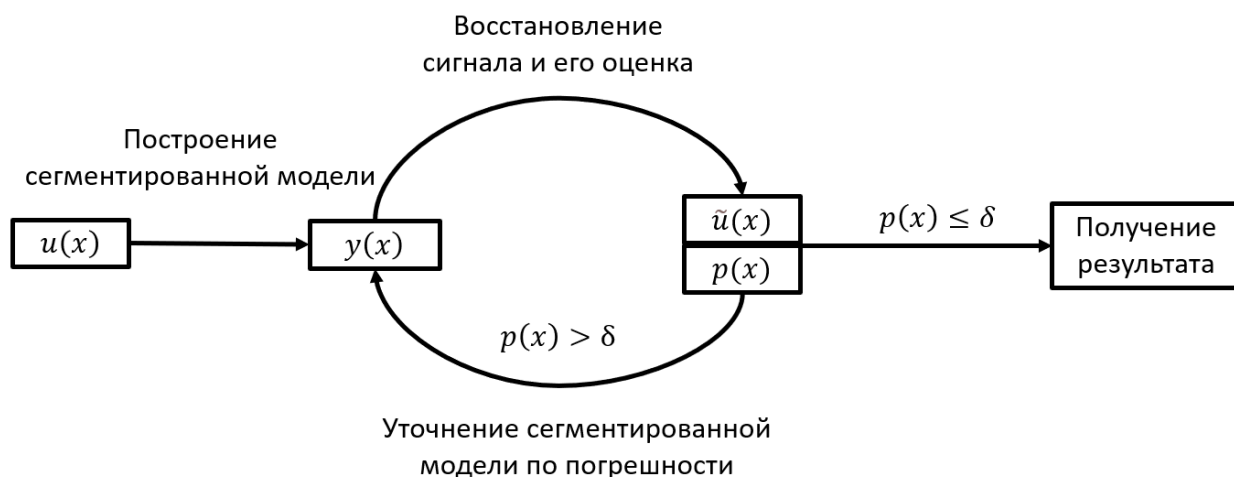


Рис. 2. Схема уточнения сегментированной модели

Для уточнения сегментированной модели необходимо найти области, в которых накапливается погрешность, не удовлетворяющая искомой точности  $\delta$ .

Пусть  $x_k^p$  – точки максимума  $p(x) \geq \delta$ ,

$k = 0..K$ , где  $K$  количество максимумов неудовлетворяющие указанной точности  $\delta$ ,

$x_m^g$  – точки границ сегмента,

$m = 0..M$ , где  $M$  количество сегментов,

$\Delta$  – минимальный размер сегмента.

Две альтернативы добавления границы сегмента:

1. если  $x_k^p - x_m^g \geq \Delta$  и  $x_m^{g+1} - x_k^p \geq \Delta$ , то

$x_k^p$  – новая граница сегмента.

2. если  $x_k^p - x_m^g < \Delta$  или  $x_m^{g+1} - x_k^p < \Delta$ , то

$\frac{x_m^{g+1} + x_m^g}{2}$  – новая граница сегмента.

Для получения условия применимости разработанного модуля синтезируются несколько сигналов вида:

$$u(x, D) = \frac{1 + \sin \frac{\pi x}{D}}{2}$$

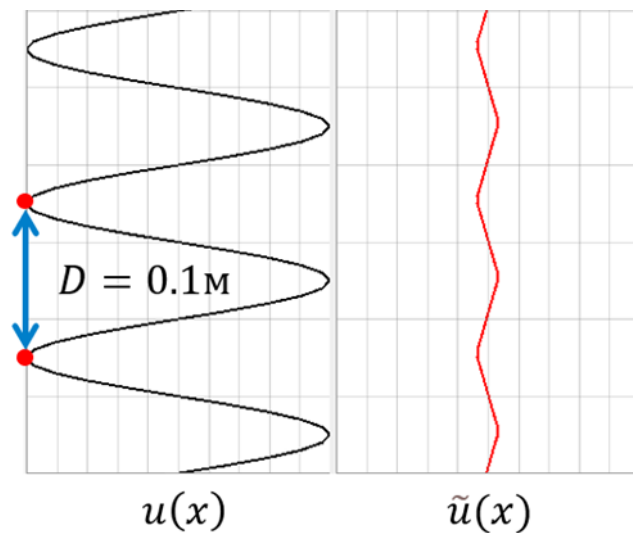


Рис. 3. Пример участка сигнала с длиной сегмента 0.1м

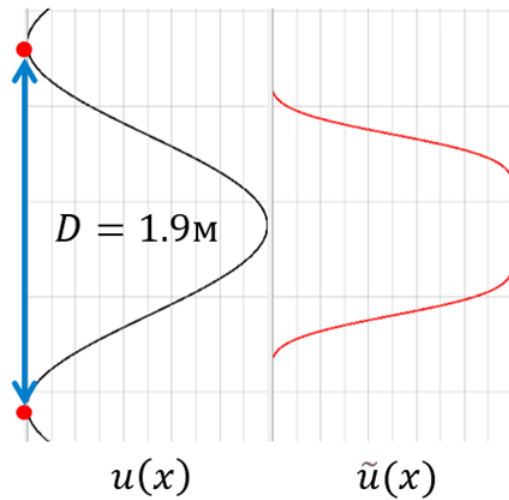


Рис. 4. Пример участка сигнала с длиной сегмента 1.9м

Варьируя значение  $D$  в области  $[0.1\text{м}..1.9\text{м}]$ , при параметре  $L = 0.9\text{м}$ , получается следующий график погрешностей (Рисунок 5).

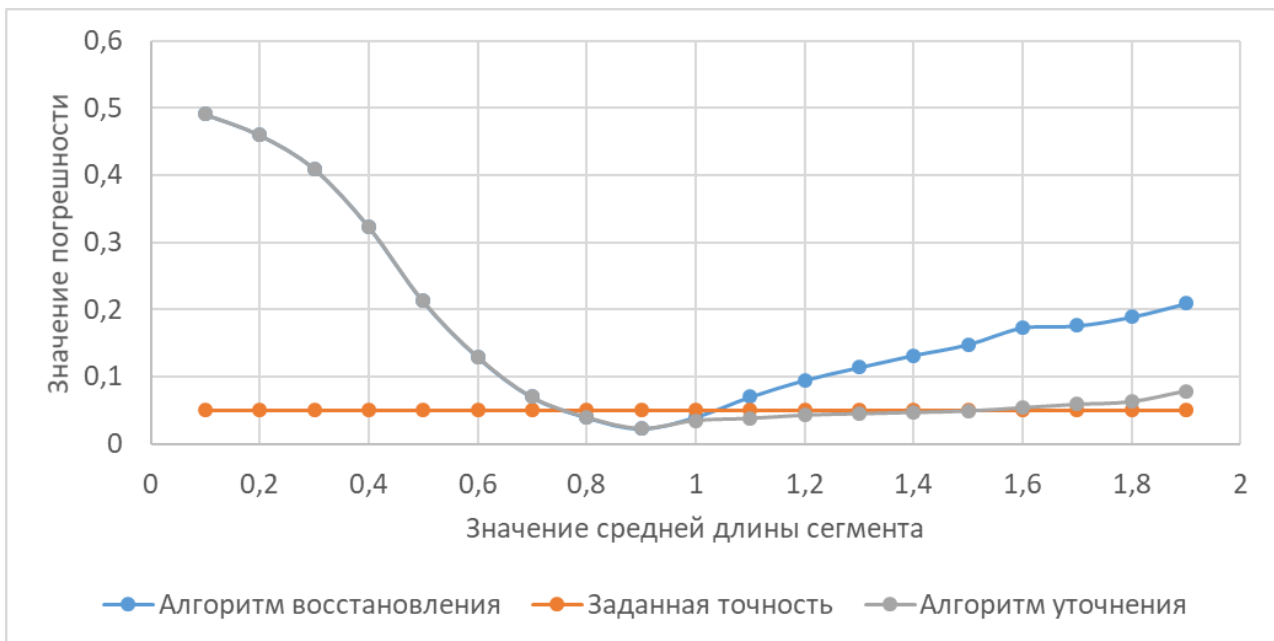


Рис. 5. График зависимости погрешности от длины сегмента

Таким образом для заданной точности  $\delta = 0.05$ , получаем условие применения разработанного алгоритма при  $L = 0.9\text{м}$ .

Для алгоритма восстановления сигнала

$$D = L \pm 0.1\text{м}$$

Для алгоритма уточнения сегментированной модели

$$D = [L - 0.1\text{м}; L + 0.7\text{м}]$$



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Самарский, А.А. Введение в численные методы [Текст] : учебное пособие / А.А. Самарский. — Санкт-Петербург : Лань, 2009. — 288 с.
2. Калиткин, Н.Н. Численные методы [Текст] : учебное пособие / Н.Н. Калиткин. — Санкт-Петербург : БХВ, 2011. — 592 с.
3. Айфичер, Э. Цифровая обработка сигналов. Практический подход [Текст] : учебник / Э. Айфичер, Б. Джервис ; пер. с англ. Дорошенко И.Ю. — Москва ; Санкт-Петербург ; Киев : Вильямс, 2004. — 992 с.
4. Лайонс, Р. Цифровая обработка сигналов [Текст] / Р. Лайонс ; пер. с англ. Бритова А.А. — Москва : Бином, 2007. — 652 с.

УДК 517.96

В. В. СПЕЛЕ

*spele.vv@ugatu.su*

Науч. руковод. – д-р физ.-мат. наук, доц. С. Ю. ЛУКАЩУК

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ МОНОХРОМАТИЧЕСКОЙ ВОЛНЫ В СРЕДЕ СО СТЕПЕННОЙ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ НЕЛОКАЛЬНОСТЬЮ**

**Аннотация.** Рассматривается задача компьютерного моделирования распространения монохроматической волны в среде со степенной пространственной нелокальностью. Показано, что такое моделирование может осуществляться на основе классического неоднородного уравнения Гельмгольца с правой частью специального вида, эквивалентного по решению дробно-дифференциальному обобщению уравнения Гельмгольца с дробной степенью оператора Лапласа.

**Ключевые слова:** монохроматическая волна; дробная степень оператора Лапласа; дробно-дифференциальное обобщение уравнения Гельмгольца; функция Фокса; численный алгоритм

Моделирование волновых процессов широко используется во многих прикладных областях, в частности, в сейсморазведке. Распространение волн в однородных средах описывается классическими дифференциальными уравнениями гиперболического типа, которые широко известны и изучены. Однако при распространении волн в неоднородных средах могут возникать различные аномальные свойства. В частности, возможно появление свойств пространственной нелокальности. Для их учета при построении математических моделей волновых процессов может быть эффективно использован аппарат дробного дифференцирования. Математическая модель волнового процесса представляет собой в этом случае уравнение с операторами дробного дифференцирования по пространственным переменным. Однако численное моделирование на основе таких дробно-дифференциальных уравнений часто приводит к необходимости решения систем линейных алгебраических уравнений не с разреженными, а с плотно заполненными матрицами, что обуславливает существенный рост требований к вычислительным ресурсам. В этой связи становится актуальной задача построения эффективных алгоритмов компьютерного моделирова-

ния волновых процессов в средах с пространственной нелокальностью, описываемых дробно-дифференциальными уравнениями.

Наиболее часто для описания пространственной нелокальности степенного типа используется дробная степень оператора Лапласа [1]. В частности, линейное волновое уравнение с таким оператором изучалось в работе [2]. В случае монохроматической гармонической волны такое уравнение редуцируется к дробно-дифференциальному обобщению уравнения Гельмгольца, для которого в работе [3] получено фундаментальное решение в виде функции Фокса [4].

В работе [5] был предложен эвристический принцип эквивалентности по решению математических моделей, описываемых дифференциальными уравнениями с производными целого и дробного порядков. В [6] показана эквивалентность по решению дробно-дифференциального уравнения Гельмгольца классическому уравнению Гельмгольца с правой частью специального вида, зависящей от сверток с функциями Фокса. В результате компьютерное моделирование распространения монохроматических волн в средах со степенной пространственной нелокальностью сводится к численному решению классического локального неоднородного уравнения Гельмгольца. Основной задачей при этом является построение эффективных численных алгоритмов вычисления правой части этого уравнения.

В данной работе приводятся результаты вычислительных экспериментов, подтверждающие принципиальную возможность практического использования описанного подхода.

Пусть волновой процесс в среде с пространственной нелокальностью описывается дробно-дифференциальным обобщением уравнения Гельмгольца

$$-(-\Delta_x)^{\frac{\alpha}{2}}u + \omega^2u = f, \quad u = u(x), \quad f = f(x), \quad x \in R^2, \quad \omega \in R, \quad (1)$$

где  $(-\Delta_x)^{\frac{\alpha}{2}}$  – дробная степень оператора Лапласа [1].

В [6] показано, что уравнение (1) эквивалентно по решению следующему классическому неоднородному уравнению Гельмгольца:

$$\Delta_x u + \omega^{\frac{4}{\alpha}}u = \Theta(x, \omega), \quad (2)$$

$$\Theta(x, \omega) = \omega^{\frac{4}{\alpha}-2} f(x) + \omega^{\frac{6}{\alpha}-2} \int_{R^2} g\left((x-\eta)\omega^{\frac{2}{\alpha}}\right) f(\eta) d\eta, \quad (3)$$

$$g(z) = C_{\alpha} H_{2,4}^{2,1} \left[ \frac{|z|^2}{4} \right]_{(0,1)} \left[ \begin{matrix} \left(2 - \frac{4}{\alpha}, \frac{2}{\alpha}\right) & \left(\frac{3}{2} - \frac{4}{\alpha}, \frac{2}{\alpha}\right) \\ \left(2 - \frac{4}{\alpha}, \frac{2}{\alpha}\right) & (0,1) \end{matrix} \right]_{\left(\frac{3}{2} - \frac{4}{\alpha}, \frac{2}{\alpha}\right)} - \quad (4)$$

$$C_{\alpha} H_{2,4}^{2,1} \left[ \frac{|z|^2}{4} \right]_{(0,1)} \left[ \begin{matrix} \left(1 - \frac{2}{\alpha}, \frac{2}{\alpha}\right) & \left(\frac{1}{2} - \frac{2}{\alpha}, \frac{2}{\alpha}\right) \\ \left(1 - \frac{2}{\alpha}, \frac{2}{\alpha}\right) & (0,1) \end{matrix} \right]_{\left(\frac{1}{2} - \frac{2}{\alpha}, \frac{2}{\alpha}\right)}.$$

где  $H_{2,4}^{2,1}(z)$  – функция Фокса.

Далее представлены результаты численных расчетов, полученные при следующих параметрах задачи:

$$\alpha = \sqrt{2}, \quad \omega = 2.5, \quad f(z) = e^{-z^2}.$$

На рисунке 1 показан график функции  $g(z)$  из (4), полученный на основе расчета функций Фокса через их прямые разложения в ряд (см., например, [4]) с удержанием 80 первых членов ряда.

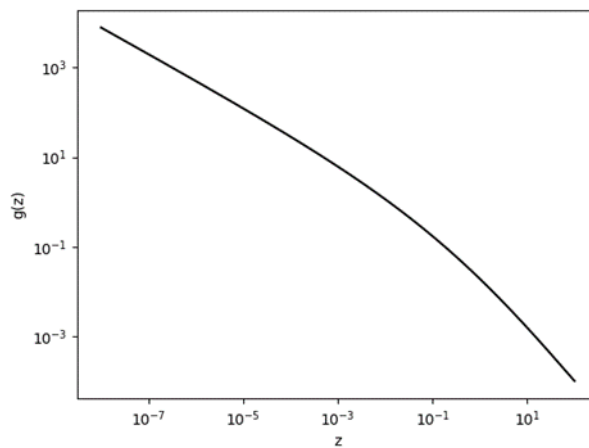


Рис. 1. График функции  $g(z)$

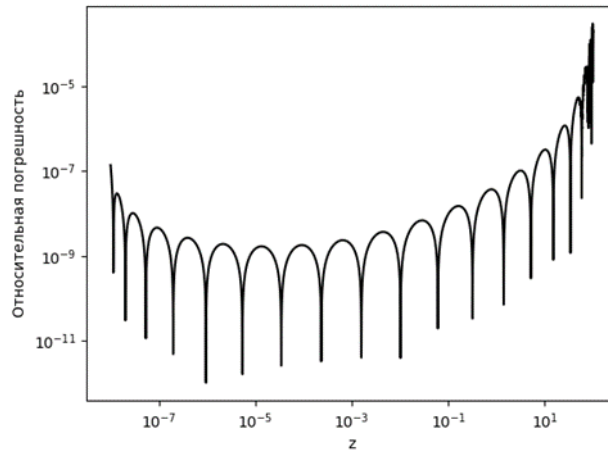


Рис. 2. Относительная погрешность численного расчета функции  $g(z)$

На рисунке 2 показана относительная погрешность расчета  $g(z)$  с удержанием первых 10 членов ряда. Таким образом, для  $z < 10$  относительная погрешность не превосходит  $10^{-7}$ , что достаточно для большинства практических расчетов. Указанного интервала также оказывается достаточно для численного расчета интеграла типа свертки в (11) в силу чрезвычайно быстрого убывания функции  $f(z)$  с ростом  $z$ .

Результат численного расчета правой части уравнения (2) представлен на рисунке 3, для вычисления интеграла свертки при этом была использована формула прямоугольников. Видно, что функция правой части с ростом  $x$  быстро стремится к нулю.

Так как функции  $f(z)$  и  $g(z)$  являются радиальными, то  $\Theta(x, \omega)$  также будет радиальной функцией, что позволяет свести решаемую задачу к одномерной.

Для численного решения уравнения (2) была составлена конечно-разностная схема четвертого порядка аппроксимации. При этом для замыкания задачи были использованы однородные граничные условия первого рода. В результате была получена СЛАУ с пяти-диагональной матрицей, которая решалась методом прогонки.

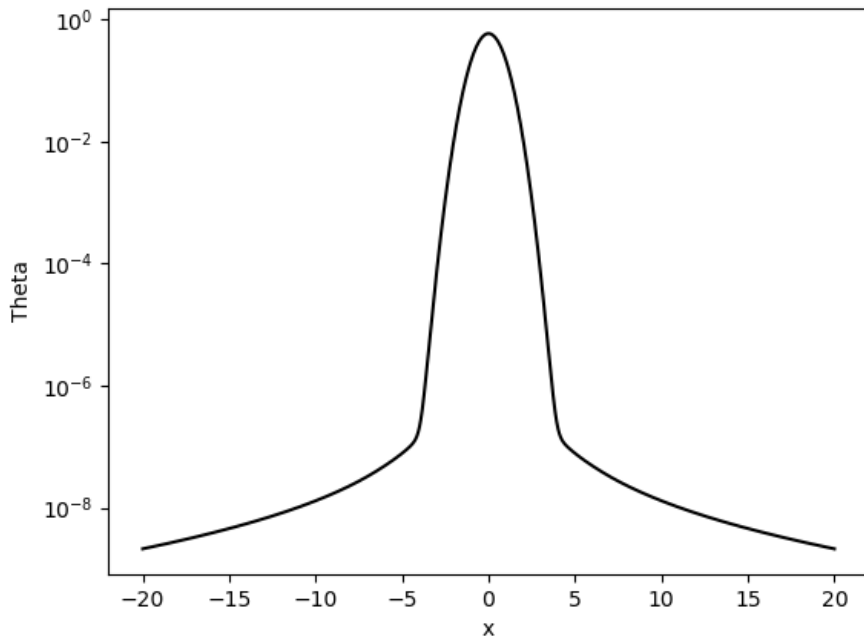


Рис. 3. Правая часть уравнения (2)

На рисунке 4 представлены полученные решения дробно-дифференциального уравнения (1) и классического уравнения (2). Из рисунка видно хорошее качественное и количественное совпадение этих решений, что иллюстрирует принципиальную возможность использования модели (2) вместо модели (1) при компьютерном моделировании волновых процессов.

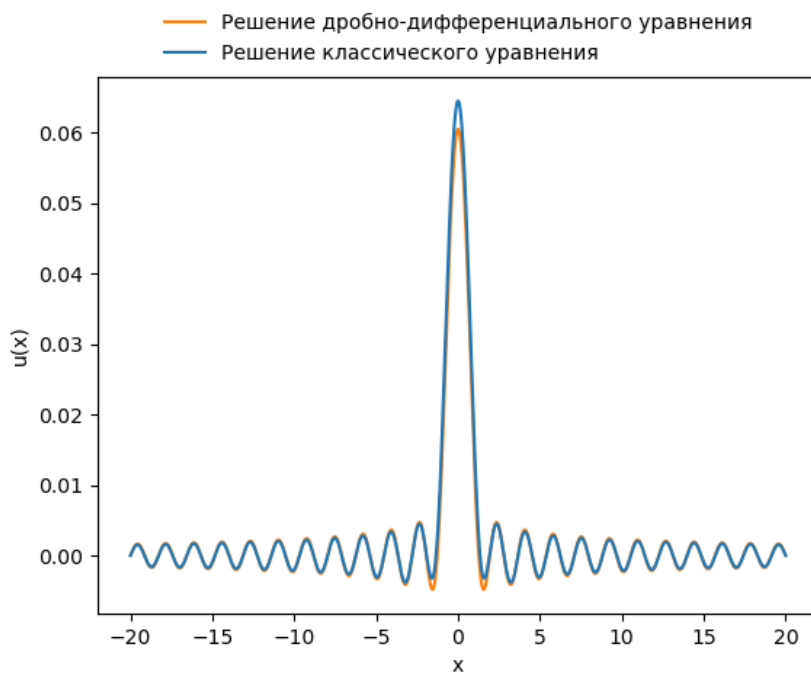


Рис. 4. Решения уравнений (1) и (2)

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Самко С. Г., Килбас А.А., Маричев О.И. Интегралы и производные дробного порядка, и некоторые их приложения. Минск: Наука и техника, 1987. 688 с.
2. Antoine X., Lorin E. Towards Perfectly Matched Layers for time-dependant space fractional PDE // Journal of Computational Physics, 2019. V. 391. С. 59-90.
3. Belevtsov N. S., Lukashchuk S. Y. A fast algorithm for fractional Helmholtz equation with application to electromagnetic waves propagation // Applied Mathematics and Computation, 2022. V. 416. 12 p.
4. Kilbas A. A. H-transforms: Theory and Applications. CRC Press, 2004. 398 p.
5. Лукащук С.Ю. Взаимосвязь математических моделей, описываемых уравнениями с производными целого и дробного порядков // Вестник УГАТУ, 2016. Т. 20 (4). С. 97-106.
6. Спеле В. В. Исследование взаимосвязи классического и дробно-дифференциального уравнений Гельмгольца // Молодежный вестник УГАТУ, 2022. № 2. 6 с.

УДК 519.62

А. А. ФАЙЗУЛЛИН

*fajzullin000@gmail.com*

Науч. руковод. – д-р хим. наук, проф. Л. М. ХАЛИЛОВ

*Уфимский государственный нефтяной технический университет*

## **КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ**

**Аннотация.** Рассматривается моделирование химических реакций. На сегодняшний день важное значение в развитии химии и химической технологии имеет метод компьютерного моделирования, который используется в теоретической химии для моделирования химических реакций и строения молекул различных веществ, в экспериментальной химии для обработки результатов исследования и в химической технологии для проектирования и расчета технологических процессов и оборудования.

В химии можно выделить следующие направления моделирования свойств и динамики молекул, результаты которого достигают уровня точности, сопоставимого с точностью современного эксперимента. В настоящее время можно делать достаточно надежные предсказания для молекулярных систем с числом атомов до 100 и даже больше.

Широкое использование моделей одиночных объектов или систем можно объяснить тем, что модель позволяет установить основные характеристики объекта или закономерности протекания процесса, отмечая при этом, второстепенные характеристики.

### ***Программное обеспечение***

В ходе практики мы изучили такие программы как GausView, Gaussian и ChemCraft. ChemCraft – графическая программа для работы с атомами и соединениями, связями между ними и различными процессами. Это удобный инструмент для визуализации результатов вычислений и подготовки новых заданий для вычисления. Программа GausView – визуализатор, предназначенная для создания входных файлов, также визуализации выходных файлов. Gaussian – программный пакет для расчета структуры и свойств молекулярных систем в газофазном и конденсированном состоянии, включающая большое разнообра-



зие методов вычислительной химии, квантовой химии, молекулярного моделирования.

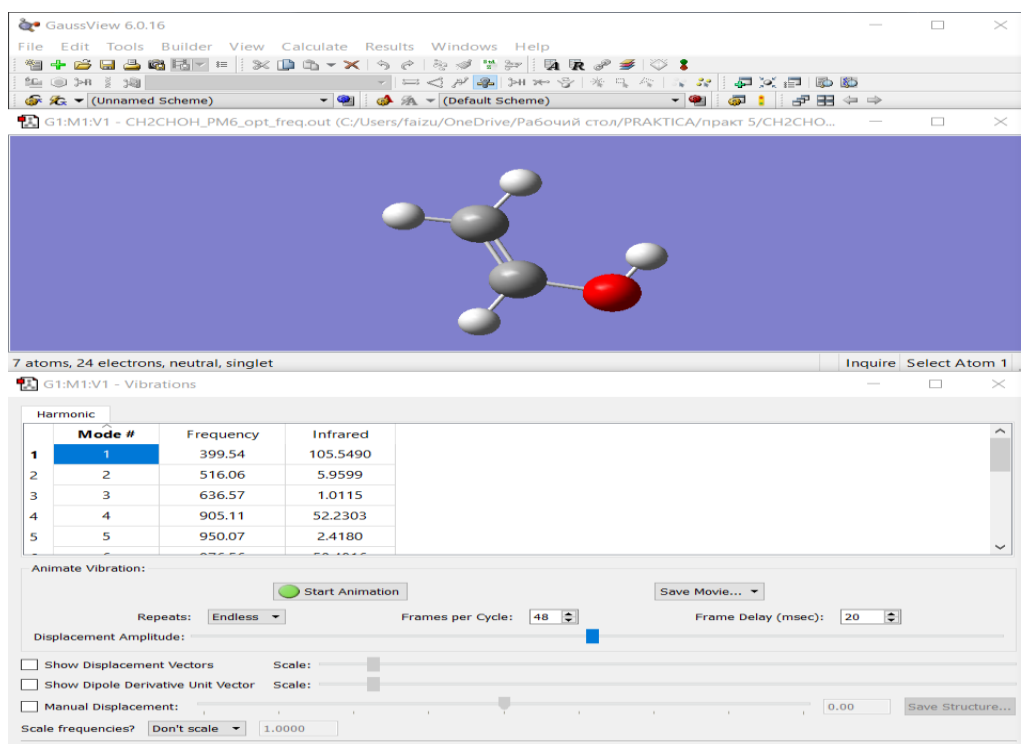


Рис. 1. Главное и рабочее окно программы GaussView

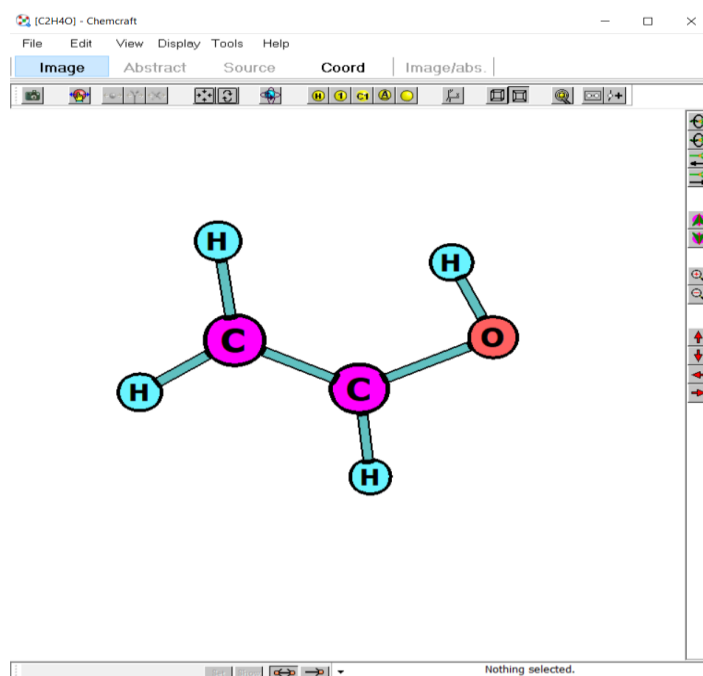


Рис. 2. Главное окно программы ChemCraft

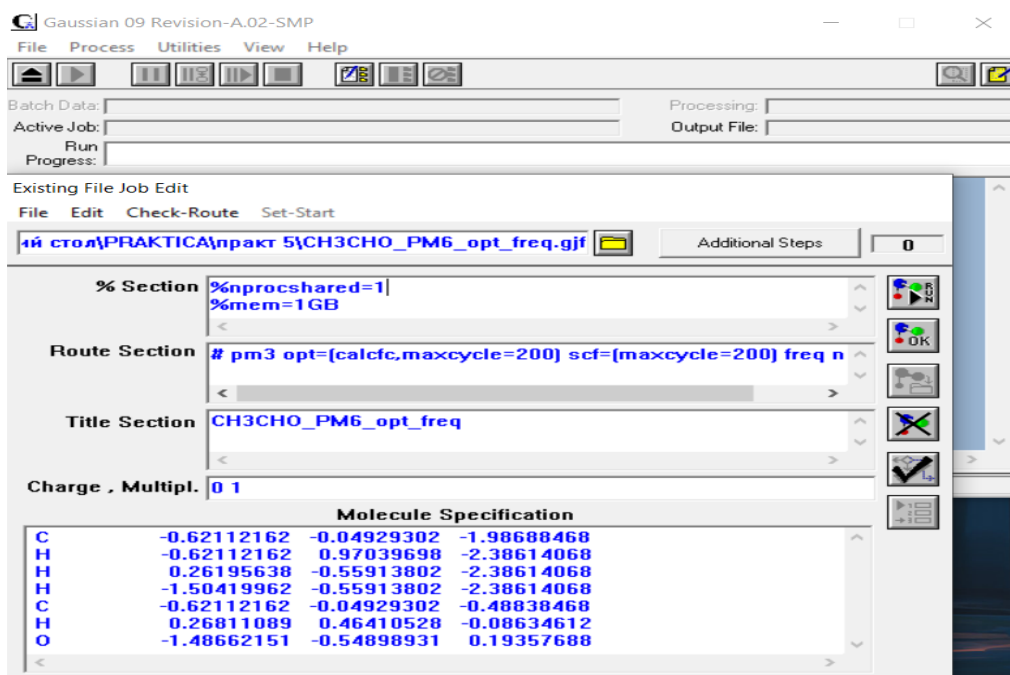


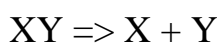
Рис. 3. Главное и окно редактора файла программы Gaussian

### ***Реакция разложения***

Как основу для компьютерного моделирования химического процесса, мы возьмем процесс разложения. Реакция разложения – один из видов химических реакций, в которых из одного, более сложного вещества образуются два или более других, более простых веществ. Фактором, вызывающим разложение, могут являться различные физические и химические воздействия. Соответственно, выделяют различные виды реакций разложения:

- 1) сольволиз — реакция обменного разложения между растворенным веществом и растворителем:
- 2) алкоголиз — растворителем выступает какой-либо спирт;
- 3) гидролиз — растворителем выступает вода;
- 4) радиолиз — разложение под действием ионизирующих излучений;
- 5) термолиз — под действием повышенной температуры;
- 6) пиролиз — термическое разложение органических соединений без доступа воздуха.
- 7) электролиз — разложение под действием электрического тока.

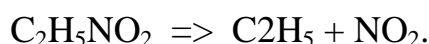
Схематическое представление данной реакции:



## Моделирование веществ и расчет энтальпии процесса

За основу работы возьмем реакцию разложения нитроэтана ( $C_2H_5NO_2$ ). А целью будет расчет энтальпии реакции.

*Энтальпия* – это свойство вещества, указывающее количество энергии, которую можно преобразовать в теплоту и также термодинамическое свойство вещества, которое указывает уровень энергии, сохраненной в его молекулярной структуре. Это значит, что, хотя вещество может обладать энергией на основании *температуры и давления*, не всю ее можно преобразовать в теплоту. Часть внутренней энергии всегда остается в веществе и поддерживает его молекулярную структуру. Сначала посмотрим какие реагенты будут после проведения данной реакции:



Для создания модели воспользуемся программой ChemCraft. Строим для каждой молекулы модель и сохраняем их в расширении файла XMOL.

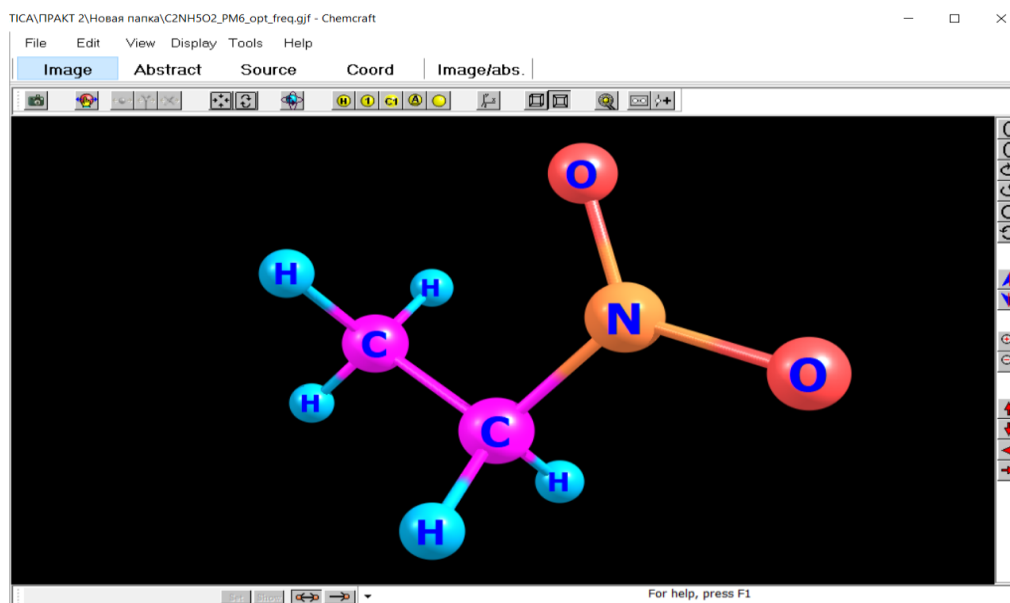


Рис. 4. Модель молекулы нитроэтана ( $C_2H_5NO_2$ )

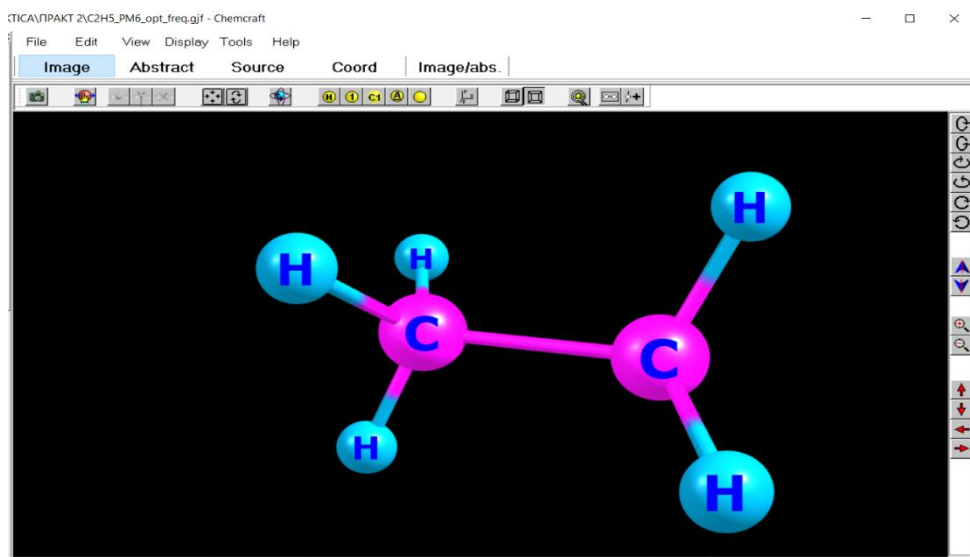


Рис. 5. Модель молекулы этил ( $C_2H_5$ )

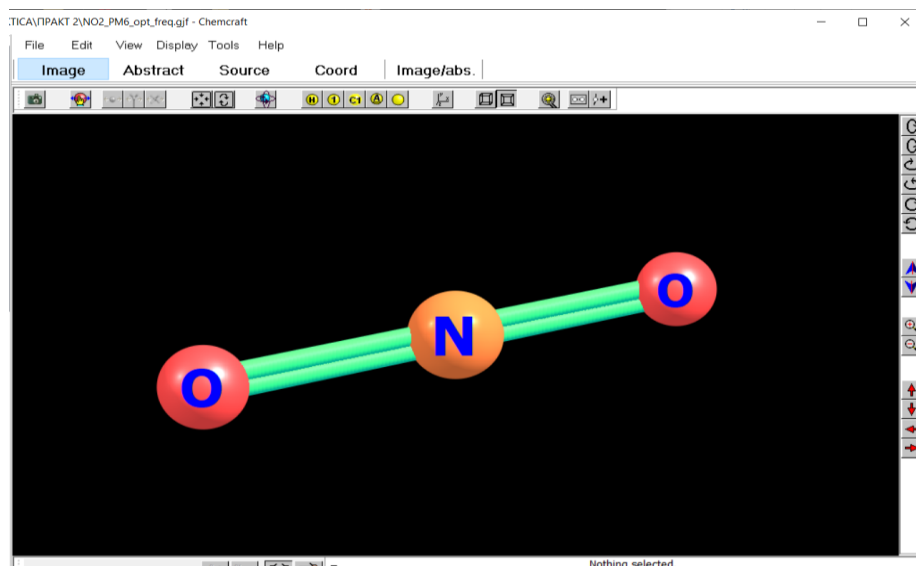


Рис. 6. Модель молекулы оксида азота ( $NO_2$ )

Открываем данный файл текстовым редактором и видим, что сам файл представляет таблицу в котором прописаны атомы и их расположение в оси XYZ. После построения нам понадобится создать файл для расчета оптимизации в Gaussian 09. Сам файл представляет из себя текст - количество ядер, которые будут использоваться для оптимизации структуры, количество выделяемой оперативной памяти, правила выполнения оптимизации и скопированные из нашего ранее созданного файла молекулы и их координаты.

```

C2NH5O2_PM6_opt_freq.gjf – Блокнот
Файл Правка Формат Вид Справка
%nprocshared=1
%mem=1gb
# pm3 opt=(calcfc, maxcycle=200) scf=(xqc, maxcycle=200) freq
nosymm

C2NH5O2_PM6_opt_freq

0 1
C -1.419372510 0.000000000 -2.240028178
H -1.419372510 1.019690000 -2.639284178
H -0.536294510 -0.509845000 -2.639284178
H -2.302450510 -0.509845000 -2.639284178
C -1.419372510 0.000000000 -0.710040178
H -2.302450510 0.509845000 -0.310784178
H -0.536294510 0.509845000 -0.310784178
N -1.419372511 -1.411517171 -0.299529184
O -1.419372510 -2.264854815 -1.186269084
O -1.419372511 -1.656201615 0.906548056

```

Рис. 7. Отредактированный файл для оптимизации в Gaussian

Полученный файл открываем в Gaussian 09, и проводим оптимизацию. В ходе оптимизации она производит оптимизацию структуры молекулы и расчет различных характеристик молекулы.

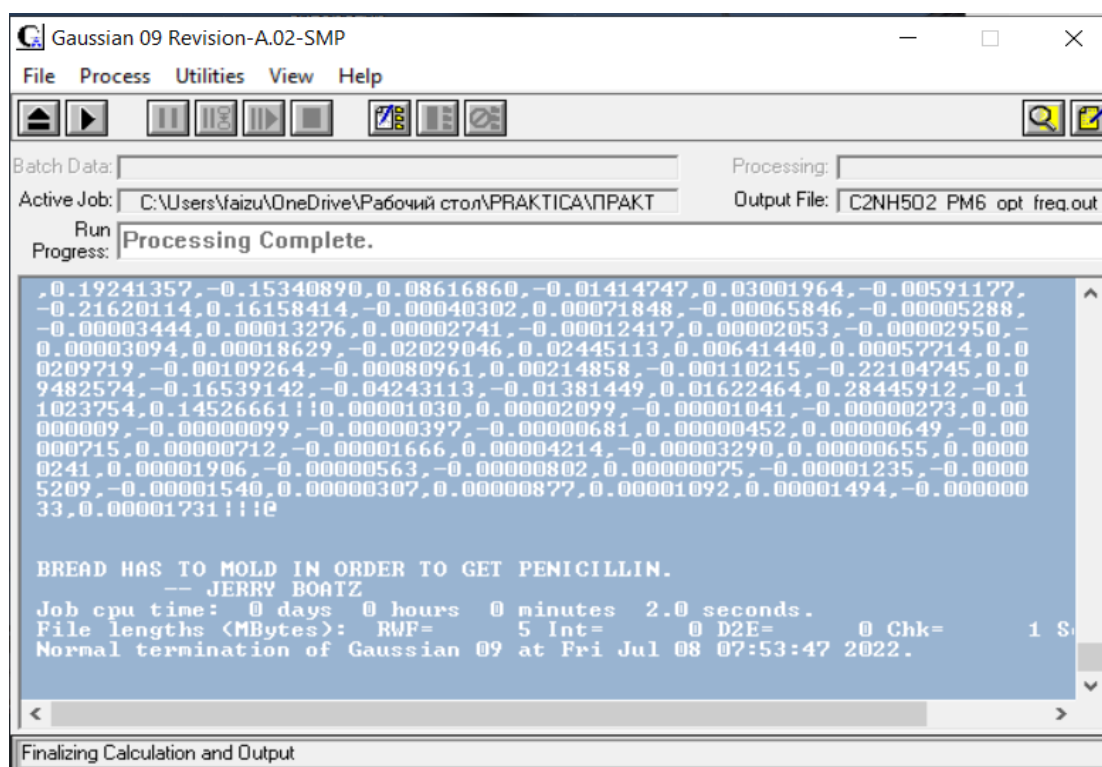


Рис. 8. Оптимизация завершена (Gaussian)

Zero-point correction=	0.077477 (Hartree/Particle)
Thermal correction to Energy=	0.083022
Thermal correction to Enthalpy=	0.083966
Thermal correction to Gibbs Free Energy=	0.047641
Sum of electronic and zero-point Energies=	0.043308
Sum of electronic and thermal Energies=	0.048853
Sum of electronic and thermal Enthalpies=	0.049798
Sum of electronic and thermal Free Energies=	0.013472

Рис. 9. Рассчитанная энтальпия молекулы нитроэтана ( $C_2H_5NO_2$ )

Также находим энтальпию и для остальных реагентов. Чтобы получить энтальпию реакции нам надо найти произведение всех энтальпий и числа 2625.5 и от полученной энтальпии реагентов вычесть энтальпию продуктов.

Хим. Элем.	Энтальпия	КДж/моль	Энтальпия реакции
NO2	-0.002012	-5,282506	
C2H5	0.084675	222,314213	-91,569564
C2H5NO2	0,049798	130,744649	
реакция экзотермическая			

Рис. 10. Результаты вычислений

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Р.В. Цышевский, Г.Г. Гарифзянова, Г.М. Храпковский. Квантово-химические расчеты механизмов химических реакций [Учебно-методическое пособие]: Казань Издательство КНИТУ 2012. 43 с.
2. ChemCraft [Электронный ресурс]: Информационный ресурс. - Режим доступа: <https://www.chemcraftprog.com/> (дата обращения: 28.06.2022)
3. ИЮПАК, Сборник химической терминологии 2-е изд. ("Золотая книга") (1997). Исправленная онлайн-версия: (2006-) "сложные эфиры".
4. Тутурин Н. Н.,. Этерификация // Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона : в 86 т. (82 т. и 4 доп.). — СПб., 1890—1907.
5. Джеймс Б. Форесман и Элин Фриш. Изучение химии с помощью методов электронных структур. Второе издание. 1996 год. Gaussian Inc., Питтсбург, стр. 302.
6. Этерификация [Электронный ресурс]: Wikipedia. - Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Этерификация> (дата обращения: 28.06.2022)
7. Артемов, А.В. Физическая химия: Учебник для студентов учреждений высшего профессионального образования / А.В. Артемов. - М.: ИЦ Академия, 2016. - 288 с.

А. В. ХОЛКИН

*Itonyhol1@gmail.com*

Науч. руковод. – ст. преп. Г. И. ГАПТУЛЛАЗЯНОВА

*Казанский национальный исследовательский технический университет  
им. А. Н. Туполева—КАИ*

## **ПРИМЕНЕНИЕ СРЕДСТВ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА ДВИЖЕНИЯ НА УЧАСТКЕ ДОРОГИ**

**Аннотация.** В работе приводится описание методики моделирования сложных систем в программной среде AnyLogic с использованием встроенной библиотеки дорожного движения, содержащую в себе такие элементы, как блоки генерации (Car Source), уничтожения (Car Dispose), перемещения (Car Move To), регулирование движения агентов (Car Enter, Car Exit, Traffic Light) и блок работы с дорожной сетью (Road Network Descriptor), необходимые для управления транспортом, также присутствуют инструменты для разметки пространства: дороги, перекрестки, стоп-линии и т.д. Функционал AnyLogic позволяет выводить структуры моделирующих систем в графическом виде. Приведены основные характеристики движения дорожного потока: его средняя скорость, время прохождения участка дороги и количество машин, проехавших указанный маршрут за единицу модельного времени. Построена модель существующего участка дорожной сети с пересечениями ул. Николая Ершова, Гвардейская и Патриса Лумумбы в городе Казань. Данный фрагмент дорожной сети является частью важной городской «артерии», связывающей Вахитовский и Советский районы, из-за чего там часто образуются заторы. Также реализована модель с предлагаемыми изменениями дорог. Проведены оптимизация фаз светофоров для обоих участков дорог средствами AnyLogic, а также анализ полученных данных и их сравнение. По результатам моделирования получены следующие результаты в сравнении с реально существующим участком дорожной сети: среднее время нахождения автомобиля снизилось на 28%, средняя скорость повысилась на 106%, а количество машин, проезжающих за час модельного времени, выросло на 14%. Данные положительные результаты говорят о том, что предлагаемые изменения являются оптимальными для решения поставленной проблемы.

**Ключевые слова:** имитационная модель; дорожная сеть; оптимизационный эксперимент; AnyLogic.

### ***Введение***

С каждым годом количество автомобилей растет. Это влечет за собой повышение нагрузки на дороги общего пользования, что приводит к возникновению заторов и пробок. Последнее отрицательно сказывается на времени, требуемом на пересечение определенного участка пути. Чтобы прогнозировать загруженность дорог применяются различные программы по имитационному моделированию [1-3], благодаря которым можно построить заданный участок дороги, проверить, при какой интенсивности дорожного движения не будут воз-

никать заторы, оптимизировать фазы светофоров для предотвращения возможных пробок, а также определить параметры движения транспортных средств (скорость и среднее время поездки).

Обработка результатов проводится по методике, описанной в статьях [4-8].

### ***Основная часть***

Плотная застройка городов, а также сформированные маршруты городского транспорта приводят к необходимости управления дорожными потоками в условиях ограниченности ресурсов. Для разработки имитационной модели был выбран участок дорожной сети на пересечении улиц Николая Ершова, Гвардейская и Патриса Лумумбы в городе Казань. Количество полос варьируется от двух до шести в разные направления. Для создания модели была использована программа AnyLogic Personal Learning Edition 8.7.4, включающая в себя обширную библиотеку для имитации дорожного движения [9].

AnyLogic – мощное современное программное обеспечение для имитационного моделирования, позволяющее реализовывать людей системы с помощью основных методов моделирования, либо их комбинации [10, 11]. Кроме подробной справки, программа отличается интуитивным понятным интерфейсом. Выбранный участок дороги представлен на рисунке 1.

Работа с имитационной моделью включает в себя следующие этапы [12]:

1. Определение статистических данных о движении автомобилей на выбранном участке.

К требуемым статистическим данным относится информация о интенсивности движения (количество автомобилей, проезжающих по дороге в течение определенного времени), а также средней скорости движения и среднее время прохождения участка дороги.





Рис. 1. Схема движения на выбранном участке дороги

Интенсивность движения была выбрана исходя из частичного наблюдения за количеством машин. При моделировании использовались максимальные значения для данного параметра, соответствующие часам пика интенсивности (таблица 1).

Таблица 1

Интенсивность движения

Направление движения (из рис.1)	1	2	3	4	5
Количество автомобилей в час	2000	1000	1500	1000	1000

## 2. Построение модели оригинальных перекрестков в AnyLogic.

Разберем состав и структуру разработанной модели. Корневым элементом иерархии является объект Main, включающий в себя все агенты, параметры, переменные, статистику, связи и соединители агентов. Кроме того, модель содержит объекты типа avto, ответственные за 3D-визуализацию машин и автобусов, а также включающие в себя параметры для вычисления некоторых статистических значений.

Для большей наглядности дорожная сеть расположена поверх спутникового снимка участка из сервиса Яндекс.

На рисунке 2(а) представлена созданная имитационная модель участка дороги и ее структурная схема, а также выделены проблемные участки: 1 – попутное направление движения по ул. Николая Ершова, 2 – движение по съезду с ул. Николая Ершова, 3 – небольшой участок ул. Гвардейская и 4 – встречное движение по ул. Николая Ершова.

Также во всех моделях используются блоки для сбора статистических данных (`statistics`, `avarageTime_data`, `avarageSpeed_data`) [13].

Блоки `carSource` генерируют агенты (автомобили) с заданной интенсивностью.

Блоки `selectOutput` распределяют агенты с заданной вероятностью между двумя выходами.

Блоки `carMoveTo` отвечают за передвижение автомобилей по указанной дороге, либо к указанной стоп линии.

Блоки `carDispose` служат для уничтожения агентов.

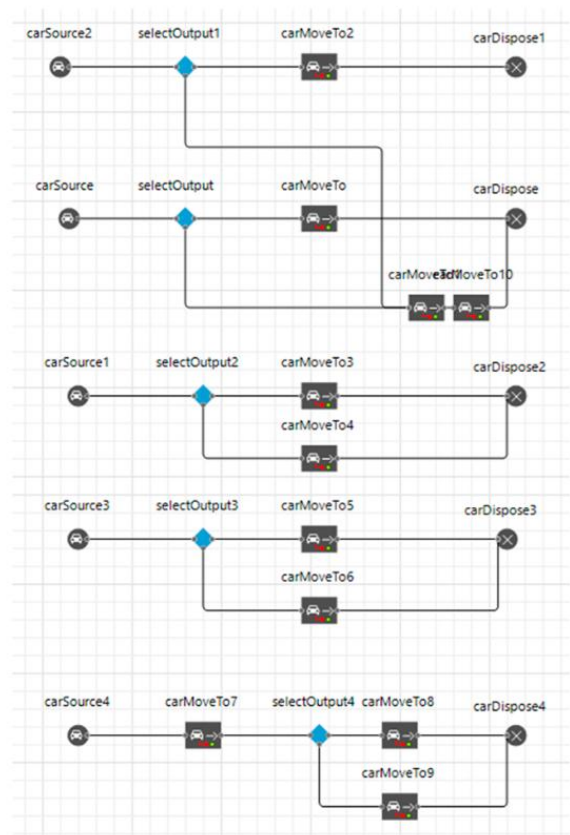
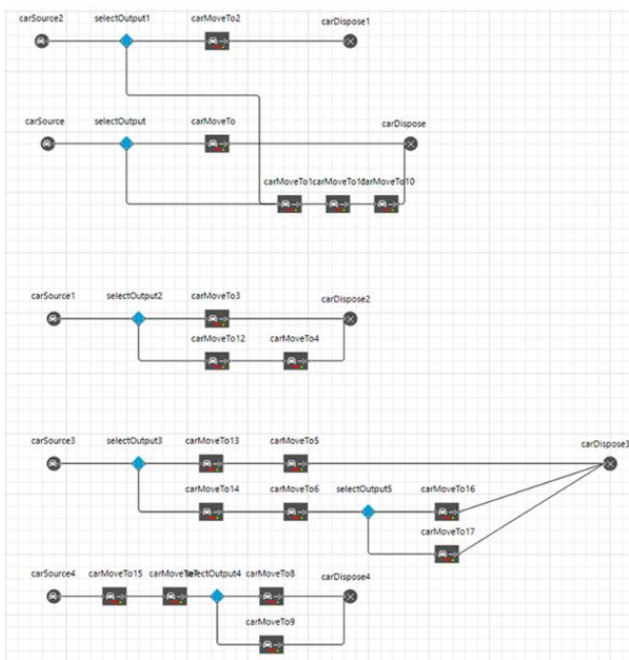
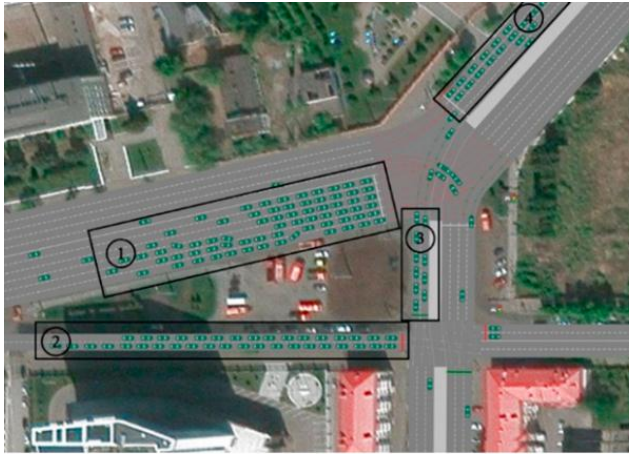
После добавления всех необходимых элементов модели, для каждого из них задаются свои параметры во вкладке «Свойства» в соответствии с условиями задачи.

Также стоит отметить, что на данном участке присутствуют трамвайные пути, но маршруты данного транспорта не пересекаются с траекториями движения машин при одной и той же фазе светофора, поэтому реализацию данного вида транспорта в данной модели можно опустить.

3. Внесение изменений в дорожную сеть для повышения эффективности участка – создание модели нового участка дорожной сети.

В силу ограниченности свободной области вокруг существующей дороги не представляется возможным разместить стандартную развязку без светофоров, поэтому предлагаются следующие изменения в дорожной сети: возведение однополосного моста над ул. Гвардейская с направлением движения на восток, а также двух съездов так, как показано на рисунке 2(б), кроме того, там представлена и структурная схема данной модели.

Заметим, что реализация подобной «развязки» возможна в реальной жизни, поскольку требует минимальных финансовых затрат на реализацию проекта, а также, в силу незначительных требуемых изменений на существующем пересечении дорог, легко реализуема.



a)

b)

Рис. 2. Имитационные модели исходного и предлагаемого участка дороги вместе с блок-схемой

4. Проведение оптимизационных экспериментов для определения наиболее благоприятных фаз для светофоров, определение значений оптимизируемых функций и сравнение их значений для реального и предлагаемого пересечения дорог.

Введем следующие переменные для обозначения фаз светофоров:

$r_1$  – первая фаза светофора (ул. Николая Ершова и ул. Гвардейская),

$r_2$  – вторая фаза светофора (ул. Николая Ершова и ул. Гвардейская),

$r_3$  – третья фаза светофора (ул. Николая Ершова и ул. Гвардейская),

$r_4$  – первая фаза светофора (ул. Патриса Лумумбы и ул. Гвардейская),

$r_5$  – вторая фаза светофора (ул. Патриса Лумумбы и ул. Гвардейская).

Между каждой фазой присутствует десятисекундная желтая фаза.

По завершении моделирования было проведено три оптимизационных эксперимента, которые заключались в последовательной выполнении 500 прогонов модели с различными значениями оптимизационных параметров ( $r_1$ ,  $r_2$ ,  $r_3$ ,  $r_4$  и  $r_5$ ) и нахождения тех значений, при которых достигаются оптимальные показатели для средней скорости на участке дороги, среднего времени прохождения участка дороги и количества машин, проходящих по участку дороги за определенный промежуток времени. Данные операции проводились с использованием встроенного функционала AnyLogic для оптимизации.

Во всех экспериментах тип параметров  $r_1$ - $r_5$  – дискретный с минимальным начальным значением равным 10, максимальным – 300 и шагом – 10.

В таблице 2 представлены результаты оптимизационных экспериментов в AnyLogic для исходного пересечения дорог, в таблице 3 – для предлагаемого участка дорожной сети. Серым цветом выделены наиболее оптимальные результаты.

Сравним полученные в результате оптимизации значения: среднее время нахождения автомобиля на данном участке дороги снизилось на 8%, средняя скорость повысилась на 61%, а количество машин, проезжающих за час модельного времени, выросло на 25%.

По информации Autotat.ru [14], средняя скорость автомобилей в Казани в дневное время составляет 24,9 км/ч. Следовательно, скорость после оптимизации на предложенном участке выше на 50%.

Таблица 2

Результаты оптимизационных экспериментов для исходного пересечения дорог

Данные оптимизации	p1	p2	p3	p4	p5	y	Данные за час модельного времени		
							Среднее время, с	Средняя скорость, км/ч	Кол-во машин, шт
Ср. время, с	198	108	134	14	254	24,84	163,12	22,96	2565
Ср. скорость, км/ч	178	19	177	13	228	51,406	157,01	23	2680
Кол-во машин, шт	300	10	10	10	10	100	101,11	24,6	3150

Таблица 3

Результаты оптимизационных экспериментов для предлагаемого пересечения дорог

Данные оптимизации	p1	p2	p3	y	Данные за час модельного времени		
					Среднее время, с	Средняя скорость, км/ч	Кол-во машин, шт
Ср. время, с	13	12	286	24,507	128,55	43,721	2959
Ср. скорость, км/ч	23	214	138	51,018	111,1	39,99	3797
Кол-во машин, шт	194	278	298	127	109,68	39,6	3958

На рисунке 3(а) представлены гистограммы процентного распределения среднего времени пребывания автомобиля на исходном дорожном участке, на 3(б) – средней скорости, на 3(а) – среднего времени на предлагаемом дорожном участке, на 3(б) – средней скорости на нем.

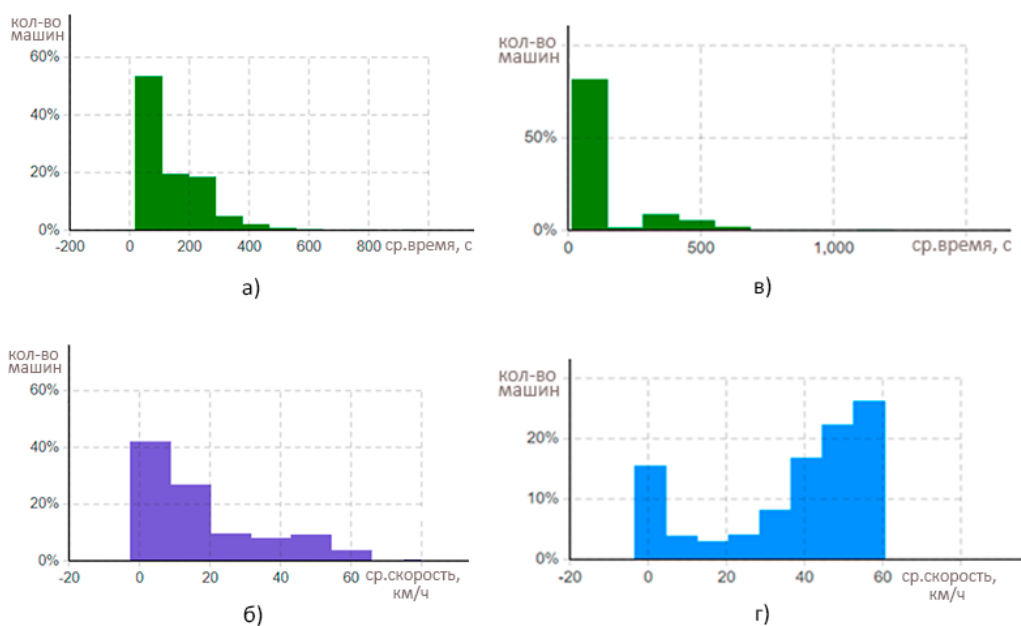


Рис. 3. а – среднее время прохождения исходного участка; б – скорость для автомобилей на исходном участке; г – среднее время прохождения предлагаемого участка; д – скорость для автомобилей на предлагаемого участке

### ***Заключение***

Управление дорожными потоками с помощью имитационного моделирования – это современное эффективное средство, дающее возможность без экспериментов на реальных дорогах, подобрать оптимальные параметры дорожно-транспортной сети.

В качестве доказательства были реализованы модели существующего и предлагаемого участка дороги. Проведены оптимизация фаз светофоров для обоих участков дорог средствами AnyLogic, а также анализ полученных данных и их сравнение.

По результатам моделирования получены следующие результаты в сравнении с реально существующим участком дорожной сети: среднее время нахождения автомобиля снизилось на 8%, средняя скорость повысилась на 61%, а количество машин, проезжающих за час модельного времени, выросло на 25%. Полученные результаты говорят о том, что предлагаемые изменения являются оптимальными для решения поставленной проблемы. В будущем данная модель может быть улучшена и расширена путем добавления других

участков дороги, что позволит более эффективно производить анализ проблемных участков.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мокшин В.В., Якимов И.М. Метод формирования модели анализа сложной системы / Информационные технологии, №5. – М.: Изд-во Новые технологии, 2011. – С. 46-51.
2. Вероятностные и имитационные подходы к оптимизации автодорожного движения / А. П. Буслаев, А. В. Новиков, В. М. Приходько, А. Г. Таташев, М. В. Яшина; под ред. чл.-корр. РАН В. М. Приходько. М.: Мир, 2003.
3. Акопов А. С. Имитационное моделирование: Учебник и практикум / А. С. Акопов. – 1-е изд. – Москва: М.: Издательство Юрайт, 2015. – 389 с. – (Бакалавр. Академический курс). – ISBN 9785991655491.
4. Каталевский Д. Основы имитационного моделирования и системного анализа в управлении: учеб. пособие. М.: ДЕЛЮ, 2015. 107 с.
5. Мокшин В.В., Кирпичников А.П., Шарнин Л.М. Отслеживание объектов в видео потоке по значимым признакам на основе фильтрации частиц // Вестник Казанского технологического университета. – Казань: КНИТУ, 2013. Т. 16. № 18. – С. 297-303.
6. Степанова М.А., Сытник А.С., Кирпичников А.П., Мокшин В.В. Оптимизация процесса ремонта грузоподъемных машин по математической модели // Вестник Казанского технологического университета. 2013. Т. 16. № 20. С. 309-314.
7. Мокшин В.В., Якимов И.М., Юльметьев Р.М., Мокшин А.В. Рекурсивно-регрессионная самоорганизация моделей анализа и контроля сложных систем // Нелинейный мир. М: 2009. №1. С. 48-63.
8. Введение в математическое моделирование транспортных потоков: учебное пособие для студентов вузов по направлению "Прикладные математика и физика" / [А. В. Гасников и др.]; под ред. А. В. Гасникова; М-во образования и науки Российской Федерации, Московский физико-технический ин-т (гос. ун-т). – Москва: МФТИ, 2010. – 360 с. – ISBN 9785741703342.
9. AnyLogic. Справочное руководство по библиотеке дорожного движения [Электронный ресурс] // URL: <https://help.anylogic.ru/index.jsp?nav=%2F0> (дата обращения: 18.06.2021).
10. Карпов Ю. Г. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic. – СПб: БХВПетербург, 2006. – 400 с.
11. Якимов И.М., Кирпичников А.П., Мокшин В.В. Моделирование сложных систем в имитационной среде ANYLOGIC // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17. № 13. С. 352-357.
12. Шамлицкий, Я. И. Моделирование транспортных потоков в среде AnyLogic / Я. И. Шамлицкий, А. С. Охота, С. Н. Мироненко // Программные продукты и системы. – 2018. – № 3. – С. 632-635.
13. Комов, А. А. Разработка имитационной модели регулируемого перекрестка / А. А. Комов // Техника и технологии строительства. – 2015. – № 1(1). – С. 78-84.
14. Средняя скорость в Казани // Autotat.ru. URL: [http://www.autotat.ru/road\\_chronics/?ID=13778](http://www.autotat.ru/road_chronics/?ID=13778) (дата обращения: 18.06.2021)

Н. В. ШАБАНОВ

*network.crazy.nc@gmail.com*

Науч. руковод. – канд. техн. наук Р. В. НАСЫРОВ

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **РАЗРАБОТКА ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИИ В ПОМЕЩЕНИИ С МАССОВЫМ ПРЕБЫВАНИЕМ ЛЮДЕЙ**

**Аннотация.** Объектом исследования является разработка имитационной модели вирусной инфекции в помещении с массовым прибыванием людей. В статье изучается применение средств агентного моделирования на основе программного пакета anylogic. Рассмотрены принципы имитационного и агентного моделирования. Разработана карта помещения, в котором распространяется вирусная инфекция. Разработана модель поведения людей на основе 4-х популяций агентов модели

**Ключевые слова:** агентное моделирование; имитационное моделирование; anylogic.

В 2020 году человечество поразила беспрецедентная вспышка вирусной инфекции, заразилась большая часть населения планеты. Подобные вспышки инфекционных болезней возникали на всем протяжении истории человечества, но в 2020 год показал, что человечество до сих пор не способно остановить распространение инфекции до того, как наступит пандемия.

Одними из способов решения данной проблемы является подготовка профилактических и организационных решений, для разработки которых необходимо использовать имитационную модель, действенность которой в данном вопросе обосновывается его универсальностью, высокой точностью прогнозирования и возможностью учета большого количества факторов.

Модель распространения вируса, предполагает, что заражение может происходить в результате прямого или косвенного контакта, а также при нахождении в непосредственной близости от заболевшего через выделения.

Предполагается также, что капли, через которые распространяется вирус, с размерами  $>5-10$  микрометров называются среднedisперсными. Передача вируса через среднedisперсные капли возможна при нахождении в непосредственной близости (в пределах 1 метра) от заболевшего, если у него имеются



респираторные симптомы (например, кашель или чихание); в этих условиях содержащий вирус среднedisперсные капли могут попасть в рот, нос или глаза человека, восприимчивого к заболеванию, и привести к развитию инфекции.

Наиболее подходящим методом для моделирования данного процесса является имитационное моделирование.

Имитационное моделирование представляет из себя процесс создания и анализа цифрового прототипа физической и других моделей, используемых для оценки производительности модели в реальном мире.

Имитационное моделирование, например, используется для того чтобы помочь проектировщикам и инженерам понять когда и в каких условиях и каким образом часть системы может выйти из строя и какую нагрузку может выдержать.

Остальные примеры:

- Моделирование сложных адаптивных систем.
- Эпидемиология.
- Бизнес.
- Экономика.
- Система управления организацией.

Наиболее подходящим для заданной задачи типом имитационного моделирования является агентное моделирование.

Агентное моделирование это вычислительная модель симулирующая действия и взаимодействие автономных агентов для понимания системы и поиска причины результатов ее работы.

Агентное моделирование отличается от других концепций имитационного моделирования тем, что цель агентного моделирования найти объяснение коллективному поведению агентов действующих по простым правилам в естественных системах.

Были построены: диаграмма Use case, описывающей последовательность событий, связанных с исполнителем, который для завершения требуемого про-

цесса использует создаваемую модель; диаграмма классов и диаграмма взаимодействия.

Для достижения эффективности реализации требуется продуманная структура создания программного продукта. Так как она должна выполнять ряд задач и обладать определенными функциональными и качественными свойствами, такими как:

- возможность ввода данных;
- выполнение требований специфики пользователя;

При помощи инструментов среды anylogic была создана карта здания, в качестве модели, которого был использован торговый центр с постоянным пребыванием людей, а так же области в этой карте, обозначающие места перемещений и скопления людей (рестораны, магазины и т.д.).

Для имитации потока людей были созданы четыре популяции агентов, обозначающих: здорового и вакцинированного агента, здорового и не вакцинированного агента, инфицированного агента с открытой формой вируса и инфицированного агента с закрытой формой вируса. Был при помощи языка Java написан алгоритм инфицирования агентов, т.е. смены распределения агентов по состоянию. С помощью инструментов anylogic была разработана модель поведения потока агентов. Данная система позволит исследовать варианты разделения потоков посетителей с минимальным взаимодействием больных и здоровых.

Данная модель может использоваться в области эпидемиологии, а именно прогнозирование числа заразившихся в конкретных помещениях, а также применение конкретных мер по профилактике в этих помещениях.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Муха В. С. Вычислительные методы и компьютерная алгебра: учеб.-метод. пособие. — 2-е изд., испр. и доп. — Минск: БГУИР, 2010.- 148 с.
2. Язык UML. Руководство пользователя. Гради Буч, Джеймс Рамбо, Ивар Якобсон, 2007.
3. А. В. Андриюшин, В. Р. Сабанин, Н. И. Смирнов. Управление и инноватика в теплоэнергетике. — М: МЭИ, 2011. — С. 57. — 392 с.
4. Герберт Шилдт. Java. Полное руководство, 10-е издание = Java. The Complete Reference, 10th Edition. — М.: «Диалектика», 2018. — 1488 с.

5. Кей С. Хорстманн. Java SE 9. Базовый курс = Core Java SE 9 for the Impatient. — М.: «Вильямс», 2018. — 576 с.
6. Кей С. Хорстманн. Java SE 8. Вводный курс = Java SE 8 for the Really Impatient. — М.: «Вильямс», 2014. — 208 с.
7. Механизмы передачи вируса SARS-CoV-2 и их значение для выбора мер профилактики. Режим доступа URL: [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/333114/WHO-2019-nCoV-Sci\\_Brief-Transmission\\_modes-2020.3-rus.pdf](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/333114/WHO-2019-nCoV-Sci_Brief-Transmission_modes-2020.3-rus.pdf) – (Дата обращения 06.05.2022 г.).
8. Квартани Т. Rational Rose 2000 и UML. Визуальное моделирование: пер. с англ. – М.: ДМК Пресс, 2001.
9. Брюс Эккель. Философия Java = Thinking in Java. — 4-е изд. — СПб.: Питер, 2018. — 1168 с.
10. Барри Берд. Java 9 для чайников = Java For Dummies, 7th edition. — М.: «Диалектика», 2018. — 624 с.
11. Сергиенко В.И. и соавт. Математическая статистика в клинических исследованиях. – М.: ГЭОТАРМЕД, 2001. – 255 с.
12. Колесов, Ю. Б. Объектно-ориентированное моделирование сложных динамических систем / Ю. Б. Колесов. – СПб.: СПбГПУ, 2004. – 250 с.
13. Алиев, Т. И. Основы моделирования дискретных систем : учеб, пособие / Т. И. Алиев. - СПб.: Изд-во СПбГУ ИТМО, 2009.
14. Боев, В. Д. Моделирование систем. Инструментальные средства GPSS World : учеб, пособие / В. Д. Боев — СПб.: БХВ-Петербург, 2004.
15. Борще в, А. В. Практическое агентное моделирование и его место в арсенале аналитика / А. В. Борщев // Конференция ИММОД-2005 «Имитационное моделирование. Теория и практика» : сб. докладов — СПб.: ФГУП ЦНИИТС, 2005.
16. Борщев, А. В. Имитационное моделирование: состояние области на 2015 год, тенденции и прогноз / А. В. Борщев // Седьмая всероссийская научно-практическая конференция «Имитационное моделирование. Теория и практика» : труды конференции, Т. 1. - М.: ИПУ РАН, 2015. - С. 14-22.
17. Девятков, В. В. Методология и технология имитационных исследований сложных систем: современное состояние и перспективы развития : монография / В. В. Девятков. — М.: Вузовский учебник, НИЦ ИНФРА-М, 2013.
18. Лоу, А., Кельтон, Д. Имитационное моделирование / А. Лоу, Д. Ксельтон. - СПб.: Питер, БХВ-Петербург, 2004.
19. Митраков, А. А. Основы проектирования системы агентного моделирования / А. А. Митраков. — Пермь : Изд-во ПГНИУ, 2013
20. Шеннон, Р. Имитационное моделирование — искусство и наука / Р. Шеннон. - М.: Мир, 1978.
21. Сайт компании-разработчика системы имитационного моделирования AnyLogic. Режим доступа URL: <http://www.anylogic.ru> – (Дата обращения 06.05.2022 г.).
22. Analyzing Emergency Evacuation Strategies for Mass Gatherings using Crowd Simulation and Analysis framework: Hajj Scenario. Режим доступа URL: <https://www.anylogic.ru/resources/articles/analyzing-emergency-evacuation-strategies-for-mass-gatherings-using-crowd-simulation/>– (Дата обращения 06.05.2022 г.).
23. О. И. Криворотько, С. И. Кабанихин Математические модели распространения COVID-19. Режим доступа URL: <https://arxiv.org/pdf/2112.05315.pdf>– (Дата обращения 06.05.2022 г.).
24. Основы моделирования систем А.Г. Куприяшкин, Норильский индустр. ин-т. – Норильск: НИИ, 2015 — 135 с.
25. COVID 19: The Good, the Bad and the Agent Based Model. Режим доступа URL: [https://www.anylogic.com/blog/covid-19-the-good-the-bad-and-the-agent-based-model/?\\_gl=1\\*r1v8ij\\*\\_ga\\*NjIwNDY2NzYyLjE2NTI0NTA5MDI.\\*\\_ga\\_3JP1WB1WB4\\*MTY1NjMyOTE2OS4yMS4xLjE2NTYzZmZAxNTMuNjA./](https://www.anylogic.com/blog/covid-19-the-good-the-bad-and-the-agent-based-model/?_gl=1*r1v8ij*_ga*NjIwNDY2NzYyLjE2NTI0NTA5MDI.*_ga_3JP1WB1WB4*MTY1NjMyOTE2OS4yMS4xLjE2NTYzZmZAxNTMuNjA./)– (Дата обращения 06.05.2022 г.).

**СЕКЦИЯ 5.10**  
**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ**  
**И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ МАТЕМАТИКА**

УДК 519.63

К. И. БАШИРОВА

*karina-bashirova@bk.ru*

Науч. руковод. – канд. физ.-мат. наук, доц. К. И. МИХАЙЛЕНКО

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ОСАЖДЕНИЯ ГРАНУЛИРОВАННОЙ СРЕДЫ**  
**В ЗАКРУЧЕННОМ ПОТОКЕ МЕТОДОМ MR-PC**

**Аннотация.** Для оценки применимости метода MR-PC проведены расчеты для частиц разных диаметров, осаждающихся в закручивающемся потоке на стенках цилиндрической трубы.

**Ключевые слова:** численное моделирование, осаждение частиц, OpenFOAM, MR-PC, denseParticleFoam, многофазные системы.

В работе рассматривается процесс осаждения сферических частиц с диаметрами 0.0001–0.00015 м. Для моделирования процессов использован метод MR-PC, реализующий подход Лагранжа для частиц и подход Эйлера для газовой фазы [1-5]. Для проверки результатов проводится исследование сходимости по сетке.

Стандартная модель MR-PC включает следующую систему уравнений для несущей фазы: неразрывности и импульсов [2]:

$$\frac{\partial \rho_{(1)}}{\partial t} + \frac{\partial (\rho_{(1)} v_{(1)i})}{\partial x_i} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial (\rho_{(1)} v_{(1)j})}{\partial t} + \frac{\partial (\rho_{(1)} v_{(1)j} v_{(1)i})}{\partial x_i} = -\alpha_{(1)} \frac{\partial p}{\partial x_j} + \frac{\partial (\tau_{(1)mji} + \tau_{(1)dji} + \tau_{(1)tji})}{\partial x_i} + \rho_{(1)} g_j - \frac{F_{(21)j}}{\rho_{(1)}} \quad (2)$$

Здесь  $\tau_{(1)mji}, \tau_{(1)dji}, \tau_{(1)tji}$  — тензоры вязкого напряжения и тензоры напряжений. Тензор вязкого напряжения  $\tau_{(1)mji}$  приведен в выражении (3):

$$\tau_{\mu ij} = 2\mu \overline{S_{ij}} \quad (3)$$

где  $\mu$  — вязкость газа. Тензоры напряжения приведены в уравнениях (4) и (5):

$$\tau_{dij} = \sum_{p=1}^n \alpha_p \rho_p u_{pmi} U_{pmj} \quad (4)$$

$$\tau_{tij} = \mu_{sgs} \left( \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \quad (5)$$

где  $\mu_{sgs} = \rho l_s^2 \sqrt{2 \overline{S_{ij}} \overline{S_{ij}}}$  — вязкость в масштабе сетки.

Для несомой гранулированной фазы было записано уравнение для  $f(x, v, \rho_{(2)}, t)$  — функции, определяющей распределение частиц:

$$\frac{\partial f}{\partial t} + \frac{\partial f v_{(2)i}}{\partial x_i} + \frac{\partial f A}{\partial v_{(2)i}} = 0 \quad (6)$$

Здесь  $p$  — давление;  $\rho_{(k)}$  — эффективная плотность газовой фазы, связанная с истинной плотностью  $\rho_{(k)0}$  соотношением  $\rho_{(k)} = \alpha_{(k)} \rho_{(k)0}$ ;  $\alpha_{(k)}$  — объемная концентрация  $k$ -й фазы, где  $k = 1$  для несущей фазы,  $k = 2$  для несомой дисперсной фазы;  $v_{(k)i}$  —  $i$ -я составляющая вектора скорости  $k$ -й фазы;  $g_i$  — компоненты вектора ускорения свободного падения,  $i = 1, 2, 3$ ,  $A$  — производная скорости частицы:

$$A = D(u_g - u_s) - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x_i} + g - \frac{1}{\alpha \rho_s} \frac{\partial \tau}{\partial x_i},$$

где  $D = C_d \frac{3}{8} \frac{\rho_g}{\rho_s} \frac{|u_g - u_s|}{R}$  — функция переноса,  $C_d$  — коэффициент переноса,

$\tau = P_s \frac{\alpha^\beta}{\max[\alpha_{cp} - \alpha, \omega(1 - \alpha)]}$  — изотропное напряжение. Концентрация частиц в зависимости от функции распределения представлена в выражении (7):

$$\alpha_{cp} = \iint f \frac{m}{\rho_s} dm du_p, \quad \alpha_{cp} + \alpha = 1 \quad (7)$$

Для замыкания системы используется уравнение для функции межфазной передачи импульса (8):

$$F = \iint f_m \left[ D(u_g - u_s) - \frac{1}{\rho_s} \nabla p \right] dm du_p \quad (8)$$

Для решения записанных систем уравнений используется солвер пакета OpenFOAM – denseParticleFoam.

В работе рассматривается модель цилиндрической трубы длиной 60 см и диаметром 10 см. На вход подается воздух под давлением  $1.1 \cdot 10^5$  Па. Начальное давление в трубе составляет  $10^5$  Па. Скорость частиц направлена под углом к оси трубы и составляет 15 м/с. В трубу добавляется 20000 частиц в секунду.

Частицы добавляются в трубу спустя 0.0015 с. Рассмотрено 5 диаметров частиц от 0.0001 до 0.00015 м. Начальное расположение частиц на входном отверстии задается случайным образом. На рисунке 1 представлена трехмерная сетка и пример размещения частиц в трубе. Приведенная сетка позволяет использовать указанные диаметры частиц исходя из условия, согласно которому размеры частиц должны быть значительно меньше каждой ячейки сетки.

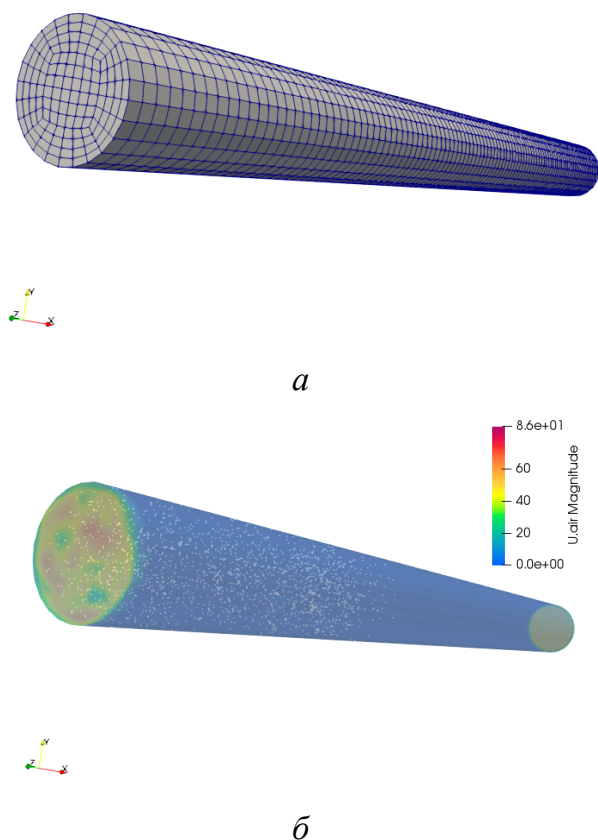


Рис. 1. а – двухмерная сетка; б – схема размещения частиц внутри трубы

Для оценки корректности полученных результатов проведено исследование зависимости результата от размеров ячеек. Показано, что увеличение числа ячеек не приводит к значительному изменению результатов.

Для оценки оседания частиц проведена серия расчетов в трубе с твердыми стенками (частицы упруго отскакивают) и в трубе со стенками, при соприкосновении с которыми частицы исчезают из трубы (симуляция оседания на стенках).

На рисунке 2 представлено распределение частиц за все время в зависимости от относительного расстояния вдоль трубы.

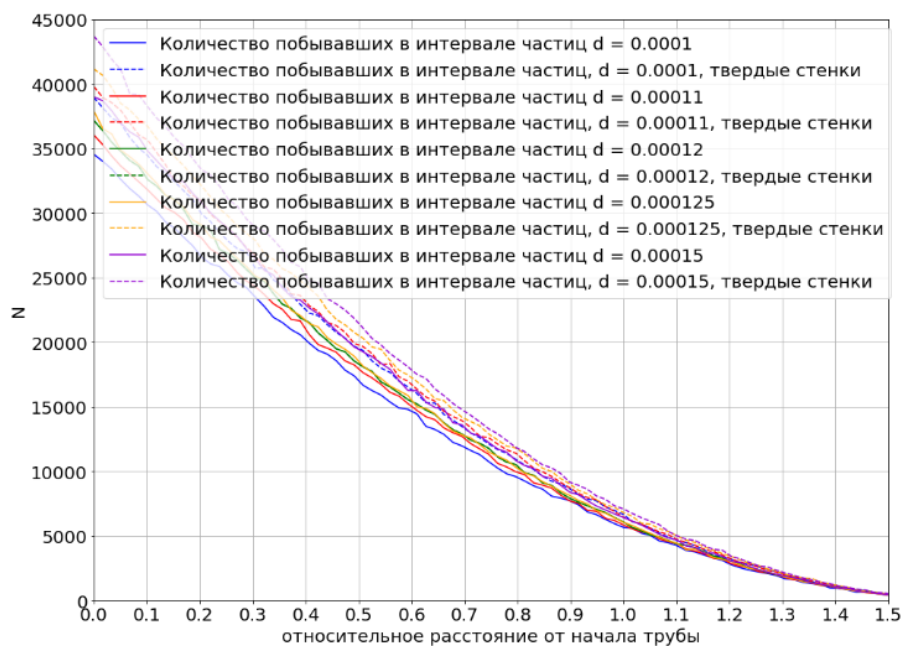


Рис. 2. Количество частиц в зависимости от расстояния вдоль трубы

По рисунку 2 видно, что количество частиц в трубе с твердыми стенками и в трубе с условием оседания на стенках различно на любом расстоянии вдоль трубы, что свидетельствует о том, что частицы достигают стенок в любой точке трубы. При этом часть изначального количества частиц достигает конца трубы и вылетает через выходное отверстие. Поскольку в каждом расчете серии добавляется одинаковое число частиц с одинаковой скоростью добавления, можно однозначно оценить различия между условиями поведения частиц на стенках.

Помимо сравнения частиц с разными условиями поведения на стенках, по рисунку 2 можно оценить влияние диаметра частицы на скорость осаждения. Поскольку рассматриваются частицы одинаковой плотности, различия в массе частиц определяются только разницей в диаметрах частиц. Таким образом, видно, что с увеличением размера увеличивается время осаждения на стенки трубы. Более тяжелые гранулы пролетают дальше вдоль трубы и меньше относятся завихряющимся потоком в сторону стенок.

Описанный эффект объясняется преобладанием изменяющейся силы инерции над влиянием силы Стокса за счет увеличения диаметра частиц.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Snider D.M. An Incompressible Three-Dimension Snider D.M. An Incompressible Three-Dimensional Multiphase Particle-in-Cell Model for Dense Particle Flows. // *Journal of Computational Physics*. — 2001. — № 170. — P. 523-549.
2. Wargadalam V. J., Andira M A., Putra C. A., Siswantara A. I., Gunadi G. G., Hariyotejo, Damis C., Aminuddin. Numerical Simulation of a Small-Scale Cyclone Separator using MP-PIC Method. // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2019, № 694. — P. 1–11.
3. Kim S. H., Lee J. H., Braatz R. D. Multi-phase particle-in-cell coupled with population balance equation (MP-PIC-PBE) method for multiscale computational fluid dynamics simulation. // *Computers and Chemical Engineering*. — 2020. — № 134. — P. 1–10.
4. Snider D.M., O'Rourke P.J., Andrews M.J. Sediment flow in inclined vessels calculated using a multiphase particle in-cell model for dense particle flows. // *International Journal of Multiphase Flow* 24. — 1998. — № 24. — P. 1359–1382.
5. O'Rourke P.J., Zhao.P., Snider D.M. A model for collisional exchange in gas/liquid/solid fluidized beds // *Chemical Engineering Science*. — 2009. — № 64. — P. 1784–1797.



И. И. ГАЛЛЯМИТДИНОВ

*ishmorat@mail.ru*

Науч. руковод. – канд. физ.-мат. наук, проф. О. К. БАБКОВ

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## ГРУППОВАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ НЕКОТОРЫХ ОБОБЩЕНИЙ УРАВНЕНИЯ ГАРРИ ДИМА

**Аннотация.** Объектами исследования являются уравнение Гарри Дима, а также, полученные путем введения произвольной функции, некоторые его обобщения:

$$u_t = E(u)u_{xxx}, \quad u_t = \frac{\partial}{\partial x}(E(u)u_{xx}), \quad u_t = E(u_x)u_{xxx}.$$

Цель работы – групповая классификация некоторых обобщений уравнения Гарри Дима.

Для каждого из трех видов обобщений построены определяющие уравнения допускаемой алгебры Ли. Найдена основная алгебра допустимых операторов и все возможные случаи ее расширения для каждого из предлагаемых уравнений.

Построена оптимальная система одномерных подалгебр для всех случаев одного из обобщений уравнения:  $u_t = E(u)u_{xxx}$ . Для каждой полученной одномерной алгебры найдены инварианты базисного оператора, по которым построены инвариантные уравнения, а также выведены возможные их решения.

**Ключевые слова:** уравнение Гарри Дима, групповая классификация, определяющие уравнения допускаемой алгебры Ли, допустимые операторы, оптимальная система одномерных подалгебр, инварианты, инвариантные уравнения.

### *Общая характеристика выпускной квалификационной работы*

Данная работа посвящена построению групповой классификации обобщений уравнения Гарри Дима. Для одного из рассмотренных обобщений уравнения находятся оптимальные системы одномерных подалгебр, находятся инвариантные уравнения и решения этих уравнений.

Актуальность дипломной работы. В данной дипломной работе рассматриваются три возможных обобщения уравнения Гарри Дима, полученные путем введения произвольной функции.

Уравнение Гарри Дима – это уравнение в частных производных, тесно связанное с уравнением Кортевега – Де Фриза, играющее важную роль в теории нелинейных волн, в основном гидродинамического происхождения.

ВКР состоит из введения, 3 разделов, заключения, списка литературы. ВКР изложена на 62 страницах, иллюстрирована 4 таблицами. Список литературы включает 6 работ.

### ***Характеристика содержания выпускной квалификационной работы***

В первом разделе рассматривается прямое обобщение уравнения Гарри Дима. Для него находится основная алгебра допустимых операторов, она трехмерна, а также все возможные ее расширения при специализации произвольной функции. Для каждой из найденных алгебр Ли допустимых операторов строится оптимальная система одномерных подалгебр, находятся инварианты полученных операторов, выводятся инвариантные уравнения и находятся их решения.

Во второй и третьей частях работы рассматриваются дальнейшие обобщения уравнения Гарри Дима – два уравнения, связанные преобразованием Бэклунда, для них находятся основные алгебры и все случаи их расширения.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Овсянников Л.В. Групповые свойства дифференциальных уравнений. Новосибирск, Издательство сибирского отделения АН СССР, 1962. 240 с.
2. Овсянников Л.В. Лекции по теории групповых свойств дифференциальных уравнений. Новосибирск, НГУ, 1966. 136 с.
3. Педрони М., Шиача В., Зубелли Х.П., Бигамильтонова теория уравнения Гарри Дима, ТМФ, 2002, том 133, номер 2, 311–326.
4. Дубровин Б.А., Кричевер И.М., Новиков С.П., Интегрируемые системы. I, Итоги науки и техн. Сер. Современ. пробл. мат. Фундам. направления, 1985, том 4, 179–277.
5. Ибрагимов Н.Х. Группы преобразований в математической физике. М., Наука, 1983. 280 с.
6. Головин С.В., Чесноков А.А. Групповой анализ дифференциальных уравнений / Новосиб. Гос. Университет, 2009. 119 с.

Б. А. ДЕНИСОВ

shepcom123@yandex.ru

Науч. руковод. – канд. физ.-мат наук, доц. А. А. АБДРАХМАНОВА

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗМЕРОВ ТРЕЩИНЫ ГРП

**Аннотация.** Объектом исследования является вертикальная трещина в двухслойном пласте. Цель работы – построить алгоритм определения параметров трещины в двухслойном пласте. С использованием решения задачи о собственных колебаниях трещины для линеаризованных уравнений методом разделения переменных и решение обратных задач, выведены формулы для определения параметров трещины. Описан алгоритм определения параметров трещины в двухслойном пласте.

**Ключевые слова:** трещина гидроразрыва пласта; гидроудар; собственные колебания трещины ГРП; геометрические параметры трещины; модуль Юнга; минимизация функционала, обратная задача.

Рассмотрим вертикальную трещину в двухслойном пласте. В верхнем пропластке высота трещины равна  $h_1$ , модуль Юнга  $E_1$ , а коэффициент Пуассона –  $\nu_1$ . В нижнем пропластке высота трещины равна  $h_2$ , модуль Юнга  $E_2$ , а коэффициент Пуассона –  $\nu_2$ .

Трещины будем считать независимыми и связанными только одним давлением, поскольку характерное время релаксации давления много меньше периода колебаний трещины. Используя решение для давления в монолитном пласте, для забойных давлений, с учетом утечек по пропласткам, в трещинах можем написать выражения для забойного давления в монотонном режиме

$$p_w(t) = \sigma_1 + b_1 w_{01} + e^{-a_{21}t} [A_{11} e^{\omega_{11}t} + B_{11} e^{-\omega_{11}t}] + A_{01} \exp(-k_1 t) \quad (1)$$

$$p_w(t) = \sigma_2 + b_2 w_{02} + e^{-a_{22}t} [A_{12} e^{\omega_{12}t} + B_{12} e^{-\omega_{12}t}] + A_{02} \exp(-k_2 t) \quad (2)$$

Для колебательного режима имеем

$$p_w(t) = \sigma_1 + b_1 w_{01} + e^{-a_{21}t} [A_{11} \cos(\omega_{11}t) + B_{11} \sin(\omega_{11}t)] + A_{01} \exp(-k_1 t) \quad (3)$$

$$p_w(t) = \sigma_2 + b_2 w_{02} + e^{-a_{22}t} [A_{12} \cos(\omega_{12}t) + B_{12} \sin(\omega_{12}t)] + A_{02} \exp(-k_2 t), \quad (4)$$

где  $\sigma_1, \sigma_2$  – минимальные горизонтальные напряжения в пропластках;  $b_1, b_2$  – жесткости трещин;  $w_{01}, w_{02}$  – средние ширины трещин;  $a_{21}, a_{22}$  – декременты за-

тухания в трещинах;  $\omega_{11}$ ,  $\omega_{12}$  – первые гармоники в трещинах. Последние слагаемые в (1)–(4) – это утечки в пропластках.

Сложение (1), (2) и (3), (4) дает следующие выражения для забойного давления. В монотонном режиме

$$p_w(t) = \sigma + (b_1 w_{01} + b_2 w_{02}) / 2 + e^{-a_{21}t} [A_{11} e^{\omega_{11}t} + B_{11} e^{-\omega_{11}t}] + A_{01} \exp(-k_1 t) + e^{-a_{22}t} [A_{12} e^{\omega_{12}t} + B_{12} e^{-\omega_{12}t}] + A_{02} \exp(-k_2 t) \quad (5)$$

Для колебательного режима

$$p_w(t) = \sigma + (b_1 w_{01} + b_2 w_{02}) / 2 + e^{-a_{21}t} [A_{11} \cos(\omega_{11}t) + B_{11} \sin(\omega_{11}t)] + A_{01} \exp(-k_1 t) + e^{-a_{22}t} [A_{12} \cos(\omega_{12}t) + B_{12} \sin(\omega_{12}t)] + A_{02} \exp(-k_2 t) \quad (6)$$

В (5) и (6) обозначено среднее минимальное горизонтальное напряжение

$$\sigma = \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2}, \quad (7)$$

а коэффициенты переобозначены.

Пусть  $n$  – число замеров забойного давления  $p_i = p_w(t_i)$ . Применим метод наименьших квадратов и построим функцию  $\Phi$  – сумму квадратов отклонений замеров забойного давления  $p_i$  от монотонного решения (5) в соответствующие моменты времени  $t_i$ ,  $i=1 \dots n$ :

$$\Phi = \sum_{i=1}^n \left( p_0 + e^{-a_{21}t} [A_{11} e^{\omega_{11}t} + B_{11} e^{-\omega_{11}t}] + A_{01} \exp(-k_1 t) + e^{-a_{22}t} [A_{12} e^{\omega_{12}t} + B_{12} e^{-\omega_{12}t}] + A_{02} \exp(-k_2 t) - p_i \right)^2 \quad (8)$$

Аналогично построим функцию  $\Phi$  для колебательного решения (6):

$$\Phi = \sum_{i=1}^n \left( p_0 + e^{-a_{21}t} [A_{11} \cos(\omega_{11}t) + B_{11} \sin(\omega_{11}t)] + A_{01} \exp(-k_1 t) + e^{-a_{22}t} [A_{12} \cos(\omega_{12}t) + B_{12} \sin(\omega_{12}t)] + A_{02} \exp(-k_2 t) - p_i \right)^2 \quad (9)$$

где введено обозначение

$$p_0 = \sigma + (b_1 w_{01} + b_2 w_{02}) / 2 \quad (10)$$

Таким образом, неизвестными величинами в выражениях (8) и (9) являются 13 констант:  $p_0$ ,  $a_{21}$ ,  $A_{11}$ ,  $B_{11}$ ,  $\omega_{11}$ ,  $A_{01}$ ,  $k_1$ ,  $a_{22}$ ,  $A_{12}$ ,  $B_{12}$ ,  $\omega_{12}$ ,  $A_{02}$ ,  $k_2$ .

В момент остановки насоса  $t=0$  для монотонного режима из (5) следует

$$p_w(0) = p_{ISIP} = p_0 + A_{11} + B_{11} + A_{01} + A_{12} + B_{12} + A_{02} \quad (11)$$

В момент остановки насоса  $t=0$  для колебательного режима из (6) следует

$$p_w(0) = p_{ISIP} = p_0 + A_{11} + A_{01} + A_{12} + A_{02} \quad (12)$$

После решения обратных задач (8) и (9) находятся все 13 коэффициентов  $p_0, a_{21}, A_{11}, B_{11}, \omega_{11}, A_{01}, k_1, a_{22}, A_{12}, B_{12}, \omega_{12}, A_{02}, k_2$ .

Далее находим декременты затухания

$$b_{01}=2a_{21}, \quad b_{02}=2a_{22}. \quad (13)$$

После этого находим стационарные средние ширины трещин

$$w_{01} = \sqrt{\frac{12\mu}{\rho b_{01}}}, \quad w_{02} = \sqrt{\frac{12\mu}{\rho b_{02}}} \quad (14)$$

Если заданы модули Юнга и коэффициенты Пуассона пропластков, то следующая замкнутая система уравнений служит для определения шести величин  $b_1, b_2, l_1, l_2, h_1, h_2$ :

$$b_1 = \frac{2E_1}{\pi(1-\nu_1^2)} \frac{1}{h_1}, \quad b_2 = \frac{2E_2}{\pi(1-\nu_2^2)} \frac{1}{h_2} \quad (15)$$

$$b_1 w_{01} + b_2 w_{02} = 2(p_0 - \sigma) \quad (16)$$

$$2w_{01} h_1 l_1 + 2w_{02} h_2 l_2 = \eta V_0 \quad (17)$$

$$l_1 = \pi \sqrt{\frac{b_1 w_{01}}{\rho} \frac{1}{4\omega_{11}^2 + b_{01}^2}}, \quad l_2 = \pi \sqrt{\frac{b_2 w_{02}}{\rho} \frac{1}{4\omega_{12}^2 + b_{02}^2}} \quad (18)$$

Введем обозначения:

$$\gamma_1 = \frac{2E_1}{\pi(1-\nu_1^2)}, \quad \gamma_2 = \frac{2E_2}{\pi(1-\nu_2^2)} \quad (19)$$

*Для колебательного режима*

$$\alpha_1 = \pi \sqrt{\frac{w_{01}}{\rho} \frac{1}{4\omega_{11}^2 + b_{01}^2}}, \quad \alpha_2 = \pi \sqrt{\frac{w_{02}}{\rho} \frac{1}{4\omega_{12}^2 + b_{02}^2}} \quad (20)$$

*Для монотонного режима*

$$\alpha_1 = \pi \sqrt{\frac{w_{01}}{\rho} \frac{1}{b_{01}^2 - 4\omega_{11}^2}}, \quad \alpha_2 = \pi \sqrt{\frac{w_{02}}{\rho} \frac{1}{b_{02}^2 - 4\omega_{12}^2}} \quad (21)$$

$$\beta_1^* = 2w_{01} \alpha_1^2 \gamma_1, \quad \beta_2^* = 2w_{02} \alpha_2^2 \gamma_2 \quad (22)$$

$$\gamma_1^* = w_{01} / \alpha_1^2, \quad \gamma_2^* = w_{02} / \alpha_2^2 \quad (23)$$

$$p_* = 2(p_0 - \sigma), \quad V_f^* = \frac{\eta V_0}{\beta_2^*}, \quad \beta^* = \frac{\beta_1^*}{\beta_2^*} \quad (24)$$

Кроме того введем обозначения

$$t_1 = 1/l_1, \quad t_2 = 1/l_2 \quad (25)$$

Тогда уравнения (15)–(18) запишутся в виде

$$b_1 = \frac{l_1^2}{\alpha_1^2}, \quad b_2 = \frac{l_2^2}{\alpha_2^2} \quad (26)$$

$$b_1 w_{01} + b_2 w_{02} = p_* \quad (27)$$

$$\beta_1^* / l_1 + \beta_2^* / l_2 = \eta V_0 \quad (28)$$

$$h_1 = \frac{\gamma_1 \alpha_1^2}{l_1^2}, \quad h_2 = \frac{\gamma_2 \alpha_2^2}{l_2^2} \quad (29)$$

Из уравнений (26)–(29) с учетом обозначений (25) находится уравнение четвертой степени для определения корня из высоты в первом пропластке

$$p_* \beta^{*2} t_1^4 - 2p_* \beta^* V_f^* t_1^3 + (p_* V_f^{*2} - \gamma_2^* - \gamma_1^* \beta^{*2}) t_1^2 + 2\gamma_1^* \beta^* V_f^* t_1 - \gamma_1^* V_f^{*2} = 0 \quad (30)$$

Теперь можем написать алгоритм для определения параметров трещины в двухслойном пласте после минимизации соответствующих квадратичных функционалов:

1. Находим декременты затухания  $b_{01}=2a_{21}$ ,  $b_{02}=2a_{22}$
2. Находим стационарные средние ширины трещин

$$w_{01} = \sqrt{\frac{12\mu}{\rho b_{01}}}, \quad w_{02} = \sqrt{\frac{12\mu}{\rho b_{02}}}$$

3. Решаем уравнение (30) при  $t_1 \in [0, 1]$
4. Находим  $t_2$  из уравнения (28):

$$t_2 = V_f^* - \beta^* t_1$$

5. Находим полудлины из (25):

$$l_1 = 1/t_1, \quad l_2 = 1/t_2 \quad \text{Если } t_2 < 0, \text{ то } l_2 = 0$$

6. Находим жесткости трещин из (26):

$$b_1 = \frac{l_1^2}{\alpha_1^2}, \quad b_2 = \frac{l_2^2}{\alpha_2^2}$$

где для монотонного режима течения имеем

$$\alpha_1 = \pi \sqrt{\frac{w_{01}}{\rho} \frac{1}{b_{01}^2 - 4\omega_{11}^2}}, \quad \alpha_2 = \pi \sqrt{\frac{w_{02}}{\rho} \frac{1}{b_{02}^2 - 4\omega_{12}^2}} \quad (31)$$

а для колебательного режима течения имеем

$$\alpha_1 = \pi \sqrt{\frac{w_{01}}{\rho} \frac{1}{4\omega_{11}^2 + b_{01}^2}}, \quad \alpha_2 = \pi \sqrt{\frac{w_{02}}{\rho} \frac{1}{4\omega_{12}^2 + b_{02}^2}} \quad (32)$$

7. Находим высоты трещин из (29):

$$h_1 = \frac{\gamma_1 \alpha_1^2}{l_1^2}, \quad h_2 = \frac{\gamma_2 \alpha_2^2}{l_2^2}. \quad \text{Если } t_2 < 0, \text{ то } h_2 = 0$$

где для монотонного режима течения имеем

$$\alpha_1 = \pi \sqrt{\frac{w_{01}}{\rho} \frac{1}{b_{01}^2 - 4\omega_{11}^2}}, \quad \alpha_2 = \pi \sqrt{\frac{w_{02}}{\rho} \frac{1}{b_{02}^2 - 4\omega_{12}^2}} \quad (33)$$

а для колебательного режима течения имеем

$$\alpha_1 = \pi \sqrt{\frac{w_{01}}{\rho} \frac{1}{4\omega_{11}^2 + b_{01}^2}}, \quad \alpha_2 = \pi \sqrt{\frac{w_{02}}{\rho} \frac{1}{4\omega_{12}^2 + b_{02}^2}} \quad (34)$$

8. Контроль  $P_{\text{isip}}$ , найденный вручную, проводится по формулам (11) или (12) для контроля вычисления коэффициентов квадратичных функционалов.

9. Контроль баланса объема по (17):

$$2w_{01}h_1l_1 + 2w_{02}h_2l_2 = \eta V_0 \quad (35)$$

Если  $t_2 < 0$ , то  $h_2 = 0$ ,  $l_2 = 0$

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Байков В.А., Булгакова Г.Т., Ильясов А.М., Кашапов Д.В. К оценке геометрических параметров трещины гидроразрыва пласта. // Изв. РАН. МЖГ. 2018. №5. С. 64-75.
2. Тихонов А.Н., Самарский А.А., Уравнения математической физики. М.:Наука, 1977.

УДК 51.72

А. А. ЗАРЯНОВ

artemzaryanov2013@yandex.ru

Науч. руковод. – канд. физ.- мат. наук А. А. КАСАТКИН

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## ФИЛЬТРАЦИЯ СЛАБОСТАЦИОНАРНЫХ СЛУЧАЙНЫХ ПОЛЕЙ

**Аннотация.** Решается задача фильтрации слабостационарных случайных полей с использованием спектральной теории

**Ключевые слова:** фильтрация, слабая стационарность, случайные поля, спектральная теория, стохастический интеграл

Пусть известны некоторые реализации случайных полей  $\xi(x, y)$ ,  $\eta(x, y)$ .

Необходимо найти:  $E(\eta(x, y)|\sigma(\xi))$  – оценку реализации  $\eta(x, y)$  по  $\xi$ ,  $\sigma(\cdot)$  - сигма - алгебра.

Для случайных полей  $\xi(x, y)$  и  $\eta(x, y)$  предполагается, что выполнены следующие условия:

- 1) Слабая стационарность, то есть  $E(\xi(x, y)) = const, cov(\xi) = K(r - s)$ ;
- 2) Эргодичность
- 3)  $\xi \in L_2(\dots)$ , то есть первые и вторые моменты конечны.

Первое условие позволяет применить спектральную теорему, второе - позволяет ограничиться лишь одной реализацией для анализа случайного поля, третье – позволяет применять вместо условного математического ожидания оператор проектирования, что упрощает построение оценки. В этом случае будет получена наилучшая линейная оценка. Теорема ниже позволяет в явном виде получить данную оценку через ковариационные функции случайных полей Теорема (наилучшая оптимальная оценка в классе  $L_2$ )

Пусть  $\eta(x, y)$  и  $\xi(x, y)$  – случайные поля и  $\eta(x, y) \in L_2$  и существуют спектральные плотности  $f_\xi, f_\eta \geq 0$  п.в, тогда оптимальная линейная оценка  $\hat{\eta}$  случайного поля  $\eta$  по значениям  $\xi$  в классе  $L_2$  есть



$$\hat{\eta}(x, y) = \int_{\mathbb{R}^2} e^{i(\lambda_1 x + \lambda_2 y)} f_{\xi, \eta}(\lambda_1, \lambda_2) f_{\xi}^{\oplus}(\lambda_1, \lambda_2) dZ_{\xi}(\lambda_1, \lambda_2)$$

где  $f_{\xi}^{\oplus}(\lambda_1, \lambda_2) = \begin{cases} 0, & \text{если } f_{\xi}(\lambda_1, \lambda_2) = 0 \\ \frac{1}{f_{\xi}(\lambda_1, \lambda_2)}, & \text{иначе} \end{cases}, f_{\xi, \eta}$

Доказательство:

В классе  $L_2$  оптимальная оценка  $\hat{\eta}$  реализации случайного поля  $\eta$  по известным значениям  $\eta_1, \dots, \eta_n$  и реализации  $\xi$  определяется как

$$\hat{\eta} = \hat{E}(\eta | H(\xi)),$$

где  $\hat{E}(\dots)$  - оператор проектирования.

Из свойств оператора проектирования [1] следует, что

$$\hat{\eta} \in H(\xi) \rightarrow \exists \hat{\varphi} \in H(F_{\xi}):$$

$$\hat{\eta}(x, y) = \int_{\mathbb{R}^2} \hat{\varphi}_{x, y}(\lambda_1, \lambda_2) dZ_{\xi}(\lambda_1, \lambda_2)$$

и

$$\hat{\eta}(x, y) - \eta \perp H(\xi) \rightarrow \hat{\eta}(x, y) - \eta \perp \xi(x', y')$$

Последнее свойство позволяет получить явный вид для функции  $\hat{\varphi}$  и, следовательно, получить оптимальную линейную оценку. В самом деле, из ортогональности

$$0 = E((\hat{\eta} - \eta) \overline{(\xi')}) = E(\overline{\hat{\eta}(\xi(x', y'))}) - E(\overline{\eta(\xi(x', y'))})$$

Далее обозначим

$$A = \hat{E}(\overline{\hat{\eta}(\xi(x', y'))}),$$

$$B = \hat{E}(\overline{\eta(\xi(x', y'))}).$$

Процессы  $\eta, \xi' = \xi(x', y')$  слабостационарные, следовательно, для них справедливы спектральные разложения [2]

$$\eta(x, y) = \int_{\mathbb{R}^2} e^{i(\lambda_1 x + \lambda_2 y)} dZ_{\eta}(\lambda_1, \lambda_2)$$

$$\xi(x', y') = \int_{\mathbb{R}^2} e^{i(\lambda_1 x' + \lambda_2 y')} dZ_{\xi}(\lambda_1, \lambda_2)$$

То есть

$$A = E \left( \left( \int_{\mathbb{R}^2} \hat{\varphi}_{x,y}(\lambda_1, \lambda_2) dZ_{\xi}(\lambda_1, \lambda_2) \right) \left( \int_{\mathbb{R}^2} e^{-i(\lambda_1 x' + \lambda_2 y')} dZ_{\xi}(\lambda_1, \lambda_2) \right) \right),$$

$$B = E \left( \left( \int_{\mathbb{R}^2} \hat{\varphi}_{x,y}(\lambda_1, \lambda_2) dZ_{\xi}(\lambda_1, \lambda_2) \right) \left( \int_{\mathbb{R}^2} e^{-i(\lambda_1 x' + \lambda_2 y')} dZ_{\xi}(\lambda_1, \lambda_2) \right) \right).$$

Используем изометрию стохастических интегралов[2]

$$A = \int_{\mathbb{R}^2} e^{-i(\lambda_1 x' + \lambda_2 y')} \hat{\varphi}_{x,y}(\lambda_1, \lambda_2) dF_{\xi}(\lambda_1, \lambda_2),$$

$$B = \int_{\mathbb{R}^2} e^{i(\lambda_1 x + \lambda_2 y)} e^{-i(\lambda_1 x' + \lambda_2 y')} dF_{\xi,\eta}(\lambda_1, \lambda_2).$$

Предположим, что существуют соответствующие спектральные мощности  $f_{\xi}, f_{\xi,\eta} > 0$  п.в, тогда

$$A = \int_{\mathbb{R}^2} e^{-i(\lambda_1 x' + \lambda_2 y')} \hat{\varphi}_{x,y}(\lambda_1, \lambda_2) f_{\xi} d\lambda_1 d\lambda_2$$

$$B = \int_{\mathbb{R}^2} e^{i(\lambda_1 x + \lambda_2 y)} e^{-i(\lambda_1 x' + \lambda_2 y')} f_{\xi,\eta} d\lambda_1 d\lambda_2$$

После подстановки в исходное выражение и приравнивая подынтегральную функцию нулю получаем

$$\hat{\varphi}_{x,y}(\lambda_1, \lambda_2) = e^{i(\lambda_1 x + \lambda_2 y)} f_{\xi,\eta}(\lambda_1, \lambda_2) f_{\xi}^{\oplus}(\lambda_1, \lambda_2)$$

$$\text{где } f_{\xi}^{\oplus}(\lambda_1, \lambda_2) = \begin{cases} 0, & \text{если } f_{\xi}(\lambda_1, \lambda_2) = 0 \\ \frac{1}{f_{\xi}(\lambda_1, \lambda_2)}, & \text{иначе} \end{cases}$$

По теореме Хинчина- Колмогорова спектральная плотность есть преобразование Фурье от автокорреляционной функции[3]

$$f_{\xi}(\lambda_1, \lambda_2) = \frac{1}{(2\pi)^2} \int_{\mathbb{R}^2} R_{\xi}(x, y) e^{-2\pi i(\lambda_1 x + \lambda_2 y)} dx dy$$

$$f_{\xi, \eta}(\lambda_1, \lambda_2) = \frac{1}{(2\pi)^2} \int_{\mathbb{R}^2} R_{\xi, \eta}(x, y) e^{-2\pi i(\lambda_1 x + \lambda_2 y)} dx dy$$

где  $R_{\xi, \eta}(x, y)$  – взаимная автокорреляционная функция, которая определяется как свертка  $R_{\xi}(x, y), R_{\eta}(x, y)$ [4]

$$R_{\xi, \eta}(x, y) = \int_{\mathbb{R}^2} R_{\xi}(x, y) R_{\eta}(x - v, y - u) dv du$$

Доказательство завершено.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ширяев А. Н. Вероятность: В 2-х кн. — 4-е изд., переработ. и доп. – М.:МЦНМО, 2007.
2. Булинский А. В., Ширяев А. Н. Теория случайных процессов. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. - 408 с. - ISBN 5-9221-0335-0.
3. А. М. Яглом, Введение в теорию стационарных случайных функций, УМН, 1952, том 7, выпуск 5(51), 3–168.
4. Рытов С.М. Введение в статистическую радиофизику. Часть 2. Случайные поля. М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1976. – 484 с.

Е. И. ЗОТОВА, Э. Р. ШАЙХИЕВ, М. И. МАКАРОВ  
 zot-kate83@yandex.ru, erik08082002@mail.ru, ufamax2@gmail.com  
 Науч. руковод. – канд. физ.-мат. наук, доц. Р.Д. МУРТАЗИНА

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКОЕ КОЛЬЦО ЛИ УРАВНЕНИЯ

$$u_y = u_x + f(u)$$

**Аннотация.** В работе определена функция  $f(u)$  при условии, что характеристическое кольцо Ли конечномерное размерности два, три и медленного роста размерности четыре при пяти введенных операторах для эволюционного уравнения  $u_y = u_x + f(u)$ .  
**Ключевые слова:** характеристическое кольцо, линейная оболочка, коммутатор, оператор дифференцирования.

Уравнение

$$u_y = u_x + f(u)$$

продифференцируем по  $x$

$$u_{xy} = u_{xx} + f'(u) \cdot u_x \quad (1)$$

На наборе независимых переменных

$$u, u_x, u_{xx}, u_{xxx}, \dots$$

определим операторы характеристического кольца Ли (см. [1])

$$\begin{aligned} X_1 &= \frac{\partial}{\partial u}, \\ X_2 &= (u_{xx} + f'(u) \cdot u_x) \frac{\partial}{\partial u_x} + D(u_{xx} + f'(u) \cdot u_x) \frac{\partial}{\partial u_{xx}} + \\ &+ D^2(u_{xx} + f'(u) \cdot u_x) \frac{\partial}{\partial u_{xxx}} + D^3(u_{xx} + f'(u) \cdot u_x) \frac{\partial}{\partial u_{xxxx}} + \dots = \\ &= (u_{xx} + 2uu_x) \frac{\partial}{\partial u_x} + \left( u_{xxx} + f''u_x^2 + f'u_{xx} \right) \frac{\partial}{\partial u_{xx}} + \\ &+ \left( u_{xxxx} + f'''u_x^3 + 3f''u_xu_{xx} + f'u_{xxx} \right) \frac{\partial}{\partial u_{xxx}} + \end{aligned}$$

$$+ \left( u_{xxxxx} + f^{IV} u_x^4 + 6f''' u_x^2 u_{xx} + 3f'' u_{xx}^2 + 4f'' u_x u_{xxx} + f' u_{xxxx} \right) \frac{\partial}{\partial u_{xxxx}} + \dots$$

Здесь  $D$  - оператор полного дифференцирования по  $x$ .

Тогда оператор  $\bar{D}$  полного дифференцирования по  $y$  примет вид

$$\bar{D} = u_y X_1 + X_2.$$

Так как  $[D, \bar{D}] = 0$ , то

$$\begin{aligned} 0 &= [D, u_y X_1 + X_2] = D(u_y) X_1 + u_y [D, X_1] + [D, X_2] = \\ &= (u_{xx} + f' u_x) X_1 + u_y [D, X_1] + [D, X_2]. \end{aligned}$$

Следовательно,

$$[D, X_1] = 0, [D, X_2] = -(u_{xx} + f' u_x) X_1.$$

Рассмотрим коммутатор операторов  $X_1$  и  $X_2$

$$\begin{aligned} X_3 = [X_1, X_2] &= f'' u_x \frac{\partial}{\partial u_x} + \left( f''' u_x^2 + f'' u_{xx} \right) \frac{\partial}{\partial u_{xx}} + \\ &+ \left( f^{IV} u_x^3 + 3f''' u_x u_{xx} + f'' u_{xxx} \right) \frac{\partial}{\partial u_{xxx}} + \dots \end{aligned}$$

Используя тождество Якоби вычислим следующее

$$\begin{aligned} [D, X_3] &= [D, [X_1, X_2]] = -[X_2, [D, X_1]] - [X_1, [X_2, D]] = \\ &= [X_1, -(u_{xx} + f' u_x) X_1] = -X_1 (u_{xx} + f' u_x) X_1 = -f'' u_x X_1. \end{aligned}$$

*Теорема 1.* Размерность характеристического кольца равна двум тогда и только тогда, когда функция  $f$  является линейной

$$f = c_1 u + c_2.$$

*Доказательство.* Допустим  $X_3 = \alpha X_2$ . Тогда

$$\begin{aligned} 0 &= [D, X_3 - \alpha X_2] = [D, X_3] - D(\alpha) X_2 - \alpha [D, X_2] = \\ &= -f'' u_x X_1 - D(\alpha) X_2 + \alpha (u_{xx} + f' u_x) X_1. \end{aligned}$$

Приравнивая коэффициенты при линейно независимых операторах  $X_1$ ,  $X_2$ , получим систему

$$\begin{cases} -f''u_x + \alpha(u_{xx} + f'u_x) = 0; \\ D(\alpha) = 0. \end{cases} \quad (2)$$

Из второго уравнения системы (1) следует, что  $\alpha = c$  - постоянная. Поэтому первое уравнение станет полиномом по переменным  $u_x$  и  $u_{xx}$

$$\begin{cases} -f'' + cf' = 0; \\ c = 0. \end{cases}$$

В итоге,  $f'' = 0$ .

Будем считать, что операторы  $X_1$ ,  $X_2$  и  $X_3$  линейно независимы. Теперь введем коммутаторы операторов  $X_1$  и  $X_2$ ,  $X_2$  и  $X_3$

$$\begin{aligned} X_4 = [X_1, X_3] &= f'''u_x \frac{\partial}{\partial u_x} + \left( f^{IV}u_x^2 + f''''u_{xx} \right) \frac{\partial}{\partial u_{xx}} + \\ &+ \left( f^V u_x^3 + 3f^{IV}u_x u_{xx} + f''''u_{xxx} \right) \frac{\partial}{\partial u_{xxx}} + \dots; \\ X_5 = [X_2, X_3] &= -f'''u_x^2 \frac{\partial}{\partial u_x} + \\ &+ \left( f''''u_{xx} - u_x^2 (f''^2 + f'f''') - f^{IV}u_x^3 + f'f''''u_x - 3f''''u_x u_{xx} \right) \frac{\partial}{\partial u_{xx}} + \\ &+ \left( u_x^3 (2f'f^{IV} - 2f''f''') - 3f^{IV}u_x^2 u_{xx} - f''''u_x u_{xxx} - \right. \\ &\left. - f^V u_x^4 + 3u_x u_{xx} (f'f'''' - f''^2) \right) \frac{\partial}{\partial u_{xxx}} + \dots \end{aligned}$$

Используя тождество Якоби получим

$$\begin{aligned} [D, X_4] &= [D, [X_1, X_3]] = -[X_3, [D, X_1]] - [X_1, [X_3, D]] = \\ &= [X_1, -f''u_x X_1] = -f''''u_x X_1, \\ [D, X_5] &= [D, [X_2, X_3]] = -[X_3, [D, X_2]] - [X_2, [X_3, D]] = \\ &= [X_3, (u_{xx} + f'u_x)X_1] + [X_2, -f''u_x X_1] = \left( f''''u_x^2 + f''u_{xx} \right) X_1 + \\ &+ f'f''u_x X_1 - (u_{xx} + f'u_x)X_4 - (u_{xx} + f'u_x)f''X_1 + f''u_x X_3 = \\ &= f''''u_x^2 X_1 + f''u_x X_3 - (u_{xx} + f'u_x)X_4. \end{aligned}$$

Проверим конечномерность кольца  $X_1$ ,  $X_2$  и  $X_3$ .

Пусть  $X_4 = \alpha_1 X_2 + \alpha_2 X_3$ ,  $X_5 = \beta_1 X_2 + \beta_2 X_3$ , тогда

$$\begin{aligned}
 0 &= [D, X_4 - \alpha_1 X_2 - \alpha_2 X_3] = [D, X_4] - D(\alpha_1)X_2 - \alpha_1[D, X_2] - \\
 &\quad - D(\alpha_2)X_3 - \alpha_2[D, X_3] = -f'''u_x X_1 - D(\alpha_1)X_2 + \\
 &\quad + \alpha_1(u_{xx} + f'u_x)X_1 - D(\alpha_2)X_3 + \alpha_2 f''u_x X_1; \\
 0 &= [D, X_5 - \beta_1 X_2 - \beta_2 X_3] = [D, X_5] - D(\beta_1)X_2 - \beta_1[D, X_2] - \\
 &\quad - D(\beta_2)X_3 - \beta_2[D, X_3] = f'''u_x^2 X_1 + f''u_x X_3 - (u_{xx} + f'u_x)X_4 - \\
 &\quad - D(\beta_1)X_2 + \beta_1(u_{xx} + f'u_x)X_1 - D(\beta_2)X_3 + \beta_2 f''u_x X_1 = \\
 &\quad = f'''u_x^2 X_1 + f''u_x X_3 - (u_{xx} + f'u_x)(\alpha_1 X_2 + \alpha_2 X_3) - \\
 &\quad - D(\beta_1)X_2 + \beta_1(u_{xx} + f'u_x)X_1 - D(\beta_2)X_3 + \beta_2 f''u_x X_1.
 \end{aligned}$$

Приравнявая коэффициенты при линейно независимых операторах  $X_1$ ,  $X_2$  и  $X_3$  получим систему уравнений вида

$$\left\{ \begin{array}{l} -f'''u_x + \alpha_1(u_{xx} + f'u_x) + \alpha_2 f''u_x = 0; \\ D(\alpha_1) = 0; \\ D(\alpha_2) = 0; \\ f'''u_x^2 + \beta_1(u_{xx} + f'u_x) + \beta_2 f''u_x = 0; \\ -\alpha_1(u_{xx} + f'u_x) - D(\beta_1) = 0; \\ f''u_x - \alpha_2(u_{xx} + f'u_x) - D(\beta_2) = 0. \end{array} \right. \quad (3)$$

Из второго и третьего уравнений системы (3) получаем, что  $\alpha_1 = c_1$  и  $\alpha_2 = c_2$  являются постоянными. Первое уравнение разложим как полином по переменным  $u_x$  и  $u_{xx}$

$$\left\{ \begin{array}{l} -f''' + c_1 f' + c_2 f'' = 0; \\ c_1 = 0. \end{array} \right.$$

Из двух последних уравнений системы (3) видно, что  $\beta_1 = \beta_1(u, u_x)$  и  $\beta_2 = \beta_2(u, u_x)$ . Третье, четвертое и пятое уравнения разложим как полиномы по переменной  $u_{xx}$

$$\begin{cases} f'''u_x + \beta_1 f' + \beta_2 f'' = 0; \\ \beta_1 = 0; \end{cases} \quad (4)$$

$$\begin{cases} -c_1 f' - \beta_1 u = 0; \\ -c_1 - \beta_1 u_x = 0; \end{cases} \quad (5)$$

$$\begin{cases} f'' - c_2 f' - \beta_2 u = 0; \\ -c_2 - \beta_2 u_x = 0. \end{cases} \quad (6)$$

Из системы уравнений (6) выразим

$$\beta_2 = f' - c_2 f - c_2 u_x + c_3.$$

Согласно (4)  $\beta_1 = 0$ . Подставив в (5) найдем  $c_1 = 0$ . Теперь первое уравнение (4) перепишем так

$$f'''u_x + (f' - c_2 f - c_2 u_x + c_3)f'' = 0.$$

Последнее уравнение разложим как полином по переменной  $u_x$

$$\begin{cases} f''' - c_2 f'' = 0; \\ (f' - c_2 f + c_3)f'' = 0. \end{cases}$$

Так как  $f'' \neq 0$  (в противном случае, размерность равна двум), то

$$\begin{cases} f''' - c_2 f'' = 0; \\ f' - c_2 f + c_3 = 0. \end{cases} \quad (7)$$

Первое уравнение системы (7) удовлетворяет второму уравнению. Второе уравнение, используя подстановку Бернулли  $f = U \cdot V$ , представим так

$$U'V + U(V' - c_2 V) + c_3 = 0$$

или в виде системы двух уравнений

$$\begin{cases} V' - c_2 V = 0; \\ U'V + c_3 = 0. \end{cases} \quad (8)$$

Из первого уравнения (8) с разделяющимися переменными найдем функцию  $V = e^{c_2 u}$  и подставим во второе уравнение

$$U' e^{c_2 u} + c_3 = 0$$

или



$$dU = -c_3 e^{-c_2 u} du.$$

Если  $c_2 = 0$ , то  $U = -c_3 u + c_4$ ,  $V = 1$  и  $f = -c_3 u + c_4$ . В этом случае размерность кольца равна двум (Теорема 1).

Если  $c_2 \neq 0$ , то  $U = \frac{c_3}{c_2} e^{-c_2 u} + c_4$  и

$$f = \left( \frac{c_3}{c_2} e^{-c_2 u} + c_4 \right) \cdot e^{c_2 u} = \frac{c_3}{c_2} + c_4 e^{c_2 u}.$$

Справедливо следующее утверждение.

*Теорема 2.* Размерность конечномерного характеристического кольца равна трем тогда и только тогда, когда функция  $f$  имеет вид

$$f = \frac{c_3}{c_2} + c_4 e^{c_2 u}, \quad (9)$$

где константы  $c_2 \neq 0$ ,  $c_4 \neq 0$ ,  $c_3$  - произвольная.

Операторы  $X_4$  и  $X_5$  определяются так

$$X_4 = c_2 X_2, \quad X_5 = -c_2 u_x X_3.$$

Далее рассмотрим характеристические кольца медленного роста длиной 1.

Пусть  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$  и  $X_5$  линейно независимы, а

$$X_4 = \alpha_1 X_2 + \alpha_2 X_3 + \alpha_3 X_5$$

Последнее коммутируем с оператором полного дифференцирования по переменной  $x$

$$\begin{aligned} 0 &= [D, X_4 - \alpha_1 X_2 - \alpha_2 X_3 - \alpha_3 X_5] = [D, X_4] - D(\alpha_1) X_2 - \alpha_1 [D, X_2] - \\ &\quad - D(\alpha_2) X_3 - \alpha_2 [D, X_3] - D(\alpha_3) X_5 - \alpha_3 [D, X_5] = -f''' u_x X_1 - \\ &\quad - D(\alpha_1) X_2 + \alpha_1 (u_{xx} + f' u_x) X_1 - D(\alpha_2) X_3 + \alpha_2 f'' u_x X_1 - \\ &\quad - D(\alpha_3) X_5 - \alpha_3 f''' u_x^2 X_1 - \alpha_3 f'' u_x X_3 + \alpha_3 (u_{xx} + f' u_x) X_4 = \\ &= \left( -f''' u_x + \alpha_1 (u_{xx} + f' u_x) + \alpha_2 f'' u_x - \alpha_3 f''' u_x^2 \right) X_1 + \\ &\quad + \left( -D(\alpha_1) + \alpha_1 \alpha_3 (u_{xx} + f' u_x) \right) X_2 + \end{aligned}$$

$$+(-D(\alpha_2) - \alpha_3 f'' u_x + \alpha_2 \alpha_3 (u_{xx} + f' u_x)) X_3 + \\ + \left( -D(\alpha_3) + \alpha_3^2 (u_{xx} + f' u_x) \right) X_5$$

Приравнявая коэффициенты при линейно независимых операторах  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$  и  $X_5$  получим систему уравнений вида

$$\begin{cases} -f''' u_x + \alpha_1 (u_{xx} + f' u_x) + \alpha_2 f'' u_x - \alpha_3 f''' u_x^2 = 0; \\ -D(\alpha_1) + \alpha_1 \alpha_3 (u_{xx} + f' u_x) = 0; \\ -D(\alpha_2) - \alpha_3 f'' u_x + \alpha_2 \alpha_3 (u_{xx} + f' u_x) = 0; \\ -D(\alpha_3) + \alpha_3^2 (u_{xx} + f' u_x) = 0. \end{cases} \quad (10)$$

Если  $\alpha_3 \neq 0$ , то четвертое уравнение системы (10) запишем так

$$-D\left(\frac{1}{\alpha_3}\right) = u_{xx} + f' u_x.$$

Разложив по переменным  $u_x$  и  $u_{xx}$  имеем

$$-\left(\frac{1}{\alpha_3}\right)_{u_x} = 1, \quad -\left(\frac{1}{\alpha_3}\right)_u = f'.$$

Следовательно

$$\alpha_3 = \frac{1}{-u_x - f + c_2}.$$

Второго уравнение (10) умножим на  $\alpha_3$ , четвертое уравнение (10) умножим на  $\alpha_1$  и вычтем одного из другого

$$-D(\alpha_1) \alpha_3 + D(\alpha_3) \alpha_1 = 0$$

или

$$D\left(\frac{\alpha_1}{\alpha_3}\right) = 0.$$

Отсюда следует, что отношение  $\frac{\alpha_1}{\alpha_3} = c_1$  является произвольной постоянной.

Значит

$$\alpha_1 = c_1 \alpha_3 = \frac{c_1}{-u_x - f + c_2}.$$

Третье уравнение (10) умножим на  $\alpha_3$ , четвертое уравнение (10) умножим на  $\alpha_2$  и вычтем одного из другого

$$-D(\alpha_2)\alpha_3 - \alpha_3^2 f'' u_x + D(\alpha_3)\alpha_2 = 0$$

или

$$D\left(\frac{\alpha_2}{\alpha_3}\right) = -f'' u_x.$$

Тогда выразим  $\frac{\alpha_2}{\alpha_3} = -f' + c_3$ , где  $c_3$  является произвольной постоянной.

Значит

$$\alpha_2 = (-f' + c_3)\alpha_3 = \frac{-f' + c_3}{-u_x - f + c_2}.$$

Выражения для  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  и  $\alpha_3$  подставим в первое уравнение (10)

$$\begin{aligned} & -f''' u_x + \frac{c_1}{-u_x - f + c_2} (u_{xx} + f' u_x) + \\ & + \frac{-f' + c_3}{-u_x - f + c_2} f'' u_x - \frac{1}{-u_x - f + c_2} f''' u_x^2 = 0. \end{aligned}$$

Последнее разложим как полином по переменной  $u_{xx}$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{c_1}{-u_x - f + c_2} = 0; \\ -f''' u_x + \frac{-f' + c_3}{-u_x - f + c_2} f'' u_x - \frac{1}{-u_x - f + c_2} f''' u_x^2 = 0. \end{array} \right. \quad (11)$$

Из первого уравнения (11) видно, что  $c_1 = 0$ . Второе уравнение приведем к общему знаменателю и учтем, что дробь обращается в ноль когда числитель равен нулю

$$-f''' u_x (-u_x - f + c_2) + (-f' + c_3) f'' u_x - f''' u_x^2 = 0.$$

Сократим подобные слагаемые

$$-f''' u_x (-f + c_2) + (-f' + c_3) f'' u_x = 0$$

или

$$-f''''(-f+c_2)+(-f'+c_3)f''=0.$$

Если  $\alpha_3 = 0$ , то перепишем систему (10)

$$\begin{cases} -f''''u_x + \alpha_1(u_{xx} + f'u_x) + \alpha_2 f''u_x = 0; \\ -D(\alpha_1) = 0; \\ -D(\alpha_2) = 0. \end{cases} \quad (12)$$

Тогда  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  являются произвольными постоянными. Первое уравнение (12) разложим как полином по переменной  $u_{xx}$

$$\begin{cases} \alpha_1 = 0; \\ -f'''' + \alpha_1 f' + \alpha_2 f'' = 0. \end{cases} \quad (13)$$

Второе уравнение (13)

$$-f'''' + \alpha_2 f'' = 0$$

при  $\alpha_2 \neq 0$  заменой  $f'' = z$  приведем к виду

$$-z' + \alpha_2 z = 0. \quad (14)$$

Общее решение (14)

$$z = \bar{c} e^{\alpha_2 u}, \quad \bar{c} - \text{постоянная}$$

проинтегрируем дважды

$$f' = \frac{\bar{c}}{\alpha_2} e^{\alpha_2 u} + c_3, \quad f = \frac{\bar{c}}{\alpha_2^2} e^{\alpha_2 u} + c_3 u + c_4.$$

Если  $\alpha_2 = 0$ , то из второго уравнения (13) следует, что  $f'''' = 0$ .

Пусть  $X_1, X_2, X_3$  и  $X_4$  линейно независимы, а

$$X_5 = \beta_1 X_2 + \beta_2 X_3 + \beta_3 X_4$$

Последнее коммутируем с оператором полного дифференцирования по переменной  $x$

$$\begin{aligned} 0 &= [D, X_5 - \beta_1 X_2 - \beta_2 X_3 - \beta_3 X_4] = [D, X_5] - D(\beta_1)X_2 - \beta_1[D, X_2] - \\ &\quad - D(\beta_2)X_3 - \beta_2[D, X_3] - D(\beta_3)X_4 - \beta_3[D, X_4] = f''''u_x^2 X_1 + \\ &\quad + f''u_x X_3 - (u_{xx} + f'u_x)X_4 - D(\beta_1)X_2 + \beta_1(u_{xx} + f'u_x)X_1 - \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& -D(\beta_2)X_3 + \beta_2 f'' u_x X_1 - D(\beta_3)X_4 + \beta_3 f'' u_x X_1 = \\
& = \left( f''' u_x^2 + \beta_1(u_{xx} + f' u_x) + \beta_2 f'' u_x + \beta_3 f'' u_x \right) X_1 + \\
& - D(\beta_1)X_2 + (f'' u_x - D(\beta_2))X_3 - (u_{xx} + f' u_x + D(\beta_3))X_4.
\end{aligned}$$

Приравнивая коэффициенты при линейно независимых операторах  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$  и  $X_4$  получим систему уравнений вида

$$\begin{cases}
f''' u_x^2 + \beta_1(u_{xx} + f' u_x) + \beta_2 f'' u_x + \beta_3 f'' u_x = 0; \\
-D(\beta_1) = 0; \\
f'' u_x - D(\beta_2) = 0; \\
u_{xx} + f' u_x + D(\beta_3) = 0.
\end{cases} \quad (15)$$

Из второго уравнения (15) видно, что  $\beta_1 = c_1$  является постоянной. Из третьего уравнения выражаем  $\beta_2 = f' + c_2$ . Из четвертого уравнения выражаем  $\beta_3 = -f - u_x + c_3$ . Подстановка в первое уравнение (15) дает

$$f''' u_x^2 + c_1(u_{xx} + f' u_x) + (f' + c_2) f'' u_x + (-f - u_x + c_3) f'' u_x = 0$$

Разложим как полином по  $u_{xx}$ ,  $u_x^2$  и  $u_x$

$$\begin{cases}
c_1 = 0; \\
f''' - f'' = 0; \\
(f' + c_2) f'' + (-f + c_3) f'' = 0.
\end{cases}$$

Так как  $f'' \neq 0$ , то  $f' + c_2 - f + c_3 = 0$  или  $f' = f + c$ . Тогда  $f = -c + c_4 e^u$ .

Но при этом размерность характеристического кольца равна трем (Теорема 2).

**Теорема 3.** Размерность линейного пространства  $\langle X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 \rangle$  равна четырем. Тогда выполняется одно из следующих условий

$$1) X_4 = \frac{-f' + c_3}{-u_x - f + c_2} X_3 + \frac{1}{-u_x - f + c_2} X_5,$$

функция  $f$  удовлетворяет уравнению

$$-f'''(-f + c_2) + (-f' + c_3) f'' = 0, \quad (16)$$

где  $c_2, c_3$  - произвольные постоянные;

$$2) X_4 = c_2 X_3,$$

функция  $f$  такая

$$f = \frac{\bar{c}}{\alpha_2} e^{\alpha_2 u} + c_3 u + c_4, \quad (17)$$

где константы  $\alpha_2 \neq 0$ ,  $\bar{c} \neq 0$ ,  $c_3 \neq 0$ ,  $c_4$ ;

$$1) X_4 = 0,$$

функция  $f$  такая

$$f = c_1 u^2 + c_2 u + c_3, \quad (18)$$

где константы  $c_1 \neq 0$ ,  $c_2$ ,  $c_3$ .

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жибер А.В., Муртазина Р.Д., Хабибуллин И.Т., Шабат А.Б. Характеристические кольца Ли и нелинейные интегрируемые уравнения. Ижевск: ИКИ. 2012.
2. Жибер А.В., Муртазина Р.Д., Хабибуллин И.Т., Шабат А.Б. Характеристические кольца Ли и интегрируемые модели математической физики // УМЖ. Уфа: ИМВЦ УНЦ РАН. Т.4, № 3. 2012. С. 17-85.
3. Жибер А.В., Муртазина Р.Д. Характеристические кольца Ли для уравнения  $u_{xy} = f(u, u_x)$  // ФПН. Гамильтоновы и лагранжевы системы. Алгебры Ли. Т. 12, № 7. 2006. С. 65-78.
4. Муртазина Р.Д. Нелинейные гиперболические уравнения с характеристическим кольцом размерности 3 // УМЖ. Уфа: ИМВЦ УНЦ РАН. Т. 3, № 4. 2011. С. 116-121.

УДК 656.021.8

Р. Р. КОДО

*codorol22@gmail.com*

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. М. Т. ХАТМУЛЛИНА

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **МОДЕЛИРОВАНИЯ РИКОШЕТА КАМНЯ ПО ПОВЕРХНОСТИ ВОДЫ**

**Аннотация.** В работе представлена упрощенная модель круглого камня, брошенного и соприкасающегося с поверхностью воды, реакция которой вызывает отскок или рикошет камня. Моделирование движения камня в воздухе и воде проведено в математической среде MAPLE, получены траектории движения камня в воздухе и воде, определен оптимальный угол броска, показана зависимость сопротивления воздуха на камень.

**Ключевые слова:** камень, траектория, лобовое сопротивление, число Рейнольдса

Каждый из нас хотя бы раз пробовал себя в бросании камней по водной глади на берегу реки или, по крайней мере, когда-либо был свидетелем этого. Интуитивно выбранные камни имеют тенденцию иметь круглую форму и довольно плоскую. Затем камень бросают немного вниз к поверхности воды, и кончиками пальцев ему сообщают вращающийся спин, чтобы он стабилизировался во время полета. При небольшой технике и удаче при броске камень мог иногда не сразу погружаться, а выполнять несколько подскоков, прежде чем в конечном итоге утонуть.

Цель данной работы состоит в том, чтобы проиллюстрировать с помощью законов физики траекторию, описываемую камнем, и смоделировать ее с различными углами и скоростями броска.

Движение камня состоит из двух частей – полет камня в воздухе и в воде. Рассмотрим движение камня в воздухе. На камень действуют сила тяжести и сила трения о воздух, модуль которой пропорционален квадрату скорости:

$$\vec{f} = -kV^2 \frac{\vec{v}}{v}.$$

Рассмотрим коллизионный процесс - взаимодействие камня с водой (Рис.1). При контакте с водой реакция поверхности воды дополняет баланс сил. Что касается этой последней силы, сложность моделирования заключается в

том, что она возникает из-за потока вокруг камня при контакте камень с водой. В нашем случае мы будем считать, что поток воды достаточно медленный, и если мы обозначим  $V$  – скорость камня порядка нескольких метров в секунду,  $L_c$  – характерный размер камня и  $\nu$  – скорость потока воды, то число Рейнольдса

[**Ошибка! Источник ссылки не найден.**]  $Re = \frac{VL_c}{\nu}$  намного больше единицы,

и тогда можно пренебречь вязкими силами. В этом режиме сила  $\vec{F}$  воздействия воды пропорционально квадрату скорости, погруженной поверхности движущегося камня и плотности жидкости. Ее можно разложить в соответствии с направлением камня и перпендикулярно ему:  $\vec{F} = \frac{1}{2}C_l\rho_w V^2 S_{im} \vec{n} + \frac{1}{2}C_f\rho_w V^2 S_{im} \vec{t}$ , где  $C_l$  и  $C_f$  являются коэффициентами лобового сопротивления и подъема соответственно,  $\rho_w$  плотность воды,  $V$  модуль скорости камня,  $S_{im}$  погруженная поверхность камня.

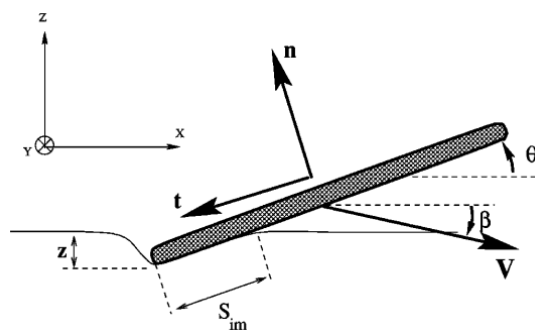


Рис. 1.

Проекции на декартовы оси этих различных сил принимают следующий вид:

$$\vec{f} = \begin{cases} f_x = -f \cos(\theta) \\ f_y = \begin{cases} -f \sin(\theta), Vy > 0 \\ f \sin(\theta), Vy < 0 \end{cases} \end{cases} = \begin{cases} f_x = kV^2 \cos(\theta) \\ f_y = \begin{cases} kV^2 \sin(\theta), Vy > 0 \\ -kV^2 \sin(\theta), Vy < 0 \end{cases} \end{cases},$$

$$\vec{P} = \begin{cases} P_x = 0 \\ P_y = -P = -mg \end{cases},$$



$$\vec{F} = \begin{cases} F_x = -\frac{1}{2} C_l \rho_w V^2 S_{im} \sin(\theta + \beta) (C_l \sin \theta + C_f \cos \theta) \\ F_y = \frac{1}{2} C_l \rho_w V^2 S_{im} \sin(\theta + \beta) (C_l \cos \theta - C_f \sin \theta) \end{cases}.$$

где  $\beta = \arctan\left(-\frac{V_y}{V_x}\right)$ .

Запишем 2-й закон Ньютона для камня в проекциях на декартовы оси:

$$\begin{cases} ma_x = kV^2 \cos(\theta) \\ ma_y = -mg + \begin{cases} kV^2 \sin(\theta), Vy > 0 & \text{в воздухе} \\ -kV^2 \sin(\theta), Vy < 0 \end{cases} \end{cases}$$

$$\text{и} \begin{cases} ma_x = -\frac{1}{2} C_l \rho_w V^2 S_{im} \sin(\theta + \beta) (C_l \sin \theta + C_f \cos \theta) \\ ma_y = -mg + \frac{1}{2} C_l \rho_w V^2 S_{im} \sin(\theta + \beta) (C_l \cos \theta - C_f \sin \theta) \end{cases} \quad \text{на поверхности воды.}$$

Полученная система уравнений не имеет аналитического решения. Решение системы произведено в математической среде MAPLE с помощью метода решения дифференциальных уравнений rkf45 который основан на метод решения Рунге-Кутта-Фельберга [2.]. Предполагаем, что камень имеет круглую форму радиусом  $R$ . Тогда поверхность, погруженная в контакт с водой:

$$S_{im} = R^2 \left( \arccos\left(1 - \frac{|y(t)|}{R \sin(\theta)}\right) - \left(1 - \frac{|y(t)|}{R \sin(\theta)}\right) \sqrt{1 - \left(1 - \frac{|y(t)|}{R \sin(\theta)}\right)^2} \right)$$

Система уравнений была решена со следующими параметрами:

$$g = 9.81 N / Kg$$

$$R = 0.025 m$$

$$\rho_w = 1 g / cm^3$$

$$C_l = 0.999$$

$$C_f = 0.499$$

$$\theta = 15^\circ$$

$$m = 0.1 kg$$

$$V_0 = 15 m / s$$

$$k = 0.001 N / m$$

Получим траекторию движения камня, представленную на рис.2:

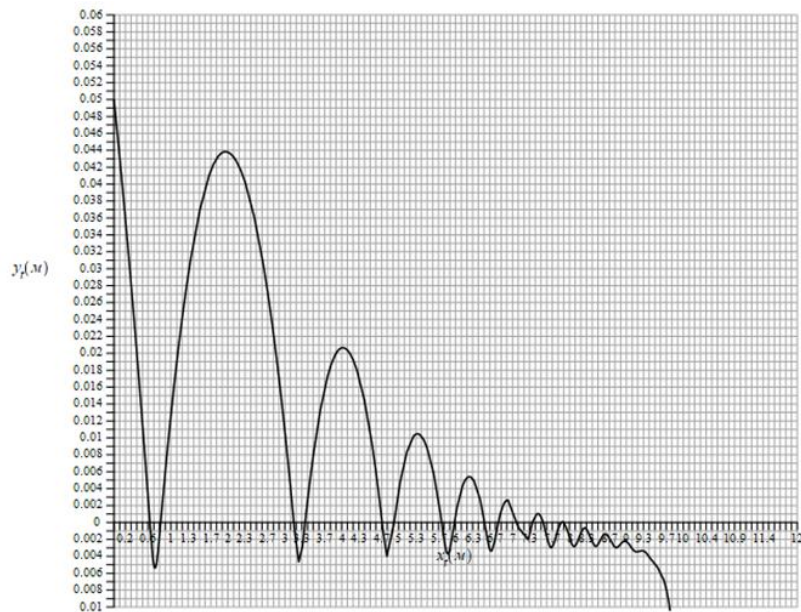


Рис. 2. Траектория камня

Параллельно, изменение модуля скорости в зависимости от времени имеет вид (Рис.3):

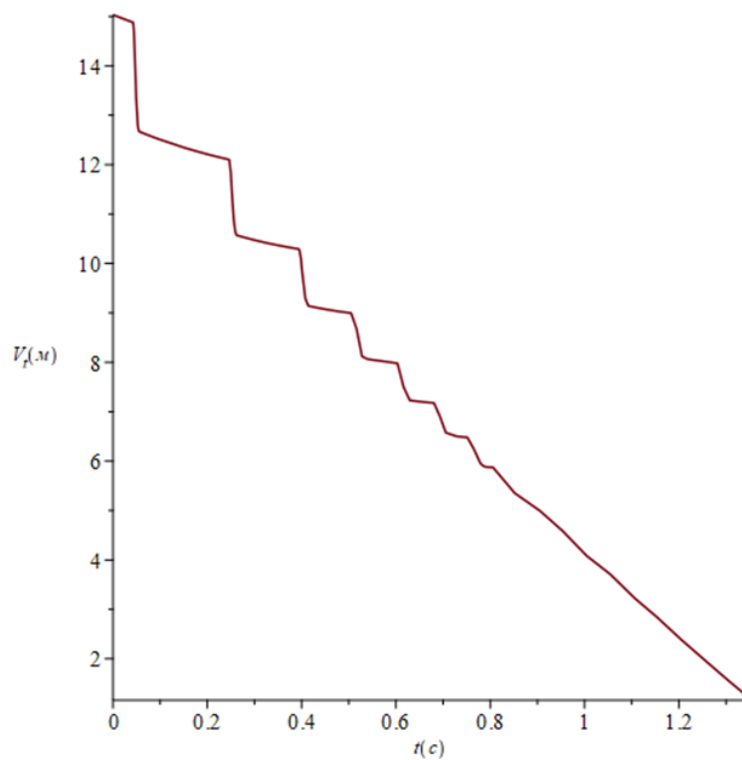


Рис. 3. Изменение скорости камня от времени

Наблюдаются отскоки, в результате чего скорость камня каждый раз постепенно уменьшается. Другими словами, кинетическая энергия уменьшается после каждого отскока.

При начальной скорости  $V_0 = 20 \text{ m/s}$  броска, проекции и разных угла броска Рис. 4:

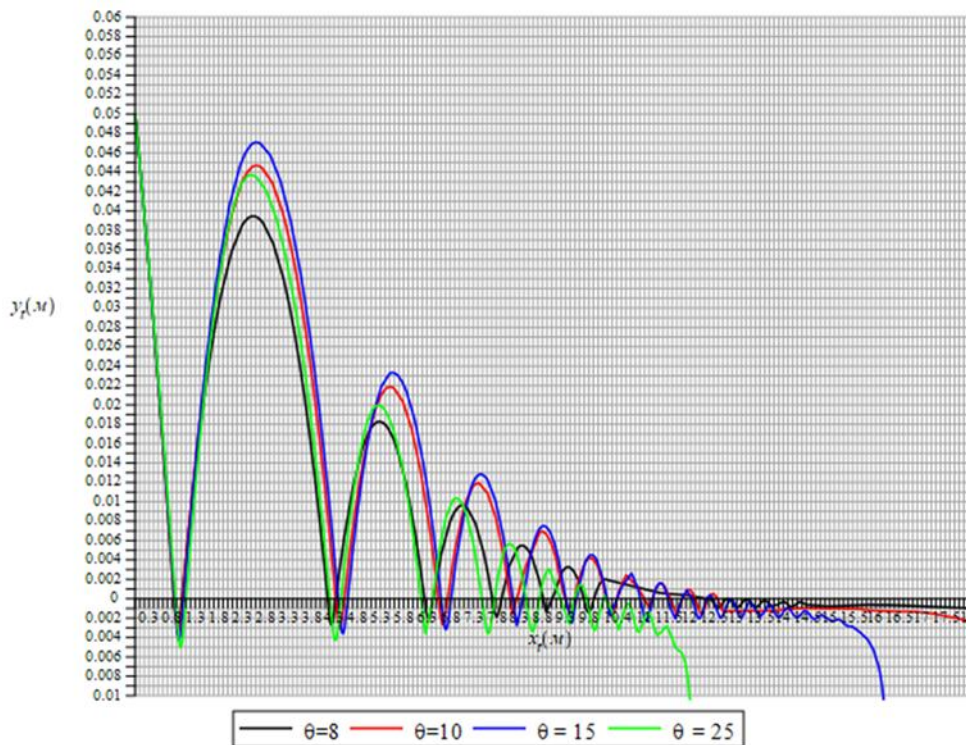


Рис. 4. Траектории при разных углах

Оценим количество отскоков от угла наклона

Таблица 1

Количество отскоков от угла наклона

$\theta$ (в градусах)	$N_{\max}$	$\theta$ (в градусах)	$N_{\max}$
7	5	22	8
8	5	23	8
9	7	24	8
10	7	25	6
11	7	26	6
12	7	27	6
13	7	28	6
14	7	29	5
15	8	30	5
16	8	31	5
17	8	32	5
18	8	33	5
19	8	34	4
20	8	35	4

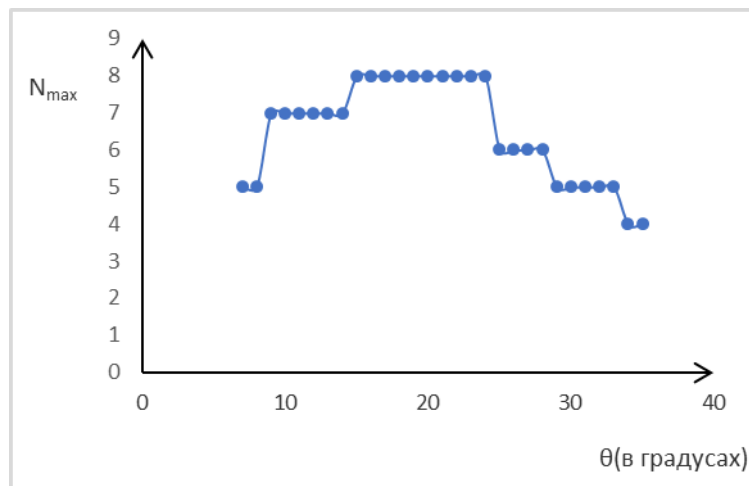


Рис. 5.  $N_{\max}$  в зависимости от  $\theta$

Из графика на Рис.5 видно что существует более благоприятный диапазон углов броска  $\sim [15^\circ, 25^\circ]$ .

Оценим глубину погружения в зависимости от угла броска и сравним с глубиной погружения, которая была получена аналитически в статье [3.] после некоторых упрощений по формуле:

$$|y_{\max}| = \frac{g}{\omega_0^2} \left[ 1 + \sqrt{1 + \left( \frac{\omega_0 V_{y0}}{g} \right)^2} \right]$$

Таблица 2

$\theta$ (в градусах)	$Z_{\max}$ (м)	$Z_{\max}$ теоретически (м)
7	0.00353	0.00554
8	0.0037	0.00594
9	0.00385	0.00632
10	0.00399	0.00668
11	0.00411	0.00702
12	0.00423	0.0073528
13	0.00434	0.0076688
14	0.00444	0.0079735
15	0.00453	0.0082677
16	0.00462	0.0085526
17	0.0047	0.0088290
18	0.00478	0.0090970
19	0.00486	0.0093580
20	0.00493	0.0096115
21	0.00509	0.0098585
22	0.0052	0.010099
23	0.00531	0.010334

$\theta$ (в градусах)	$Z_{\max}$ (м)	$Z_{\max}$ теоретически(м)
24	0.00541	0.010563
25	0.00551	0.010787
26	0.00561	0.011006
27	0.00571	0.011219
28	0.0057	0.011428
29	0.00584	0.011632
30	0.00599	0.011832

Отметим, что глубина погружения больше при теоретическом решении.

### ***Заключение***

Численное решение задачи оказывается более точным, оно точнее отражает явление, которое мы наблюдаем в реальности. Количество рикошетов увеличивается с увеличением скорости, сообщаемой в начале, и существует более благоприятный диапазон углов броска. Дальнейшее исследование может заключаться в анализе того, в каких мерах момент вращения, сообщаемый камню (спин), повлияет на результаты эксперимента

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Charles F. Babbs, Theoretical Limits of Stone Skipping, 11-30-2017
2. Find numerical solution of ordinary differential equations [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://fr.maplesoft.com/support/help/maple/view.aspx?path=dsolve%2frkf45>
3. Lydéric Bocquet, «The physics of stone skipping», American Association of Physics Teachers, 16-09-2002. –р.150–151

УДК 51.74

А. Е. КРИВОНОГОВА  
*programmer.adm@gmail.com*

Науч. руковод. – канд. физ.-мат. наук, доц. А. А. КАСАТКИН

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ С ПОМОЩЬЮ SVD РАЗЛОЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ РАЗЛОЖЕНИЯ ПО ДИНАМИЧЕСКИМ МОДАМ**

**Аннотация.** В данной статье представлен алгоритм прогнозирования состояния системы с помощью SVD разложения на основе разложения по динамическим модам

**Ключевые слова:** прогнозирование состояния системы, разложение по динамическим модам, SVD-разложение, сингулярные числа

Метод динамического разложения мод (DMD) представляет собой метод для анализа нелинейных, переходных явлений в различных системах без использования информации о системе уравнений, только на основе данных об эволюции численного решения. DMD является дискретным численным методом, который может приближенно аппроксимировать идеальные моды Купмана [1]. Метод тесно связан с методом главных компонент (principal components analysis – PCA), но динамическое поле потока разлагается в моды, упорядоченные по своим темпам роста, а не по ортогональным модам, упорядоченным по их содержанию энергии [2]. Требования к пространственным и временным разрешениям могут быть смягчены, чтобы масштабировать на экспериментальные данные без необходимости интерполяции.

Существует много вариантов DMD, которые связаны с существующими методами идентификации систем и выделения мод. DMD стал особенно популярен в последние годы в значительной степени благодаря простой численной реализации и тесным связям с нелинейными динамическими системами.

Актуальность работы заключается в том, что на текущий момент существует большое количество задач прогнозирования состояния динамических систем, но зачастую данные системы не описаны математически. Это становится возможным благодаря реализации алгоритма разложения по динамическим

модам поскольку он основан не на знании описывающих уравнений, а только на данных измерений. При этом главное достоинство работы обусловлено реализацией прогнозирования на основе DMD (dynamic mode decomposition – разложение по динамическим модам) на несколько шагов вперед, применением алгоритма на реальных данных задачи гидродинамики и исследованием влияния параметров алгоритма и количества исходных данных на результат прогнозирования.

Алгоритм DMD может использоваться при решении следующих задач:

1. Предсказание будущего состояния. Во многих случаях мы хотим знать будущее состояние системы, частично или полностью зная историю состояний.

2. Оценка и управление. Часто имеется возможность активно управлять динамической системой с помощью использования результатов измерений системы для подачи сигналов на приводы и тем самым изменять ее поведение. В таком случае требуется оценить полное состояние системы по ограниченному набору измерений.

Метод DMD применяется в следующих сферах:

Гидрогазодинамика. DMD было первоначально предложено в контексте задач гидрогазодинамики [4] и с тех пор применялось к самым разным геометриям потока (струйное течение, кавитационное обтекание, вихревой след, течение в канале, пограничные слои и т.д.), для изучения микширования в акустике, процессов горения и других явлений. В оригинальных статьях Шмида [3, 4] рассматривались кавитационное обтекание и струйное течение. DMD также применялось к изучению течений в спутной струе, в т.ч. захвата частоты [5], вихря за щитком Герни [6], вихря при обтекании цилиндра [7] и динамического срыва потока [8]. В акустике DMD использовалось для изучения акустики ближнего и дальнего полей, которая приводит к неустойчивости, наблюдаемой в сдвиговых течениях [9]. DMD использовалось также для анализа аномальных механизмов роста в термоакустических взаимодействиях в трубке Рийке. Имеются сравнения DMD и POD при изучении реагирующих потоков [10]. Изуча-

лось также взаимодействие со скачком уплотнения в турбулентном пограничном слое (shock turbulent boundary layer interaction – STBLI), и DMD использовалось для идентификации пульсирующей области срыва потока, сопровождающей движение ударной волны [11]. Есть пример применения DMD к изучению самовозбуждающихся колебаний в детонационных волнах [12].

Эпидемиология. Недавно DMD было применено к исследованию эпидемиологических систем в работе Proctor and Eckhoff [13]. Это приложение допускает особенно хорошую интерпретацию, потому что модальные частоты часто соответствуют годовым или сезонным колебаниям. Кроме того, фазы DMD-мод проливают свет на то, как фронт заболевания распространяется в пространстве, что потенциально может направить усилия по борьбе с эпидемией в нужное направление. Применение DMD к изучению заболеваний стало также побудительной причиной для разработки DMD с управлением [14], поскольку нереально прекратить вакцинацию для изучения естественной динамики.

Нейронауки. Благодаря развитию оборудования, отодвигающему границы все дальше, сложные сигналы, получаемые при записи нейронной активности, становятся все более точными, а их размерность повышается. DMD потенциально способно преобразить анализ таких записей, в пользу чего свидетельствует недавнее исследование, в котором были идентифицированы динамически релевантные признаки в данных электрокохлеографии (ECOG) спящих пациентов [15]. Впоследствии появилось несколько работ по применению DMD к записям нейронной активности и предложения по реализации соответствующего оборудования .

Обработка видео. Разделение объектов переднего и заднего плана на видео – типичная задача в приложениях для видеонаблюдения. Разделение в режиме реального времени – проблема, которая еще больше усложняется из-за постоянно увеличивающегося разрешения видео. DMD предлагает гибкую платформу для разделения, поскольку задний план можно аппроксимировать DMD-модой с нулевым собственным значением.



Другие приложения. Круг задач, к которым применяется DMD, постоянно растет и включает уже робототехнику, финансы и физику плазмы. Ожидается, что в будущем эта тенденция будет только усиливаться. Рассмотрим алгоритм DMD:

Шаг 1. Вычислить сингулярное разложение матрицы  $X$ :

$$X \approx U \Sigma V^* \quad (1)$$

где  $U^T U = I$ ,  $V^T V = I$ ,  $\Sigma = \text{diag} \{ \sigma_1 \dots \sigma_r \}$ ,  $U \in \mathbb{R}^{n \times r}$ ,  $\Sigma \in \mathbb{R}^{r \times r}$ ,  $V \in \mathbb{R}^{m \times r}$ ,  $r = \text{rg } X$

Столбцы матрицы  $U$  называются модами POD (столбцы  $U$  и  $V$  ортонормированы).

Шаг 2. Решение задачи  $\|X' - AX\|_F \rightarrow \min$  можно записать в виде  $A = X' X^+$

( $X^+$  – псевдообратная матрица):

$$A = X' V \Sigma^{-1} U^* \quad (2)$$

– Проекция  $A$  на POD-моды, находящиеся в  $U$ :

$$\tilde{A} = U^* A U = U^* X' V \Sigma^{-1} \quad (3)$$

где  $\tilde{A} \in \mathbb{C}^{r \times r}$

– Матрица пониженного порядка  $\tilde{A}$  определяет линейную модель динамики

вектора POD-коэффициентов  $x$ :

$$\tilde{x}_{k+1} = \tilde{A} \tilde{x}_k, \quad (4)$$

где  $\tilde{x}_k \in \mathbb{C}^r$ .

Шаг 3. Вычислим спектральное разложение  $\tilde{A}$ :

$$\tilde{A} W = W \Lambda \quad (5)$$

где  $\Lambda$  – диагональная матрица из собственных значения полной матрицы  $A$ , столбцы  $W$  – собственные векторы  $\tilde{A}$ .

Шаг 4. Многомерные DMD-моды  $\Phi \in \mathbb{C}^{n \times r}$  восстанавливаются с помощью собственных векторов  $W$  сокращенной системы и матрицы сдвинутого во времени снимка  $X'$ :

$$\Phi = X'V\Sigma^{-1}W \quad (6)$$

Шаг 5. Прогнозирование будущего состояния за все время:

$$x(t) \approx \sum_{k=1}^r \phi_k \exp(\omega_k t) b_k = \Phi \exp(\Omega t) b \quad (7)$$

где  $\Phi$  — матрица, столбцами которой являются собственные векторы DMD  $\phi_k$ ,  $\Omega = \text{diag}(\omega)$  — диагональная матрица, элементами которой являются собственные значения  $\omega_k$ ,  $b_k = \Phi^+ x_1$  — начальная амплитуда каждой моды

Алгоритм DMD был проверен на синтетических данных, полученных путем симуляции жидкости с известным решением при помощи Навье-Стокса, показал хорошие результаты прогнозирования и малые погрешности.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Rowley C. W., Mezić I., Bagheri S., Schlatter P., Henningson D. S. Spectral analysis of nonlinear flows // *J. Fluid Mech.* – 2009. – 641. –p. 115–127.
2. Chatterjee A. An introduction to the proper orthogonal decomposition // *Curr. Sci.* – 2000. – 78(7). –p. 808–817
3. P. J. Schmid and J. Sesterhenn. Dynamic mode decomposition of numerical and experimental data. In 61st Annual Meeting of the APS Division of Fluid Dynamics. American Physical Society, November 2008.
4. P. J. Schmid. Dynamic mode decomposition for numerical and experimental data. *J. Fluid. Mech*, 656:5–28, 2010.
5. J. H. Tu, C. W. Rowley, E. Aram, and R. Mittal. Koopman spectral analysis of separated flow over a finite-thickness flat plate with elliptical leading edge. *AIAA Paper* 2011, 2864, 2011.
6. C. Pan, D. Yu, and J. Wang. Dynamical mode decomposition of Gurney flap wake flow. *Theoretical and Applied Mechanics Letters*, 1(1):012002, 2011.
7. Shervin Bagheri. Koopman-mode decomposition of the cylinder wake. *Journal of Fluid Mechanics*, 726:596–623, 2013.
8. R. Dunne and B. J. McKeon. Dynamic stall on a pitching and surging airfoil. *Experiments in Fluids*, 56(8):1–15, 2015.
9. G. Song, F. Alizard, J.-C. Robinet, and X. Gloerfelt. Global and Koopman modes analysis of sound generation in mixing layers. *Physics of Fluids (1994-present)*, 25(12):124101, 2013.
10. S. Roy, J.-C. Hua, W. Barnhill, G. H. Gunaratne, and J. R. Gord. Deconvolution of reacting-flow dynamics using proper orthogonal and dynamic mode decompositions. *Physical Review E*, 91(1):013001, 2015.
11. M. Grilli, P. J. Schmid, S. Hickel, and N. A. Adams. Analysis of unsteady behaviour in shock-wave turbulent boundary layer interaction. *Journal of Fluid Mechanics*, 700:16–28, 2012.
12. L. Massa, R. Kumar, and P. Ravindran. Dynamic mode decomposition analysis of detonation waves. *Physics of Fluids (1994-present)*, 24(6):066101, 2012
13. Joshua L. Proctor and Philip A. Eckhoff. Discovering dynamic patterns from infectious disease data using dynamic mode decomposition. *International Health*, 7(2):139–145, 2015.
14. Joshua L. Proctor, Steven L. Brunton, and J. Nathan Kutz. Dynamic mode decomposition with control. *SIAM Journal on Applied Dynamical Systems*, 15(1):142–161, 2016.
15. B. W. Brunton, L. A. Johnson, J. G. Ojemann, and J. N. Kutz. Extracting spatial–temporal coherent patterns in large-scale neural recordings using dynamic mode decomposition. *Journal of Neuroscience Methods*, 258:1–15, 2016.

## **ПРОБЛЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ МЕТОДОВ ЛОКАЛЬНОЙ АППРОКСИМАЦИИ ДЛЯ ПРОГНОЗА ХАОТИЧЕСКИХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ**

**Аннотация.** В работе проводится исследование влияния параметров нерегулярных временных рядов на ширину интервала прогноза методов локальной аппроксимации. Объектом исследования являются хаотичные и квазипериодические системы и составленные из их сигналов временные ряды. Показано влияние размерности пространства вложений и число гармоник ряда Фурье на длительность прогноза различными методами локальной аппроксимации. Выведены эмпирические правила для решения задачи прогнозирования.

**Ключевые слова:** прогнозирование; локальная аппроксимация; временной ряд; прямой метод; итеративный метод; ряд Фурье; пространство вложений.

### ***Прогнозирование, методы построения и пространство вложений***

Потребность различных областей экономики в составлении качественного прогноза для сложных систем, то есть предсказание будущих значений наблюдаемого процесса, основываясь на анализе сигналов, произведенных исходной системой, в разные моменты времени (временной ряд), удовлетворяется через построение различных моделей прогнозирования, подразделяющихся на две группы [1]: глобальные и локальные. Если в структуре временного ряда трендовая и/или периодическая составляющая оказывают меньшее влияние или отсутствуют, то ряд становится нерегулярным из-за оставшейся случайной компоненты.

Различные работы Лоскутова А. Ю., его соавторов и коллег [1-6], демонстрируют основы и различные особенности практического применения методов ЛА.

Преимущество методов локальной аппроксимации (ЛА), перед моделями использующими авторегрессионные методы прогноза, в использовании кусочного приближения. Это дает возможность, с помощью методов ЛА, более точно

прогнозировать нерегулярные временные ряды, без дополнительной подготовки или обработки [2].

При анализе временных рядов главной задачей является реконструкция породившей этот ряд динамической системы [1]. Наименьшее число независимых переменных, однозначно определяющих установившееся движение исходной системы, называют размерность вложения и обозначают  $d_e$ . Количество ненулевых гармоник ряда Фурье выполняет аналогичную функцию, но для сильно сглаженного ряда.

### ***Принцип методов локальной аппроксимации***

Для построения модели используется метод задержек [4]. Выбирается вид локального представления, для установления связи следующего значения с предыдущим и выбирается порядок линейной аппроксимации, не превышающий второго, так как увеличение требований к временному ряду влечет за собой снижение точности прогноза [2].

Далее происходит самый важный и отличительный этап всех методов ЛА: выбор ближайших соседей. Соседний к стартовому вектору  $\mathbf{x}_{N-p+1}$  вектор, удовлетворяет условию:

$$\{\mathbf{x}_s\} : \sum_{s \in \omega_{\Xi}} \|\mathbf{x}_{N-p+1} - \mathbf{x}_s\| \rightarrow \min,$$

где  $s \in \omega_{\Xi} \subset \omega_{N-p+1}$ ,  $\omega_{N-p+1} \equiv \{1, \dots, N - p + 1\}$ ,  $\Xi$  – количество соседей,  $\omega_{\Xi}$  – набор номеров векторов-соседей. Норма берется евклидова. Нижняя оценка количества соседей [1]:  $\Xi \geq p + 1$ . От выбора правильных соседей зависит весь итоговый результат и длительность качественных предсказаний.

После отбора соседей оцениваются параметры локального представления и строится следующее значения ряда.

Для построение прогноза на более чем один шаг существуют три типа методов [3]: итеративный – параметры рассчитываются на первом шаге и более не пересчитываются, а только что спрогнозированное значение используется для

построения нового стартового вектора. Итеративный с пересчетом – спрогнозированный вектор становится стартовым, но все соседи и параметры считаются заново. Прямой метод – прогноз строится независимо для всех  $T$  моментов времени, как если это прогнозы на один шаг, без пересчета стартового вектора и матрицы соседей.

### ***Влияние размерности пространства вложений на длительность прогноза***

Наиболее часто используемым алгоритмом для оценки величины  $d_e$  является алгоритм Грассбергера–Прокаччия [1]: пусть имеется последовательность  $y_1, y_2, \dots, y_n, y_{n+1}, \dots$  наблюдаемой величины  $x(t)$  следующим образом:  $x(t) \equiv y_1, x(t+1) \equiv y_2, \dots$ . Выберем произвольную подпоследовательность длины  $k$  и рассмотрим все возможные векторы

$$\vec{\omega}^n = \{y_{n-k+1}, y_{n-k+2}, \dots, y_n\},$$

Все они удовлетворяют соотношению  $\vec{\omega}^n \in R^k$ .

Возьмем некоторое значение  $l$ , две любые пары  $\vec{\omega}^i, \vec{\omega}^j$  и вычислим корреляционный интеграл  $C_k(l)$  как

$$C_k(l) = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N^2} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \theta[l - |\vec{\omega}^i - \vec{\omega}^j|],$$

где  $N$  – полное число элементов в последовательности  $y_n$ ,  $\theta(z)$  – ступенчатая функция Хевисайда.

Понятие корреляционной размерности:

$$d_e = \lim_{l \rightarrow 0} \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{\ln C(l)}{\ln l},$$

где  $l$  – это размер ячейки фазового пространства. Численно оценить двойной предел непросто, но геометрически выражение  $d_e$  определяется как тангенс угла наклона  $\ln C(l)$  от  $\ln l$ . Наклон графика, также, будет зависеть от  $k$ .

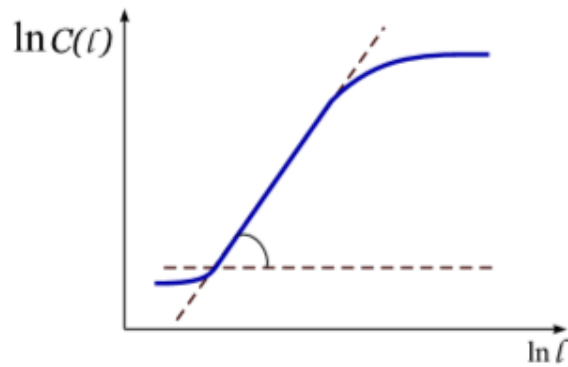


Рис. 1. Зависимость корреляционного интеграла от ширины ячейки в логарифмическом масштабе

Если конечномерное представление данной системы существует, то с увеличением  $k$  тангенс будет стремиться к определенной конечной величине. Эта величина и будет  $d_e$ .

К выборке различных нерегулярных временных рядов был применен алгоритм Грассбергера–Прокаччия. Составлены прогнозы для каждого из трех методов локальной аппроксимации с различным набором параметров для каждого ряда. Полученные размеры интервалов прогноза, где ошибка не превышает 10%.

На основе полученных данных была построена линейная аппроксимация для установления степени влияния размерности вложений на каждый из методов локальной аппроксимации. Результаты представлены на рисунке 2.

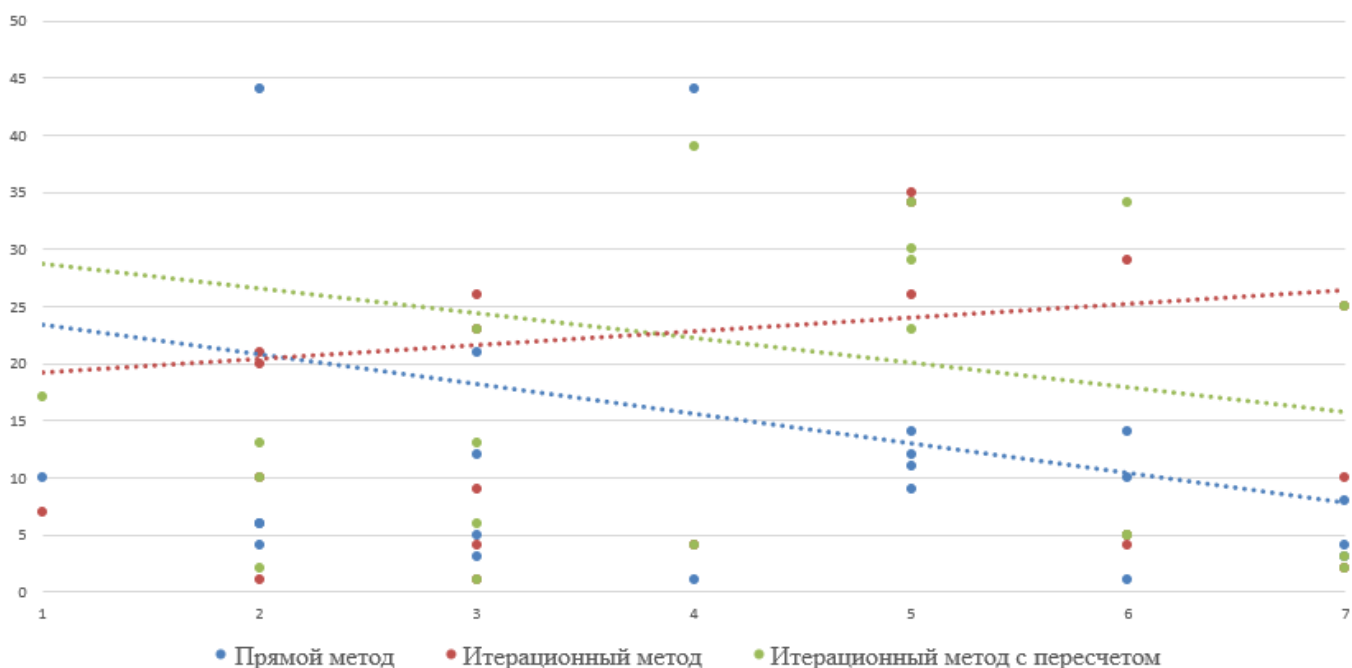


Рис. 2. График соотношения горизонта прогноза методов ЛА от  $k$  для трех методов ЛА

По результатам линейной аппроксимации можно сделать вывод о том, что группа итерационных методов прогноза фактически не зависит от того, насколько зашумлен ряд, и есть ли в нем закономерности поведения. В отличие от прямого метода, что сильно зависим от размера пространства вложений, то есть, от сложности и зашумленности исходного процесса.

Это происходит из-за того, что итерационные методы ЛА, для формирования прогноза, пересчитывают стартовый вектор, либо и стартовый вектор, и матрицу соседей, что позволяет строить прогнозы более гибко.

### ***Влияние числа ненулевых гармоник ряда Фурье на длительность прогноза***

Ненулевые коэффициенты Фурье указывают, какие из гармоник ряда являются значимыми. Это возможно использовать для анализа ширины интервала прогноза, как аналог пространства вложений для сглаженного преобразованием Фурье временного ряда.

К выборке различных нерегулярных временных рядов применили разложение в ряд Фурье с учетом до восьмого члена ряда включительно, используя

математический пакет MATLAB, функции `normalize()` для нормализации данных в пределах  $[0;1]$  и `fit()` с параметром 'fourier8', для нахождения ряда и коэффициентов Фурье.

Составлены прогнозы для каждого из трех методов локальной аппроксимации с различным набором параметров для каждого ряда. Полученные размеры интервалов прогноза, где ошибка не превышает 10%.

На основе полученных данных была построена линейная аппроксимация для установления степени влияния количества коэффициентов Фурье на каждый из методов локальной аппроксимации. Результаты представлены на рисунках 3.

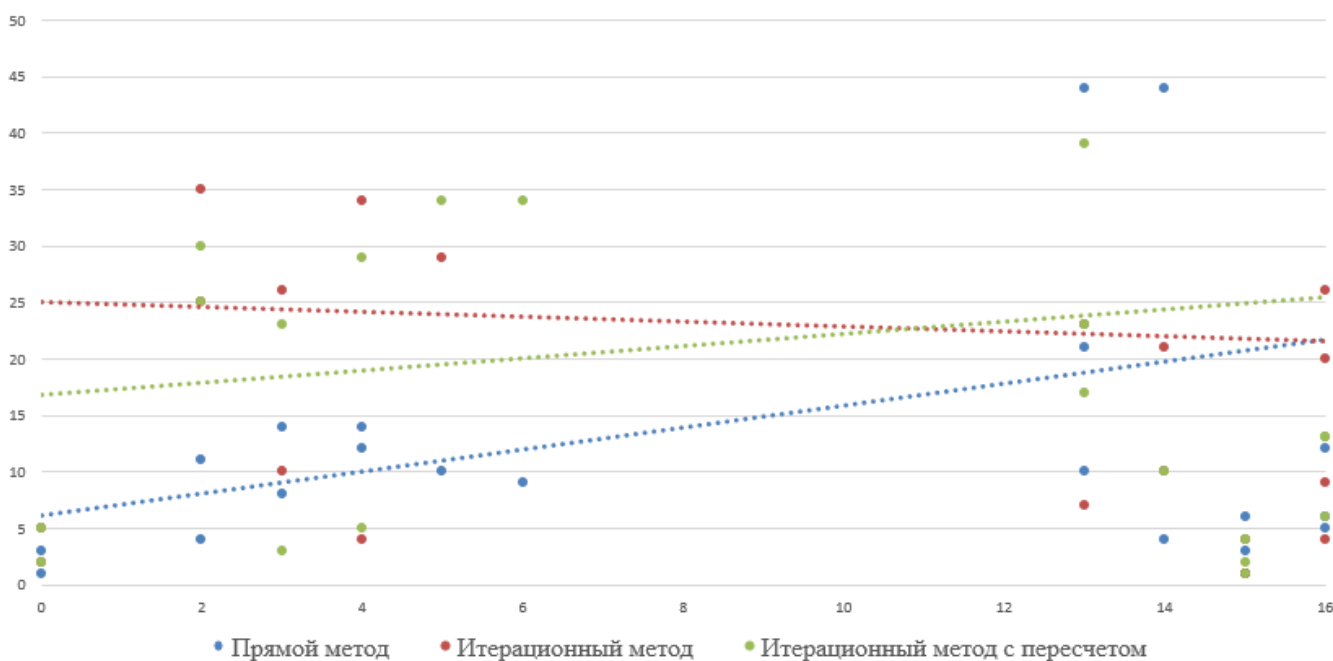


Рис. 3. График соотношения горизонта прогноза методов ЛА от количества коэффициентов Фурье для трех методов ЛА

По результатам линейной аппроксимации можно сделать вывод о том, что ширина интервала прогноза итерационных методов обратно зависит от количества значимых коэффициентов Фурье временного ряда, то есть, от сложности образующей ряд функции.

Также, уменьшение количества рассматриваемых векторов в матрице соседей и увеличение длины вектора задержек положительно сказывается на от-



сутствии зависимости от количества значимых коэффициентов Фурье для итеративных методов ЛА.

### ***Заключение***

Эмпирические правила, полученные в результате анализа влияний размера пространства вложений и ненулевых коэффициентов Фурье:

– итерационный метод прогноза показывает более лучшие результаты при размерности пространства вложений больше 4, по сравнению с другими методами, на ширину горизонта которых рост числового выражения пространства вложений влияет обратно пропорционально;

– ширина прогноза итерационного метода с пересчетом и прямого метода прямо пропорционально зависит от количества значимых коэффициентов Фурье временного ряда, в отличии от итеративного метода ЛА, который испытывает слабое влияние;

– уменьшение количества рассматриваемых векторов в матрице соседей и увеличение длины вектора задержек положительно сказывается на отсутствии зависимости от количества значимых коэффициентов Фурье для итеративных методов ЛА;

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Лоскутов А.Ю., Анализ временных рядов [Электронный ресурс]: курс лекций. 51 с. Режим доступа: [http://chaos.phys.msu.ru/loskutov/PDF/Lectures\\_time\\_series\\_analysis.pdf](http://chaos.phys.msu.ru/loskutov/PDF/Lectures_time_series_analysis.pdf) — Загл. с экрана.
2. Лоскутов А.Ю., Журавлев Д.И., Применение метода локальной аппроксимации для прогноза экономических показателей // Вопросы анализа и управления риском. 2003. Т. 1. №. 1. С. 21-31.
3. Котляров О.Л., Лоскутов А.Ю., Нелинейная динамика и анализ временных рядов // Проблемы анализа риска. 2004. Т. 1. №. 2. С. 160-177.
4. Истомин И.А., Котляров О.Л., Лоскутов А.Ю., К проблеме обработки временных рядов: расширение возможностей метода локальной аппроксимации посредством сингулярного спектрального анализа // Теоретическая и математическая физика. 2005. Т. 142. №. 1. С. 149.
5. Лоскутов А.Ю., Козлов А.А., Хаханов Ю.М., Энтропия и прогноз временных рядов в теории динамических систем // Известия высших учебных заведений. Прикладная нелинейная динамика. 2009. Т. 17. №. 4.
6. Лоскутов А.Ю., Котляров О.Л., Журавлев Д.И., Временные ряды: анализ и прогноз // Сб. научн. Трудов 11-й международной конф. «Математика, компьютер, образование». М.-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика». 2004. Т.1. С. 16.

К. В. МОТИН

*kostya.motin@mail.ru*

Науч. руковод. – д-р физ.-мат. наук, проф. В. А. БАЙКОВ

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАКАНЧИВАНИЯ СКВАЖИН С ГРП ДЛЯ ГС БЕЗ ПОДДЕРЖАНИЯ ДАВЛЕНИЯ

**Аннотация.** Цель работы – оптимизации заканчивания горизонтальных скважин без поддержания давления. Реализована методика расчета чистой прибыли, используемая в компании. Выполнены эксперименты на основе моделирования гидродинамической модели для варьирования параметров заканчивания. Обучена рекуррентная модель для интерполяции данных, полученных при моделировании для расчета чистой прибыли. Реализован метод наискорейшего спуска для оптимизации параметров заканчивания для максимизации накопленной добычи и чистой прибыли. Произведен анализ влияния параметров регрессионной нейронной сети на скорость и точность обучения. Результат работы – программное решение, основанное на применении методики расчета чистой прибыли, метода наискорейшего спуска и регрессионной нейронной сети, благодаря которым возможно оптимизировать параметры заканчивания горизонтальной скважины.

**Ключевые слова:** горизонтальная скважина; оптимизация заканчивания; искусственный интеллект; гидроразрыв пласта; методы оптимизации.

Имеется секторная ГДМ для скважины, в которой расположена ГС. Необходимо определить оптимальные параметры портов ( $X_{perf}$ ) и полудлин трещин ( $Lf$ ) в смысле наименьших затрат или максимальной накопленной добычи. Оптимизация достигается максимизацией функционала, описывающего чистую прибыль, которая определяется:

$$M(Lf, X_{perf}) = F(P_{zab}, Lf, X_{perf}) - G(Lf) \rightarrow \max, \quad (1)$$

где  $M$  – чистая прибыль для трещины с заданными параметрами.  $F$  – прибыль при реализации накопленной добычи нефти.  $G$  – затраты на создание трещины с необходимыми параметрами.

Расчет прибыли  $F$  производится исходя из накопленной добычи нефти, полученной из ГДМ и принятой в компании методике. В простом случае прибыль может быть рассчитана по формуле:

$$F(P_{zab}, Lf, X_{perf}) = Q_{mod}(P_{zab}, Lf, X_{perf}) \cdot P_{oil} \cdot C, \quad (2)$$

$Q_{mod}$  – объем накопленная добыча нефти (м3), полученная из ГДМ.

$P_{oil}$  – цена нефти (\$/м3).

$C$  – курс доллара (руб./\$).

$f$  – коэффициент корректирующий объем накопленной добычи нефти в зависимости от формы трещины.

Затраты формируют по методике, принятой в компании. Для этого необходимо определить зависимость массы пропанта от полудлины трещины. В связи с этим необходимо смоделировать трещины на данном месторождении или получить фактические данные месторождения и рассчитать полиномиальную зависимость.

Расчет затрат производится по формуле:

$$G(Lf) = R(Lf) \cdot P_{prop} \cdot g \cdot d, \quad (3)$$

где  $R(Lf)$  – функция расчета массы пропанта для заданной трещины (т.).

$P_{prop}$  – стоимость пропанта (руб./т.).  $g$  – коэффициент отношения стоимости проведения ГРП к стоимости пропанта принятый в компании.  $d$  – отношение  $m_{prop}$  в проводимой части от общей массы.

Блок-схема алгоритма оптимизации параметров представлена на рисунке 1.

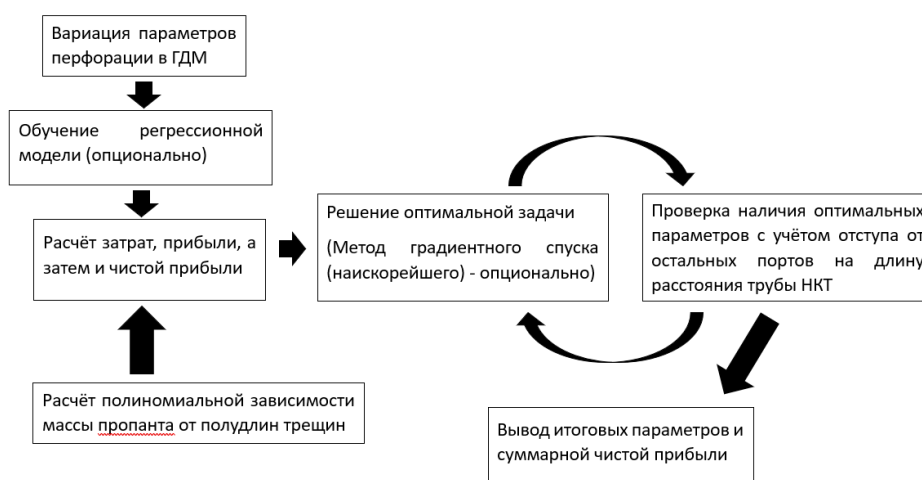


Рис. 1. Блок-схема алгоритм оптимизации параметров

В первую очередь необходимо провести вариацию параметров в ГДМ. Полученные данные используются в качестве обучающей выборки для регрес-

сионной модели. Далее, выполняется расчет затрат, прибыли и чистой прибыли. После чего необходимо решить оптимальную задачу, например, методом градиентного спуска. Далее идет проверка наличия оптимальных параметров на длину расстояния трубы НКТ (насосно-компрессорные трубы). Последние два действия повторяются до тех пор, пока чистая прибыль самой выгодной позиции не станет ниже заданного значения. После чего происходит вывод итоговых параметров и суммарной чистой прибыли.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васильев Ф.П. Методы оптимизации: В 2-х кн. – Новое изд., перераб. и доп. – М.: МЦНМО, 2011. – 433 с.
2. Моклячук М. П. Вариационное исчисление. Экстремальные задачи. Учебник. Москва Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», Институт компьютерных исследований, 2006.– 430 с.
3. В. М. Тихомиров, Теория экстремума и экстремальные задачи классического анализа, Итоги науки и техн. Сер. Современ. мат. и ее прил. Темат. обз., 1999, том 65.– 188–258 с.
4. Каневская Р. Д. Математическое моделирование гидродинамических процессов разработки месторождений углеводородов. — Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2002.– 140 с.
5. Черноусько Ф.Л., Баничук Н.В. Вариационные задачи механики и управления (Численные методы). М.: Наука, 1973.– 240 с.
6. Блисс Г.А. Лекции по вариационному исчислению. М.: ИЛ, 1950.– 347 с.

А. Д. НИЗАМОВА, А. А. МУХУТДИНОВА, В. Н. КИРЕЕВ  
*adeshka@yandex.ru*

Науч. руковод. – д-р физ.-мат. наук, проф. С. Ф. УРМАНЧЕЕВ

*Институт механики им. Р. Р. Мавлютова УФИЦ РАН*

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЧИСЛЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК УСТОЙЧИВОСТИ ТЕЧЕНИЯ ЖИДКОСТИ В КАНАЛЕ КОЛЬЦЕВОГО ТИПА

**Аннотация.** В работе рассмотрено течение жидкости в канале кольцевого типа. Выполнено исследование спектральных характеристик и параметров течения: построены спектры собственных значений, вычислены критические числа Рейнольдса и волнового числа.

**Ключевые слова:** кольцевой канал; критические параметры течения.

В настоящее время теоретическое, численное и экспериментальное исследование проблем об устойчивости течения жидкости является одной из актуальных задач гидродинамики [1-3].

В работе рассмотрено изотермическое течение несжимаемой жидкости под действием постоянного перепада давления в кольцевом канале с внутренним и внешним радиусами  $r_0$  и  $R_0$ , соответственно. Задача об устойчивости течения сводится к решению дифференциального уравнения:

$$\varphi^{IV} + \frac{2}{r}\varphi''' - \frac{3}{r^2}\left(\varphi'' - \frac{1}{r}\varphi'\right) - 2k^2\left(\varphi'' + \frac{1}{r}\varphi'\right) - ik \operatorname{Re}(v_z^0 - c)\left(\varphi'' + \frac{1}{r}\varphi' - \left(k^2 + \frac{1}{r^2}\right)\varphi\right) + \left\{k^4 + 2\frac{k^2}{r^2} - \frac{3}{r^4} + ik \operatorname{Re}\left[v_z^0'' - \frac{v_z^0'}{r}\right]\right\}\varphi = 0,$$

с граничными условиями:

$$\varphi(r_0) = \varphi(R_0) = \varphi'(r_0) = \varphi'(R_0) = 0,$$

где  $\varphi$  – амплитуда возмущений поперечной скорости (собственные скорости),  $r, z$  – пространственные переменные,  $v_z^0$  – невозмущенная скорость,  $k > 0$  – волновое число,  $c = c_r + ic_i$  – комплексная скорость распространения возмущений (собственное значение),  $\operatorname{Re}$  – число Рейнольдса (параметры являются безразмерными).

Основной проблемой при решении данной задачи заключается в поиске всех собственных значений, при которых собственные функции отличны от нуля.

На рис. 1 представлен спектр собственных значений. По представленному графику видно, что спектр имеет качественное сходство со спектром собственных значений для изотермического течения жидкости в плоском канале.

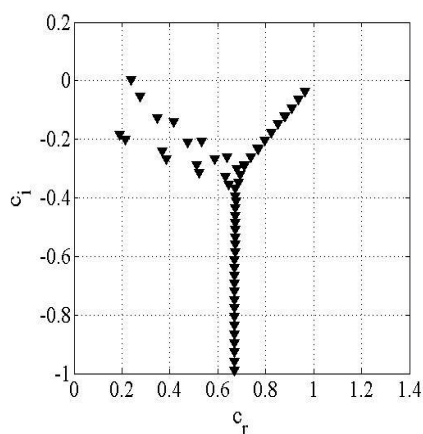


Рис. 1. Спектр собственных значений при  $Re = 10^4$ ,  $k = 1$

В дальнейшем планируется исследовать влияние зависимости вязкости от температуры на устойчивость течения в канале кольцевого типа.

*Работа поддержана РФФ (грант № 22-21-00915).*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Chang T.-Y., Chen F., Chang M.-H. Stability of plane Poiseuille–Couette flow in a fluid layer overlying a porous layer // Journal of Fluid Mechanics 2017. V. 826. P. 376–395.
2. Nizamova A.D., Murtazina R.D., Kireev V.N., Urmancheev S.F. Features of Laminar-Turbulent Transition for the Coolant Flow in a Plane Heat-Exchanger Channel // Lobachevskii Journal of Mathematics, 2021, Vol. 42, No. 9, pp. 2211–2215. DOI: 10.1134/S1995080221090249
3. Низамова А.Д., Киреев В.Н., Урманчеев С.Ф. О неізотермической задаче устойчивости течения вязкой жидкости в плоском канале // Вестник УГАТУ, 2021, Т. 25, № 4 (94). С. 76–82. DOI: 10.54708/19926502\_2021\_2549476

УДК 517.95

Э. Д. САЛИМОВА

*elvina.salimova00@bk.ru*

Науч. руковод. – канд. физ.-мат. наук Ю. В. ЮЛМУХАМЕТОВА

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## ОБОБЩЕНИЕ ТОЧНОГО РЕШЕНИЯ ГАЗОВОЙ ДИНАМИКИ ДЛЯ ПОЛИТРОПНОГО ГАЗА

**Аннотация.** Объект исследования – явление газовой динамики политропных газов. Цель работы – найти точные решения с линейным полем скоростей для уравнения газовой динамики, а также обобщить некоторые известные решения.

**Ключевые слова:** политропный газ, подмодель, линейное поле скоростей, точные решения, матрица Якоби, траектории движения.

Многие явления окружающего нас мира можно описать математической моделью, состоящей из набора дифференциальных уравнений. Это применимо и для явлений на молекулярном уровне. Например, для движения газа. Уравнения газовой динамики представляют собой математическую модель движения сжимаемой жидкости.

Движение газа – важное явление, применяемое в теории описания эволюции вселенной, взрывов звезд, образования галактик. Уравнения общей теории относительности и ньютоновской газовой динамики сводятся к системам конечного числа обыкновенных дифференциальных уравнений. Таким образом, многомерные динамические системы активно изучаются с помощью традиционных аналитических, а также численных методов.

Эта тема актуальна, так как необходимо нахождение новых точных решений для задач трехмерной модели движения одноатомного газа с линейным полем скоростей и их интерпретация. Объектом исследования данной статьи является явление газовой динамики одноатомных политропных газов.

Решение трехмерной модели движения для одноатомного политропного газа.

Для начала следует определить все необходимые элементы для подмодели из полученного решения. Затем выяснить значения коэффициентов, при ко-

тором может существовать решение системы для одноатомного политропного газа. Благодаря полученным данным, появляется возможность составить систему дифференциальных уравнений, состоящую из дифференциальных уравнений второго порядка. Далее, необходимо проверить наличие коллапсов с помощью матрицы Якоби. Проанализировав ключевые решения уравнения, установлены допустимые значения некоторых констант, входящих в систему:

$$\vec{x} = \left( \sqrt{t^2 + 1}B_3 + C_6t - C_5, \right. \\ \left. \frac{\arctg(t)C_1}{2} + \frac{\arctg(t)C_4}{2} - \frac{\arctg(t)C_2t}{2} + \frac{\arctg(t)C_3t}{2} + B_1t + B_2, \right. \\ \left. \frac{\arctg(t)C_1t}{2} + \frac{\arctg(t)C_4}{2} + \frac{C_2t\arctg(t)}{2} - \frac{C_3t\arctg(t)}{2} + B_2t + \frac{C_2t}{2} + \frac{C_3t}{2} - B_1 \right. \\ \left. - \frac{C_1}{2} + \frac{C_4}{2} \right).$$

Таким образом, было найдено точное решение: определена функция скорости, построены траектории движения частиц газа. Выяснено, что подмодель описывает безвихревое движение частиц, образуя параболическую траекторию, крутизна которой зависит от констант.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Овсянников Л.В. Лекции по основам газовой динамики: учеб. пособие для студентов механико-мат. специальностей ун-тов / Л.В. Овсянников. - Изд. 2-е, доп. - М. ; Ижевск : Ин-т компьютер. исслед., 2003 (Киров : ФГУИПП Вятка). - 335 с.
2. Nikonorova R, Siraeva D, Yulmukhametova Y. New Exact Solutions with a Linear Velocity Field for the Gas Dynamics Equations for Two Types of State Equations. *Mathematics*. 2022; 10(1):123.
3. Подмодели газовой динамики с линейным полем скоростей: автореферат дис. ... кандидата физико-математических наук: 01.01.02 / Юлмухаметова Юлия Валерьевна; [Место защиты: Уфим. науч. центр РАН]. - Уфа, 2011. - 16 с.



Б. А. САМОХИН

krik6162@gmail.com

Науч. руковод. – канд. физ.-мат. наук Ю. В. ЮЛМУХАМЕТОВА

*Уфимский государственный авиационный технический университет***ПРЯМОЛИНЕЙНЫЙ РАЗЛЕТ ЧАСТИЦ ПОЛИТРОПНОГО ГАЗА**

**Аннотация.** В работе представлено нахождение новых точных решений задачи двумерной модели движения политропного газа с однородной деформацией в эйлеровых переменных и их физическая интерпретация.

**Ключевые слова:** политропный газ, однородная деформация, первые интегралы, эйлеровые переменные, лагранжевы переменные, мировые линии, Якобиан.

Одна из моделей движения политропного газа с однородной деформацией и показателем адиабаты  $\gamma > 1$  описывается формулами

$$\vec{x} = M\vec{\xi}, \quad \vec{u} = \dot{M}\vec{\xi}, \quad p = \overline{R(I)}e^{-\gamma \int \text{tr}(\dot{M}M^{-1})dt} - \frac{p_0}{\gamma}, \quad \rho = R'(I)e^{-\int \text{tr}(\dot{M}M^{-1})dt}, \quad (1)$$

где  $x \in R_n$  и  $\xi \in R_n$  – соответственно декартовы и лагранжевы координаты частиц газа,  $\vec{u}$  – вектор скорости,  $M = M(t)$  – невырожденная  $(n \times n)$  – матрица,  $R(I)$  – произвольная функция,  $\overline{R(I)} = c_0 - \frac{R(I)}{2}$ ,  $p_0$  и  $c_0$  – константы.

Величины  $m(t)$  и  $I$  таковы

$$m = \det M > 0, \quad I = \vec{x} * S\vec{x} e^{-S(1-\gamma)\text{tr}(\dot{M}M^{-1})}, \quad (2)$$

где  $S = S(t)$  – матрица  $(n \times n)$  вида:

$$S = (\dot{M}M^{-1}) + (\dot{M}M^{-1})^2$$

Точка над  $M$  и другими величинами обозначает производную по времени  $t$ .

(1), (2) являются точным решением уравнения идеального газа

$$\dot{S} + S(\dot{M}M^{-1}) + (\dot{M}M^{-1})_*S = (1 - \gamma)\text{tr}(\dot{M}M^{-1})S, \quad (3)$$

где  $(\dot{M}M^{-1})_*$  транспонированная матрица для  $\dot{M}M^{-1}$ .

Для системы (3) было показано в [1], что существуют первые интегралы:

Интеграл момента импульса:

$$M\dot{M}_* - \dot{M}M_* = J,$$

Интеграл завихренности:

$$M_*\dot{M} - \dot{M}_*M = K,$$

где  $J$  и  $K$  – произвольные постоянные кососимметричные матрицы. Мы хотим разрешить задачу относительно эйлеровых переменных, преобразуем (1):

$$\vec{x} = M\vec{\xi}, \quad \vec{u} = \dot{M}\vec{\xi} \quad \Rightarrow \quad \vec{\xi} = M^{-1}\vec{x} \quad \Rightarrow \quad \vec{u} = \dot{M}\vec{\xi} = M\dot{M}^{-1}\vec{x},$$

Рассмотрим точное решение, описывающего двумерное движение при  $n = 2$ .

Для  $n = 2$  рассмотрим матрицу  $M$  вида

$$M = \begin{bmatrix} a(t) & b(t) \\ -b(t) & a(t) \end{bmatrix},$$

где  $\det M \neq 0$ ,  $a(t), b(t)$  – функции от  $t$ .

В [2] доказано, что в этом случае справедливо соотношение

$$b(t) \frac{d}{dt} a(t) - a(t) \frac{d}{dt} b(t) = j \quad (j = \text{const}), \quad (4)$$

$$\left( \frac{d}{dt} a(t) \right)^2 + \left( \frac{d}{dt} b(t) \right)^2 = \varepsilon m^{1-\gamma} + 2E, \quad (5)$$

где  $\varepsilon = \pm 1$ ,  $m = \det M$ ,  $E$  – произвольная постоянная.

Вернемся к рассматриваемой модели. Матрица  $M$  в лагранжевых переменных связана с матрицей в эйлеровых переменных соотношением  $A = \dot{M}M^{-1}$

$$M^{-1} = \frac{1}{\det M} M_*^T \Rightarrow M_*^T = M_* \Rightarrow A = \frac{1}{\det M} \dot{M}M_*,$$

где  $M_*^T$  – матрица алгебраических дополнений.

А примет вид:

$$A = \frac{1}{m(t)} \begin{bmatrix} \frac{\frac{d}{dt} m(t)}{2} & -j \\ j & \frac{\frac{d}{dt} m(t)}{2} \end{bmatrix}$$

Построим матрицу  $S = (\dot{M}M^{-1}) + (M\dot{M}^{-1})^2 = \dot{A} + A^2$

$$S = \begin{bmatrix} \frac{1}{4} \frac{2 \left( \frac{d^2}{dt^2} m(t) \right) m(t) - \left( \frac{d}{dt} m(t) \right)^2 - 4 j^2}{(m(t))^2} & 0 \\ 0 & \frac{1}{4} \frac{2 \left( \frac{d^2}{dt^2} m(t) \right) m(t) - \left( \frac{d}{dt} m(t) \right)^2 - 4 j^2}{(m(t))^2} \end{bmatrix}$$

Разрешим уравнение идеального газа (3) с дополнительными условиями:

$$\begin{cases} S = S_* \\ SA = A_* S \\ \dot{S} + SA + A_* S = (1 - \gamma) \text{tr}(A) S \end{cases}, \quad (6)$$

Условие симметричности  $S = S_*$  выполнено, так как на побочной диагонали матрицы  $S$  нули.

Рассмотрим второе уравнение системы (6)  $SA = A_* S$ . Найдем матрицу  $A_*$ :

$$A = \frac{1}{m(t)} \begin{bmatrix} \frac{\frac{d}{dt} m(t)}{2} & -j \\ j & \frac{\frac{d}{dt} m(t)}{2} \end{bmatrix} \Rightarrow A_* = \frac{1}{m(t)} \begin{bmatrix} \frac{\frac{d}{dt} m(t)}{2} & j \\ -j & \frac{\frac{d}{dt} m(t)}{2} \end{bmatrix}$$

Получаем матричную систему уравнений ( $SA - A_* S = 0$ ):

$$\begin{bmatrix} 0 & - \frac{\left( 2 \left( \frac{d^2}{dt^2} m(t) \right) m(t) - \left( \frac{d}{dt} m(t) \right)^2 - 4 j^2 \right) j}{2(m(t))^3} \\ \frac{\left( 2 \left( \frac{d^2}{dt^2} m(t) \right) m(t) - \left( \frac{d}{dt} m(t) \right)^2 - 4 j^2 \right) j}{2(m(t))^3} & 0 \end{bmatrix} = 0$$

Для разрешимости требуется решить дифференциальное уравнение:

$$\frac{\left( 2 \left( \frac{d^2}{dt^2} m(t) \right) m(t) - \left( \frac{d}{dt} m(t) \right)^2 - 4 j^2 \right) j}{2(m(t))^3} = 0, \quad (7)$$

Для решения относительно  $j$  (7) можно привести к виду

$$\left( 2 \left( \frac{d^2}{dt^2} m(t) \right) m(t) - \left( \frac{d}{dt} m(t) \right)^2 - 4 j^2 \right) j = 0,$$

получим:

$$\{ j = 0, 2 \left( \frac{d^2}{dt^2} m(t) \right) m(t) - \left( \frac{d}{dt} m(t) \right)^2 - 4 j^2 = 0 \}$$

Решая уравнение

$$2 \left( \frac{d^2}{dt^2} m(t) \right) m(t) - \left( \frac{d}{dt} m(t) \right)^2 - 4j^2 = 0,$$

получаем:

$$j = \pm \frac{1}{2} \sqrt{2 \left( \frac{d^2}{dt^2} m(t) \right) m(t) - \left( \frac{d}{dt} m(t) \right)^2}$$

Разрешим уравнение идеального газа  $\dot{S} + SA + A_*S = (1 - \gamma)tr(A)S$  для случая без вращения ( $j = 0$ ):

$$\dot{S} + SA + A_*S - (1 - \gamma)tr(A)S = \begin{bmatrix} a_1 + a_2 & 0 \\ 0 & a_1 + a_2 \end{bmatrix} = 0, \quad (8)$$

где:

$$a_1 + a_2 = \frac{2 \left( \frac{d^3}{dt^3} m(t) \right) (m(t))^2 - 4(\gamma - 2) \left( -1/2 \left( \frac{d^2}{dt^2} m(t) \right) m(t) + 1/4 \left( \frac{d}{dt} m(t) \right)^2 + j^2 \right) \frac{d}{dt} m(t)}{4(m(t))^3}$$

Матричное дифференциальное уравнение (8) – это представление (3) в общем виде (для рассматриваемой матрицы  $M$ ), перейдем к решению (8) для  $j = 0$ .

Подставим  $j = 0$  в (8)

$$\begin{bmatrix} a_1 & 0 \\ 0 & a_1 \end{bmatrix} = 0, \quad (9)$$

где:

$$a_1 = \frac{2 \left( \frac{d^3}{dt^3} m(t) \right) (m(t))^2 - 4(\gamma - 2) \left( -1/2 \left( \frac{d^2}{dt^2} m(t) \right) m(t) + 1/4 \left( \frac{d}{dt} m(t) \right)^2 \right) \frac{d}{dt} m(t)}{4(m(t))^3},$$

так как диагональные элементы матричного дифференциального уравнения одинаковы, то достаточно решить одно уравнение:

$$\frac{2 \left( \frac{d^3}{dt^3} m(t) \right) (m(t))^2 - 4(\gamma - 2) \left( -1/2 \left( \frac{d^2}{dt^2} m(t) \right) m(t) + 1/4 \left( \frac{d}{dt} m(t) \right)^2 \right) \frac{d}{dt} m(t)}{4(m(t))^3} = 0 \quad (10)$$

В данном дифференциальном уравнении третьего порядка  $\gamma (\gamma > 1)$  варьируемый параметр, мы будем рассматривать (10) при значении  $\gamma = 2$ .

Рассмотрим частный случай дифференциального уравнения (10) при  $\gamma = 2$

$$\frac{d^3 m(t)}{dt^3} = 0, \quad (11)$$

Дифференциальное уравнение третьего порядка (12) относится к линейным дифференциальным уравнениям с постоянными коэффициентами [4]

$$\lambda^3 = 0,$$

Получается  $\lambda = 0$ , корень кратности 3, значит решение  $m(t)$  имеет вид:

$$m(t) = \frac{1}{2} C_1 t^2 + C_2 t + C_3 \quad (12)$$

Для нашей модели закон изменения скорости имеет вид

$$\vec{u} = \dot{M}\vec{\xi} \Rightarrow \vec{\xi} = M^{-1}\vec{x} \Rightarrow \vec{u} = \dot{M}\vec{\xi} = \dot{M}M^{-1}\vec{x} = A\vec{x}. \quad (13)$$

Мировые линии движения частиц находятся как решение задачи Коши [5]

$$\frac{d\vec{x}}{dt} = \vec{u}(t, \vec{x}), \quad \vec{x}(t_0) = \vec{\xi}.$$

Для нашего решения уравнения мировых линий задаются системой

$$\frac{d}{dt} \vec{x} = A\vec{x}, \quad (14)$$

где  $\vec{x} = (x, y)$ .

Получаем систему уравнений, описывающую движение нашей системы:

$$\begin{cases} x(t) = C_4 \sqrt{-C_1 t^2 + 2 C_2 t + 2 C_3} \\ y(t) = C_5 \sqrt{-C_1 t^2 + 2 C_2 t + 2 C_3} \end{cases} \quad (15)$$

Исследуем особенности движения частиц системы (15). Для нахождения особенностей движения частиц газа составим матрицу Якоби перехода от эйлеровых к лагранжевым переменным.

Найдем определитель матрицы Якоби или, другими словами, Якобиан системы (15):

$$\begin{bmatrix} \sqrt{-C_1 t^2 + 2 C_2 t + 2 C_3} & 0 \\ 0 & \sqrt{-C_1 t^2 + 2 C_2 t + 2 C_3} \end{bmatrix} = A, \quad \det(A) = -C_1 t^2 + 2 C_2 t + 2 C_3 \quad (16)$$

Анализируя Якобиан системы (15), а именно найдя значения  $t$ , при которых он равняется нулю, мы найдем точки коллапса системы. В нашем случае, можем заметить, что из условий (12), (16) и (2) следует:

$$\det(A) = {}_C1 t^2 + 2 {}_C2 t + 2 {}_C3,$$

$$m(t) = \det M > 0, m(t) = \frac{1}{2} {}_C1 t^2 + {}_C2 t + {}_C3$$

Из этого можем сделать вывод, что Якобиан (23) не равен нулю по условию, это значит, что коллапсов в нашей системе не происходит.

При  ${}_C1 = \frac{1}{2}, {}_C2 = 1, {}_C3 = 1, {}_C4 = 1, {}_C5 = 3$  мировые линии движения частиц газа без вращения принимают вид:

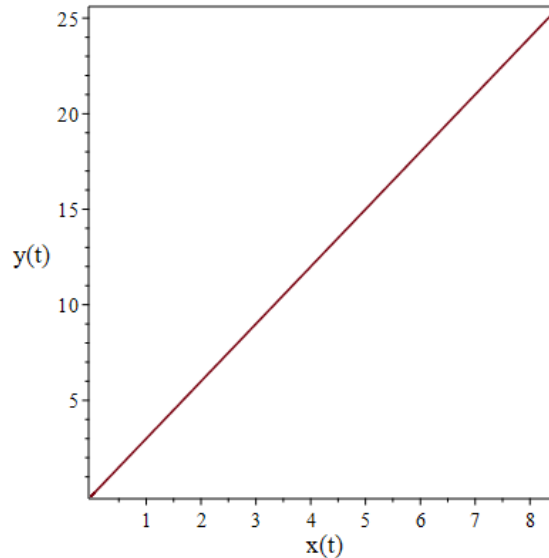


Рис. 1. Траектория движения частиц при  $t \in [-2.1, 10]$

Для случая с вращением ( $j \neq 0$ ) решение уравнения идеального газа  $\dot{S} + SA + A_* S = (1 - \gamma) \text{tr}(A) S$  аналогично.

Получаем систему уравнений, описывающую движение нашей системы:

$$\begin{cases} x(t) = {}_C4 t + {}_C5 \\ y(t) = -\frac{{}_C1 {}_C5 t - {}_C2 {}_C4 t + {}_C2 {}_C5 - 2 {}_C3 {}_C4}{\sqrt{2 {}_C1 {}_C3 - {}_C2^2}} \end{cases} \quad (17)$$

Проведя исследование якобиана системы (17), приходим к выводу, что коллапсов в системе не происходит.

При  ${}_C1 = \frac{3}{2}, {}_C2 = 1, {}_C3 = 1, {}_C4 = 1, {}_C5 = 3$  мировые линии движения частиц газа с вращением принимают вид:

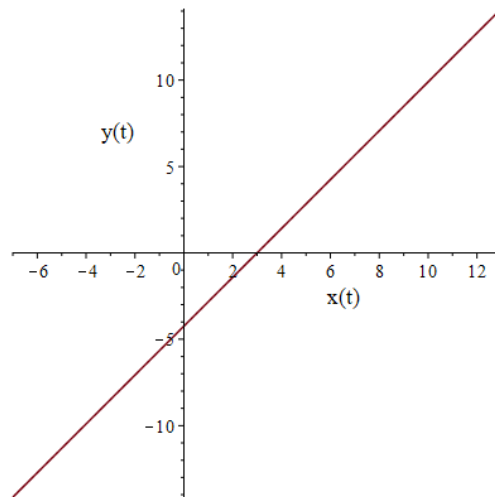


Рис. 2. Траектория движения частиц при  $t \in [-10, 10]$

При  $C_1 = \frac{3}{2}, C_2 = 1, C_3 = 1, C_4 = 1, C_5 = 3$  и для отрицательного значения  $j$  мировые линии движения частиц газа с вращением принимают вид:

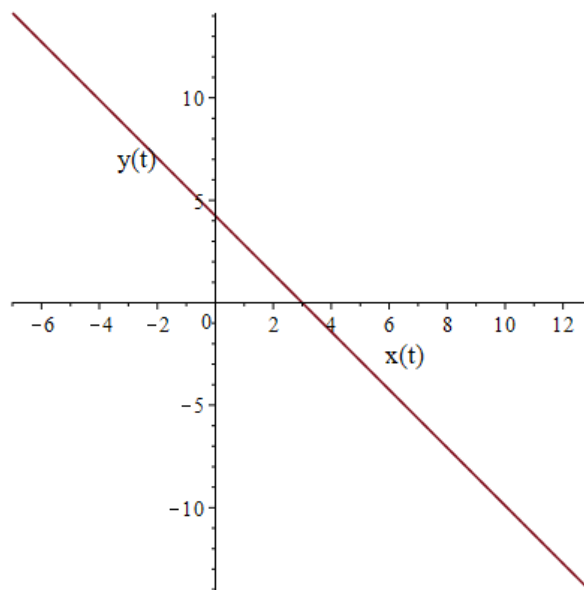


Рис. 3. Траектория движения частиц при  $t \in [-10, 10]$

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Овсянников Л. В. «Газовый маятник», ПМТФ, 2000, Т. 5 №1, С. 115–119.
2. Dyson F. J. Dynamics of a spinning gas cloud // J. Math. Mech. 1968. V. 18, N 1. P. 91–101.
3. Овсянников Л. В. Новое решение уравнений гидродинамики // Докл. АН СССР. 1956. Т. 111, N-о 1. С. 47–49.
4. Филиппов А.Ф. Сборник задач по дифференциальным уравнениям // Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2000, 176 стр.
5. Dedekind R. Zusatz zu der vorstehenden Abhandlung // Crelle's Journal. – 1861. – Bd. 58. – P. 217-228.
6. Риман Б. Сочинения. М.-Л.: ГИТТЛ, 1948.
7. А. И. Осин, С.А. Пославский «О движениях с однородной деформацией в газовой динамике» // ВМУ, №6, математика, механика, 1980, С. 81–85

УДК 532.5

Р. Р. САТТАРОВА

*zakasatt@mail.ru*

Науч. руковод. – доц., проф. В. А. БАЙКОВ

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОДЪЕМА КЕРНА НА ПОВЕРХНОСТЬ ПОСЛЕ ВЫБУРИВАНИЯ

**Аннотация.** Использован метод совместного решения задач фильтрации и упругости. Решение гидродинамической задачи позволяет построить и проанализировать процессы, возникающие при вытеснении жидкостей из пористых сред и изменения внутреннего давления, а решение геомеханической задачи позволяет оценить напряженное состояние образца при поднятии керна с больших глубин с различной скоростью. Выявлены факторы, приводящие к нарушению сплошности керна.

**Ключевые слова:** закон Дарси; уравнение неразрывности; фильтрация; капиллярное давление; геомеханика; гидродинамика; изотропность; насыщенность; напряженность; прочность.

### ***Введение***

Большие глубины залегания (достигающие 10 км) пород-коллекторов приводят к существенному изменению термобарических условий при извлечении керна на поверхность. Это затрудняет определение реальных свойств пород коллектора в условиях, соответствующих пластовым. Снятие пластового давления при подъеме керна на поверхность приводит к повышению пористости и трещиноватости породы, по сравнению с пластовыми условиями. В то же время понижение температуры приводит к снижению пористости. Поэтому необходимо учитывать скорость поднятия. Быстрое извлечение керна на поверхность приводит к его разрушению и потере начального облика, а при медленном поднятии из пор вымываются содержащиеся в керне углеводороды.

Целью работы состоит в разработке методов, алгоритмов и программ для моделирования поднятия керна на поверхность.

В качестве объекта исследования будет рассматриваться цилиндр радиуса  $R = 5$  см и высотой  $h = 10$  м. На внешней круговой границе поддерживается постоянное давление  $P_e$ , зависящее от времени. Имитация подъема керна на



поверхность будет достигаться путем уменьшения внешнего давления, то есть керн испытывает сжатие (всесторонне гидростатическое давление).

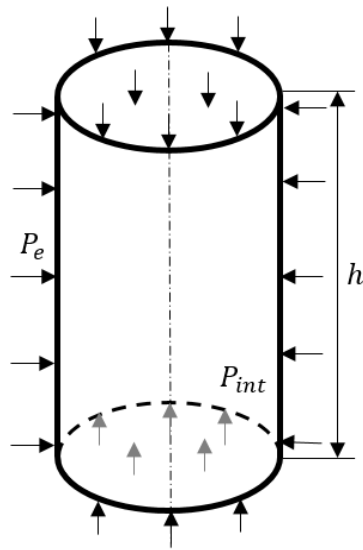


Рис. 1. Цилиндрическое тело (керн) с постоянным давлением

В силу изотропности и симметричности будем рассматривать одномерную задачу двухфазной фильтрации двух несмешивающихся жидкостей: нефть и вода.

Система уравнений для одномерной двухфазной задачи фильтрации [2] будет выражаться уравнением неразрывности, законом Дарси в цилиндрических координатах и капиллярным давлением (1). Начальные условия выражают пластовые условия. Граничные условия показывают изменение внешнего забойного давления во времени от пластовых до поверхностных условий:

$$\left\{ \begin{array}{l} m \frac{\partial s_w}{\partial t} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r u_{wr}) = 0, \quad \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} r (u_{wr} + u_{or}) = 0; \\ u_{ir} = -\frac{kk_i(s)}{\mu_i} \frac{\partial p_i}{\partial r}, \quad i = o, w; \\ p_c = (p_w - p_o); \\ \sum_i s_i = 1; \\ p_w|_{t=t_0} = P_0, \quad p_o|_{t=t_0} = P_0; \\ \frac{\partial p_w}{\partial r} |_{r=0} = 0, \quad \frac{\partial p_o}{\partial r} |_{r=0} = 0; \\ p_w|_{r=R} = P_{ext}(t), \quad p_o|_{r=R} = P_{ext}(t). \end{array} \right. \quad (1)$$

где  $\vec{u}_{wr}, \vec{u}_{or}$  – скорость фильтрации фаз воды и нефти,  $S_w$  – водонасыщенность,  $k$  – проницаемость,  $\mu$  – вязкость,  $\rho$  – плотность,  $m$  – масса компонента,  $p_i$  – давление нефтяной и водной фазы.

Для решения реальной задачи будет рассматриваться одномерная задача трехфазной фильтрации. Предположим, что нефть и вода несжимаемы и отсутствует массообмен между нефтяной и газовой фазой. К полученной системе добавляется уравнение сохранения массы для газовой фазы:

$$m \frac{\partial(\rho_g s_g)}{\partial t} = \text{div } \rho_g \vec{u}_g. \quad (2)$$

В начальный момент времени газ растворен в нефти. Установим предельное значение давления, при котором газ начинает выделяться, равное 120 атм.

Далее для определения соответствию критериям разрушения рассматривается упругое состояние ядра. Объектом исследования является деформация цилиндра под действием внешних сил. За ось вращения примем ось  $z$ , перпендикулярную ей за ось  $r$ . Так как все точки находятся в одинаковых условиях, то двух координат достаточно.

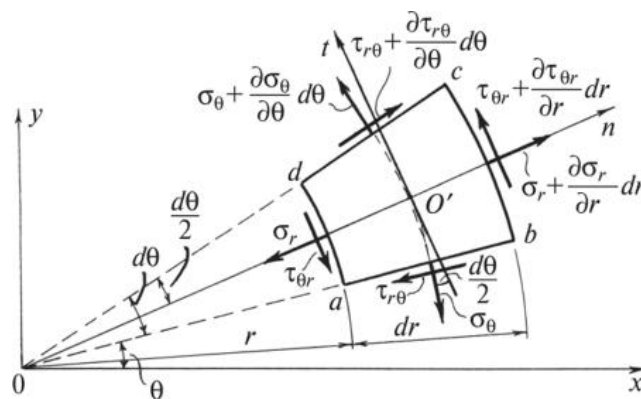


Рис. 2. Часть цилиндрического тела

Объем элементарного элемента среды (Рисунок 2) определяется выражением  $dV = r dr d\theta dz$ . Для осесимметричного поля деформаций справедливо, что касательные напряжения равны нулю, а нормальные напряжения  $\sigma_r$  и  $\sigma_\theta$  не зависят от угловой координаты. В центре цилиндра перемещения равны 0, то есть

$w_r|_{r=0} = 0$ . Проектируя все усилия, принадлежащие элементарному объему, имеем уравнение равновесия в виде:

$$\frac{\partial \sigma_r}{\partial r} + \frac{\sigma_r - \sigma_\theta}{r} + Bi \cdot F_r = 0. \quad (3)$$

Соотношение между деформациями и перемещениями:

$$\varepsilon_r = \frac{\partial w_r}{\partial r}, \quad \varepsilon_\theta = \frac{w_r}{r}. \quad (4)$$

Соотношение между напряжениями и деформациями:

$$\sigma_r = (\lambda + 2\mu) \frac{\partial w_r}{\partial r} + \lambda \frac{w_r}{r}, \quad \sigma_\theta = (\lambda + 2\mu) \frac{w_r}{r} + \lambda \frac{\partial w_r}{\partial r}. \quad (5)$$

где  $\lambda = \frac{\nu E}{(1+\nu)(1-2\nu)}$ ,  $\mu = \frac{E}{2(1+\nu)}$  – постоянные Ламе для однородного изотропного тела,  $\sigma_r, \sigma_\theta$  – нормальные напряжения,  $\varepsilon_r, \varepsilon_\theta$  – деформации,  $w_r$  – перемещения,  $Bi$  – коэффициент пороупругости Био,  $E$  – модуль Юнга,  $\nu$  – коэффициент Пуассона.

Окончательная система уравнений представляется дифференциальным уравнением Ляме в перемещениях [8]. Граничные условия выражают сжимающие силы, возникающие при равномерном внешнем давлении. Перемещения в центре керна отсутствуют.

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial^2 w_r}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial w_r}{\partial r} - \frac{w_r}{r^2} = -Bi \cdot F; \\ \sigma_r|_{r=R} = -P_{ext}(t); \\ w_r|_{r=0} = 0. \end{array} \right. \quad (6)$$

Градиент поля давлений фильтрации выражается через силу  $F$ . Градиент давлений меняет напряженное состояние породы, степень влияния определяется коэффициентом Био.

Таким образом, будет выполняться совместное решение одномерной двухфазной задачи фильтрации (1) и упругости (6) в цилиндрических координатах.

### *Гидродинамическая модель*

В нефтяных, нефтегазовых и газовых коллекторах распределение флюидов (насыщенность нефтью, газом и водой) регулируется капиллярными силами. Во время бурения возможно проникновение бурового раствора в систему пор породы до и во время отбора керна, что приводит к изменению исходного пространственного и объемного распределения жидкостей. Степень проникновения будет зависеть от скорости бурения, характеристик породы.

Задача плоской фильтрации в силу осесимметричности задача будет решаться на четверти керна в гидродинамическом симуляторе РН-КИМ.

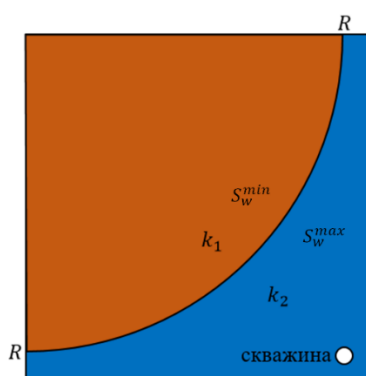


Рис. 3. Четверть керна 2D вид сверху

Положим значение насыщенности водой ( $s_w$ ) в керне минимальной, в объеме максимальной, т.е. выполняется приконтурное заводнение, а значение насыщенности нефтью в керне максимально. При таком виде заводнения нагнетательные скважины располагаются вблизи внешнего контура нефтеносности в пределах водонефтяной зоны залежи. Керн является гидрофобным коллектором, с большим поровым объемом. Проницаемость в керне больше, чем в объеме  $k_1(1 \text{ мД}) \ll k_2(1000 \text{ мД})$ . Аппроксимацию краевых условий проводилась с помощью метода источников. В качестве стока положим скважину, с изменяющимся нагнетательным давлением.

Рассмотрим изменение водонасыщенности и газонасыщенности в керне за час и за сутки.

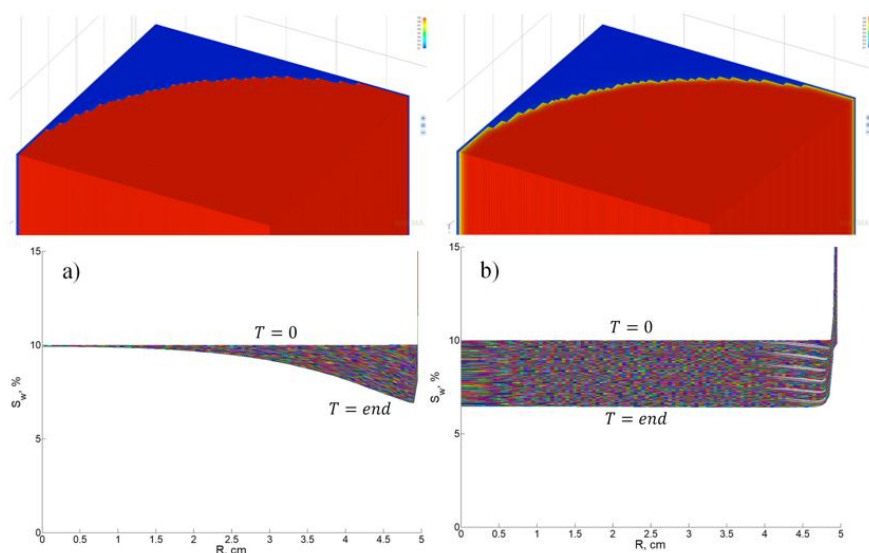


Рис. 4. Значение  $s_w(t)$  при извлечении а) за час, б) за сутки

Во время подъема керна на поверхность высвобождение или расширение газа будет приводить к вытеснению как природных жидкостей, так и попавшего внутрь фильтрата раствора [6]. Насыщенность газом будет выявляться всегда, даже в водяной зоне. В случае насыщенности пор жидкостями из-за нехватки места газ может выделяется в объем. Процент газа в керне будет напрямую зависеть от скорости.

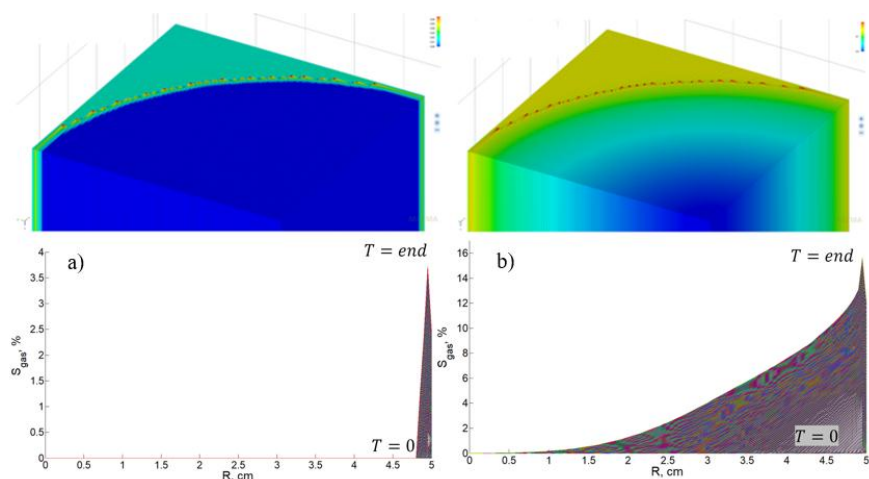


Рис. 5. Значение  $s_g(t)$  при извлечении а) за час, б) за сутки

Можно сделать вывод, чем медленнее извлекаем на поверхность, тем больше бурового раствора проникает в поры керна: при извлечении за час буровой раствор вымывает около 3% жидкости только на границе керна, а при извлечении за сутки керна вымывается на 3% целиком. За такое же время рассмат-

ривалось изменение насыщенности газом. Ниже точки насыщения происходит разгазирование нефти. Газ заполняет половину керн, образуется газовое кольцо и в силу давления жидкости выделяется в объем.

Во время транспортировки от забоя до устья скважины нагрузка, действующая на керн, быстро уменьшается, давление в порах падает. Основная причина повреждения керн при его отборе – это последствие дифференциального падения давления в порах. Проницаемость керн мы положили в разы ниже, чем в объеме.

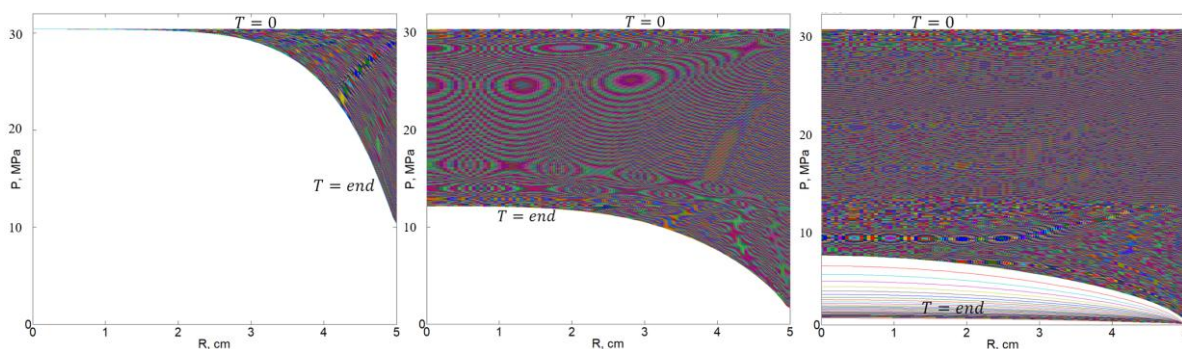


Рис. 6. Изменение давления за час, сутки и 10 суток

Результаты расчетов показывают, что наибольший перепад давлений и наибольший риск разрушения наиболее вероятны в заключительном интервале отбора. Добавим время выдержки на поверхности, для совпадения давлений в середине и на концах. Для совпадения давлений в середине керн и на концах потребуется более 10 суток, это не осуществимая на практике задача.

### **Оптимизация скорости**

Обратимся к требованиям к организации отбора, объемам и интервалам отбора керн принятыми в компании Роснефть [9].

Таблица 1

Реальные рекомендации по отбору керн

Эксперимент	СПО (м)	$p_0$ (атм.)	$v$ (м/мин)	$t$ (мин)
1	До 990 м	300 – 99	9	223
2	990 – 716	99 – 71,6	4,5	18
3	716 – 442	71,6 – 44,2	3	92
4	442 – 137	44,2 – 13,7	2,2	139
5	От 137	13,7 – 1	1,8	74

По данным рекомендациям построена модель.

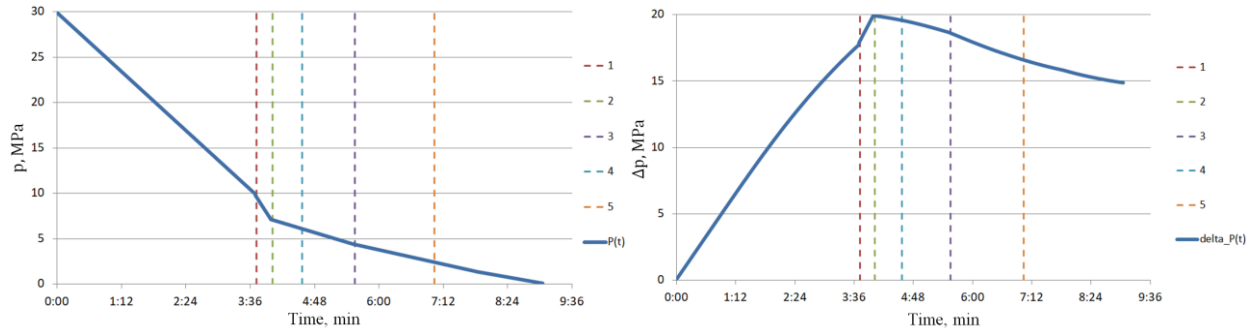


Рис. 7. Графики изменения  $p$  и  $\Delta p$  во времени

При реальном сценарии поднятия керна с остановками потребовалось 9 часов и 6 минут. Но при этом, выявлены существенные недостатки, в виде большой разницы при сравнении разницы между давлением в центре керна и снаружи. Таким образом, данные рекомендации не учитывают влияние газа, поэтому решим задачу оптимизации.

Решим задачу по нахождению оптимальной скорости для поднятия керна, с затрачиванием наименьшего времени и с критерием на давление:

$$\max(p(x)) - p_0 \leq 5 \text{ МПа.} \quad (7)$$

Таблица 2

СПО подобранные

Эксперимент	$p_0$ (атм.)	СПО (м)	$t$ (мин)	$v$ (м/мин)
1	300 – 220	До 2200	480	1,7
2	220 – 150	2200 – 1500	540	1,3
3	150 – 90	1500 – 900	480	1,25
4	90 – 80	900 – 800	300	0,3
5	80 – 70	800 – 700	360	0,28
6	70-33	700 – 330	1440	0,257
7	33-1	От 330	1440	0,2285

Построим новую модель.

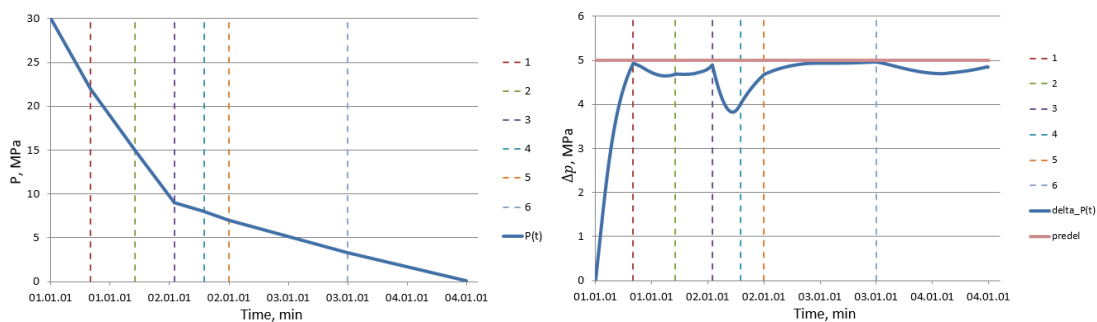


Рис. 8. Графики изменения  $p$  и  $\Delta p$  во времени

Получена ломаная линия, в силу того, что границы были подобраны вручную, для соответствия оптимальному условию. При оптимизации поднятия керн с остановками потребовалось 3 дня 12 часов.

Таким образом, получен лучший случай с точки зрения сохранности керн, в независимости от прочностных свойств породы.

### ***Сравнение зависимости напряжений от глубины залегания***

Изучим каким образом влияет глубина выбуривания керн на устойчивость к разрушению. Построим модель по реальным рекомендациям и модель оптимизации с различной глубиной залегания: 4 км, 5 км, 7 км и 10 км.

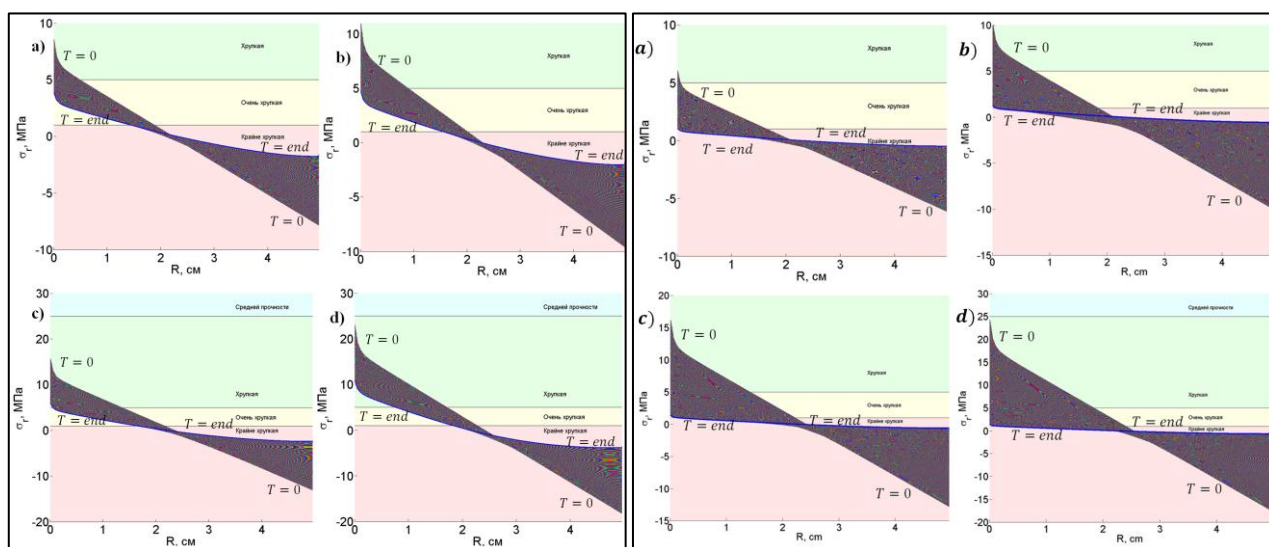


Рис. 9. Изменение напряжений во времени реальной и оптимизационной задачи:  
*a – 4 км; b – 5 км; c – 7 км; d – 10 км*

По рисунку 9 видно, что чем выше глубина залегания, тем большие напряжения испытывает керн во время извлечения. Представим графики разницы максимальных растягивающих и сжимающих напряжений в каждый момент времени а) при реальном сценарии извлечения б) при оптимальном сценарии извлечения.



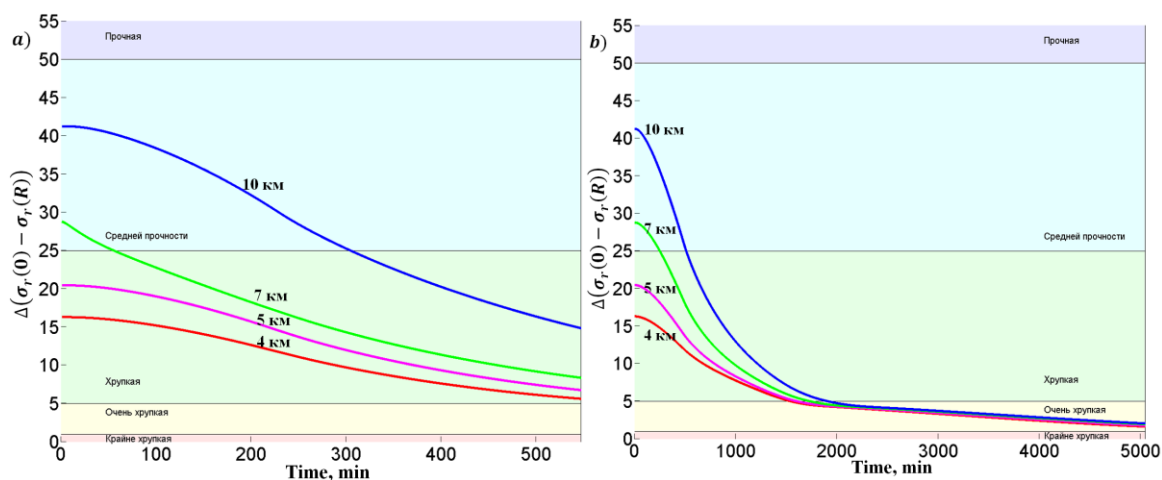


Рис. 10. Максимальные растягивающие и сжимающие напряжения

Сравнение графиков на рисунке 10 показывает, что оптимизация помогла уменьшить напряжения и приводит к большей сохранности керна (растягивающие напряжения меньше критерия разрушения) независимо от глубины. Т.е. в момент начала выделения газа напряжения и давления незначительны и не повлияют на керн. Предложенные рекомендации по оптимизации учитывают выделение газа и распределение флюидов.

### **Вывод**

Совместное решение гидродинамической и геомеханической задач показало, что быстрое извлечение керна на поверхность приводит к сильному его разрушению и потере начального облика, а при медленном поднятии из пор вымываются содержащиеся в керне углеводороды и происходит активное выделение газа, что тоже приводит к потере сплошности из-за фильтрации к центру и наибольшего давления в центре.

Было показано согласование результатов расчетов с реальными требованиями по подъему керна материала высокой проницаемости (10 мД). Выполнена оптимизация скорости (контроль давления в каждый момент времени) подъема керна материала для коллекторов с низкой проницаемостью (менее 1 мД), и показаны условия (критерии) разрушения породы при диапазонах скоростях подъема, используемых на буровых станках.

Таким образом, разрушение в сплошной среде не зависит от скорости извлечения, если она имеет высокие прочностные характеристики. Длительная устойчивость керна к разрушению будет определяться как напряжениями, в условиях притока флюидов, так и прочностными свойствами самой породы. Так как причиной разрушения являются растягивающие напряжения, в нашем случае не превышавшие критерий разрушения на растяжение, то можно сделать вывод, что разрушение сплошного керна (песчаник – прочная порода) не зависит от скорости его извлечения, а нарушение сплошности произойдет в хрупких материалах, которые изначально имеют трещины.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Азиз Х., Сеттари Э., Математическое моделирование пластовых систем // Перевод с английского М.: изд-во «Недра», 1982. 407 с.
2. Каневская Р.Д. Математическое моделирование гидродинамических процессов разработки месторождений углеводородов // М. – И.: Институт компьютерных исследований, 2002. 140 с.
3. Басниев К.С., Кочина И.Н., Максимов В.М., Подземная гидромеханика // М.: изд-во «Недра», 1993. 416 с.
4. Тиссо Б., Вельте Д., Образование и распространение нефти // М.: изд-во «Мир», 1981. 504 с.
5. Партон В.З. Механика разрушения // М.: изд-во «Наука», 1990. 240 с.
6. Щелкачев В.Н., Лапук Б.Б. Подземная гидравлика // М. – И.: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001. 736 с.
7. Иванов М.К., Калмыков Г.А., Белохин В.С., Корост Д.В., Хамидуллин Р.А., Петрофизические методы исследования керна (Терригенные отложения). Книга 1: Лабораторные методы петрофизических исследований керна // М.: изд-во Московского университета, 2008. 107 с.
8. Хан Х. Теория упругости: основы линейной теории и ее применения // Пер. с нем. М: Мир, 1988. 344 с.
9. Макфи К., Рид Дж., Зубизаретта И. Лабораторные исследования керна: гид по лучшим практикам // М. – И.: изд-во «ИКИ», 2018. 924 с.

И. А. СОРОКИН

*ilya.sorokin.90@bk.ru*

Науч. руковод. – д-р физ.-мат. наук, доц. С. Ю. ЛУКАЩУК

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## ПОСТРОЕНИЕ ОБЩЕГО РЕШЕНИЯ ДРОБНО-ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ БЕССЕЛЯ

**Аннотация.** Объектом исследования является дробно-дифференциальное уравнение Бесселя, полученное из уравнения Гельмгольца с потенциалом Рисса. С использованием преобразования Фурье построено фундаментальное решение рассматриваемого уравнения для случая смещенной дельта-функции. Для однородного дробно-дифференциального уравнения Бесселя показано, что его фундаментальная система решений состоит из двух элементов, и с использованием преобразования Меллина получено общее решение этого уравнения. Показано, что одним элементом фундаментальной системы решений является классическая функция Бесселя первого рода, а второй элемент представляется через функцию Фокса. Построено разложение в ряд Неймана по функциям Бесселя частного решения рассматриваемого уравнения Бесселя дробного порядка, представимого через функцию Фокса.

**Ключевые слова:** интеграл дробного порядка, дробно-дифференциальное уравнение Бесселя, общее решение, функция Фокса, преобразование Меллина, факторизация.

Данная работа посвящена исследованию одного дробно-дифференциального обобщения уравнения Бесселя. Актуальность выбранной темы заключается в том, что рассматриваемое уравнение возникает в радиальных задачах, связанных с описанием процессов переноса энергии и массы в неоднородных сложных средах с учетом эффектов пространственной нелокальности.

*Целью* работы является построение общего решения одного дробно-дифференциального обобщения уравнения Бесселя методом интегральных преобразований.

Для достижения данной цели в работе были поставлены и решены следующие *задачи*.

1. Вывод однопараметрического семейства дробно-дифференциальных обобщений уравнения Бесселя заданного дробного порядка из обобщенного уравнения Гельмгольца с дробным лапласианом.

2. Построение фундаментального решения дробно-дифференциального уравнения Бесселя с использованием преобразования Фурье.

3. Построение фундаментальной системы решений однородного дробно-дифференциального уравнения Бесселя с использованием преобразования Меллина.

4. Исследование возможности обобщения теоремы сложения для найденных частных решений однородного дробно-дифференциального уравнения Бесселя, образующих его фундаментальную систему решений.

ВКР состоит из введения, 2 разделов, заключения, списка литературы. ВКР изложена на 31 страницах, список литературы включает 15 источников.

#### *Характеристика содержания выпускной квалификационной работы*

В первом разделе работы сделан обзор основных понятий и методов решения в области дробных интегро-дифференциальных операторов, интегральных преобразований Фурье и Меллина и теории специальных функций Фокса.

В первом подразделе второго раздела представлен вывод дробно-дифференциального уравнения Бесселя из уравнения Гельмгольца с дробным лапласианом. Для вывода уравнения использовалось разложение в ряд Фурье неизвестной функции из уравнения Гельмгольца с потенциалом Рисса дробного порядка, и дальнейшим расщеплением по коэффициентам ряда. Полученное однопараметрическое семейство уравнений имеет вид

$$\Delta_R \left( s^{-\frac{m}{2}} I_0^{\frac{\alpha}{2}} s^{m-\frac{\alpha}{2}} I_{+\infty}^{\frac{\alpha}{2}} s^{-\frac{m}{2}} w_m(\sqrt{s}) \right)_{s=R^2} - \frac{m^2}{R^2} \left( s^{-\frac{m}{2}} I_0^{\frac{\alpha}{2}} s^{m-\frac{\alpha}{2}} I_{+\infty}^{\frac{\alpha}{2}} s^{-\frac{m}{2}} w_m(\sqrt{s}) \right)_{s=R^2} + 2^\alpha w_m(R) = \frac{\delta(R-R_0)}{\pi R}, \quad (1)$$

где

$$I_0^\alpha f(x) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \int_0^x \frac{f(t)}{(x-t)^{1-\alpha}} dt, \quad I_{+\infty}^\alpha f(x) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \int_x^{+\infty} \frac{f(t)}{(t-x)^{1-\alpha}} dt$$

– левосторонний и правосторонний дробные интегралы порядка  $\alpha$ , и

$$\Delta_R = \frac{1}{R} \frac{d}{dR} \left( R \frac{d}{dR} \right).$$

Во втором и третьем подразделах представлено построение общего решения полученного уравнения с помощью интегральных преобразований Фурье и Меллина. При построении решения использовались свойства преобразования Фурье от потенциала Рисса в случае, когда функция радиальная, и свойства преобразования Меллина от интегралов дробного порядка. Доказаны следующие утверждения.

*Утверждение 1.* Фундаментальное решение уравнения (1):

$$w_m(R) = \frac{1}{2-\alpha} \sum_{n=0}^{\infty} \left( \frac{R_0}{R} \right)^{n+m} \frac{H_{24}^{31} \left[ \frac{R}{2} \left| \begin{matrix} \left(1 - \frac{1}{2-\alpha}; \frac{1}{2-\alpha}\right) \left(0; \frac{1}{2}\right) \\ \left(1 - \frac{1}{2-\alpha}; \frac{1}{2-\alpha}\right) \left(\frac{n}{2}; \frac{1}{2}\right) \left(m + \frac{n}{2}; \frac{1}{2}\right) \left(0; \frac{1}{2}\right) \end{matrix} \right]}{\Gamma\left(\frac{n}{2} + 1\right) \Gamma\left(\frac{n}{2} + m + 1\right)}.$$

Здесь  $H_{24}^{31}(x)$  – функция Фокса.

*Утверждение 2.* Общее решение однородного уравнения (1) имеет вид

$$w_m(R) = C_1 J_m(R) + C_2 H_m(R),$$

где  $C_1, C_2$  – произвольные постоянные,  $J_m(R)$  – функция Бесселя 1 рода,

$$H_m(R) = H_{24}^{21} \left[ \frac{R}{2} \left| \begin{matrix} \left(-\frac{\alpha+m}{2-\alpha}; \frac{1}{2-\alpha}\right) \left(\frac{1}{2} - \frac{\alpha+m}{2-\alpha}; \frac{1}{2-\alpha}\right) \\ \left(\frac{m}{2}; \frac{1}{2}\right) \left(-\frac{\alpha+m}{2-\alpha}; \frac{1}{2-\alpha}\right) \left(-\frac{m}{2}; \frac{1}{2}\right) \left(\frac{1}{2} + \frac{\alpha+m}{2-\alpha}; \frac{1}{2-\alpha}\right) \end{matrix} \right].$$

В данном случае общее решение было подобрано таким образом, чтобы существовало обратное преобразование Меллина, и было выражено в терминах специальных функций Фокса.

В четвертом подразделе было построено разложение в ряд Неймана по функциям Бесселя частного решения однородного уравнения Бесселя дробного порядка.

*Утверждение 3.* Второе частное решение уравнения (2.1) может быть представлено следующим образом

$$H_0(u+v) = a_0(u)J_0(v) + 2 \sum_{k=1}^{\infty} a_k(u)J_m(v),$$

где

$$\begin{aligned} a_{2n}(u) &= \frac{1}{4} \sum_{k=0}^n \frac{2n(2n-k-1)!}{k!} \\ &= \frac{1}{4} \sum_{k=0}^n \frac{2n(2n-k-1)!}{k!} \cdot \frac{\partial^{2n-2k} w_0}{\partial v^{2n-2k}}_{v=0} 2^{2n-2k+1}, \end{aligned}$$

$$\frac{\partial^{2k} w_0}{\partial v^{2k}}_{v=0} = 2^{2k} \left( w_{2k}(u) - \sum_{l=0}^{k-1} (-1)^l C_l^{k-1} \prod_{i=1}^k (2l+2i-1) u^{2l} I_0^1 \left( \frac{w_{2k}(u)}{u^{2l+1}} \right) \right)$$

$$a_{2n+1}(u) = \frac{1}{4} \sum_{k=0}^n \frac{(2n+1)(2n-k)!}{k!} \cdot \frac{\partial^{2n-2k+1} w_0}{\partial v^{2n-2k+1}}_{v=0} 2^{2n-2k+2},$$

$$\frac{\partial^{2k+1} w_0}{\partial v^{2k+1}}_{v=0} = 2^{2k+1} \left( w_{2k+1}(u) \right.$$

$$\left. - \sum_{l=0}^{k-1} (-1)^l C_l^{k-1} \prod_{i=1}^k (2l+2i-1) u^{2l} I_0^1 \left( \frac{w_{2k+1}(u)}{u^{2l+1}} \right) \right).$$

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Самко С.Г., Килбас А.А., Маричев О.И. Интегралы и производные дробного порядка, и некоторые их приложения. Минск.: Наука и техника, 1987. 688 с.
2. Stein E.M. The characterization of functions arising as potentials // Bull. Amer. Math. Soc. 1961. V. 67, No. 1. Pp. 102-104.
3. Самко С.Г. Гиперсингулярные интегралы и их приложения. Ростов на Дону: Изд-во Рост. ун-та, 1984. 208 с.
4. Рубин Б.С. Одномерное представление, обращение и некоторые свойства потенциалов Рисса от радиальных функций // Математические заметки. 1983. Т. 34, № 4. С. 521-533.

УДК 532.5

Н. О. ФОКЕЕВА, Р. А. БАШМАКОВ

*ffoxnina@gmail.com*

Науч. руковод. – д-р физ.-мат. наук, проф. В. Ш. ШАГАПОВ

*Институт механики им. Р. Р. Мавлютова Уфимского федерального исследовательского центра РАН*

## **ЗАДАЧА О ФИЛЬТРАЦИИ ФЛЮИДА ПРИ ПЕРЕХОДНЫХ РЕЖИМАХ РАБОТЫ СКВАЖИНЫ С ГРП**

**Аннотация.** В работе изучена математическая модель фильтрации флюида в пласте и трещине ГРП при переходных режимах работы скважины. Полученные решения позволяют описать связь между расходом жидкости и эволюцией давления, как в трещине, так и в пласте.

**Ключевые слова:** гидроразрыв пласта, фильтрация флюида, трещина ГРП.

Гидроразрыв пласта способствует повышению продуктивности скважин и является одним из самых распространенных методов интенсификации притока. Этот метод применяется уже более 70 лет, стоит отметить, что самый первый гидравлический разрыв пласта не имел положительного эффекта. Но затем методику пересмотрели и популярность ГРП значительно возросла. Со временем появилось множество различных его типов, например, пропантный и кислотный; одностадийный и многостадийный.

Большое количество исследований посвящено вопросам ГРП. В работах [1-2] предложена математическая модель, используемая в данной работе. Предполагается, что в низкопроницаемых пластах жидкость в основном растекается по трещине, и из трещины перетекает в пласт (рис. 1). При описании этого процесса все сводится к системе двух дифференциальных уравнений. В работах [2] и [3] описано в динамике распределение давления в скважине и вертикальной трещине при поддержании постоянного давления на скважине и при постоянном расходе флюида. Аналитические решения ищут применением преобразования Лапласа. Также в работе [3] рассмотрены задачи об эволюции давления в окрестности трещины ГРП при поддержании постоянного расхода. В настоящей работе изучены переменные режимы работы скважины, получены форму-

лы для определения изменения давления в трещине ГРП в зависимости от времени и расстояния до скважины.

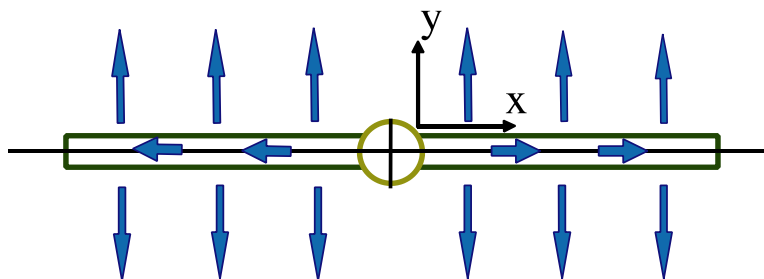


Рис. 1. Схема течения жидкости по трещине и из трещины в пласт

В рамках данного доклада рассмотрена задача о фильтрации флюида из скважины в трещину и по трещине, затем в пласт и ее аналитические решения [4], показывающие взаимосвязь между дебитом и давлением, как на скважине, так и в трещине при переменном режиме работы скважины. Определены режимы работы скважины для П-образного либо двухступенчатого изменения расхода. Пусть для скважины, находившейся в покое, в момент времени  $\tau_0 = 0$  расход резко изменяется до величины  $q_0$ , до момента времени  $\tau_1$  постоянен и при  $t = \tau_1$  снова становится нулевым (пунктирная линия на рис. 2, а сплошная линия – изменение давления). Тогда

$$\Delta P_f = \begin{cases} -\frac{q_0 \mu}{\sqrt{\frac{A}{2}} d_f k_f} \cdot t^{\frac{1}{4}} \cdot \text{Zil}(z_0) & \text{при } 0 \leq t < \tau_1, \\ -\frac{q_0 \mu}{\sqrt{\frac{A}{2}} d_f k_f} \cdot \left( t^{\frac{1}{4}} \cdot \text{Zil}(z_0) - (t - \tau_0)^{\frac{1}{4}} \cdot \text{Zil}(z_1) \right) & \text{при } t \geq \tau_1. \end{cases}$$

При этом на забое

$$\Delta P_{(w)} = \begin{cases} -\frac{\text{Zil}(0) \mu}{\sqrt{\frac{A}{2}} d_f k_f} q_0 t^{\frac{1}{4}} & \text{при } 0 \leq t < \tau_1, \\ -\frac{\text{Zil}(0) \mu}{\sqrt{\frac{A}{2}} d_f k_f} q_0 \left( t^{\frac{1}{4}} - (t - \tau_1)^{\frac{1}{4}} \right) & \text{при } t \geq \tau_1. \end{cases}$$



где  $d_f$  – ширина трещины,  $k_i$  – коэффициент проницаемости,  $A = \frac{2}{d_f} \frac{m_p}{m_f} \frac{\sqrt{\alpha_p}}{\alpha_f}$ ,

$\mu$  – динамическая вязкость, специальная функция  $Zil(0) \approx 0.78$ .

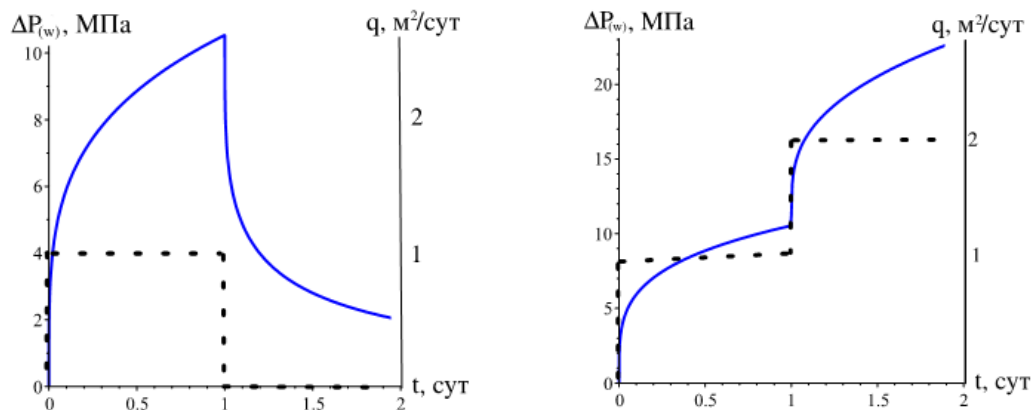


Рис. 2. Изменение давления на скважине (сплошная линия, по главной оси) при изменении расхода (пунктирная линия, по вспомогательной оси)

На рисунке 3 приведены соответственно изменения давления на скважине и изменение давления вдоль трещины при различных временах: сутки, сутки и 10 минут, сутки и 30 минут, сутки и 12 часов.

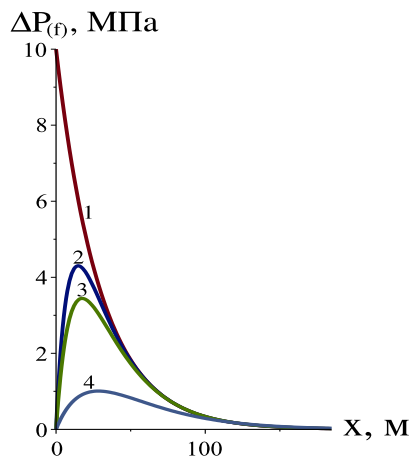


Рис. 3. Распределение давления в трещине по точным формулам при П – образном изменении давления на скважине:  
1 – сутки, 2 – сутки и 10 минут, 3 – сутки и 30 минут, 4 – сутки и 12 часов

Полученные уравнения применены при анализе промысловых данных – было построено давление и проведено сравнение с известным. На рис. 4 представлена точечная синяя кривая изменения дебита во времени для реальной промысловой скважины. Для параметров скважины и пласта использованы сле-

дующие данные:  $m_p = 0.17$ ,  $k_p = 10^{-15} \text{ м}^2$ ,  $\mu = 0.00115 \text{ Па} \cdot \text{с}$ . Кривая для дебита аппроксимировалась кусочно-постоянными значениями с интервалом  $\Delta t = 1$  сутки. Отмечается минимум десять П-образных интервалов. Видно, что в начальный период (примерно месяц) скважина два цикла работала в режиме П-образного дебита.

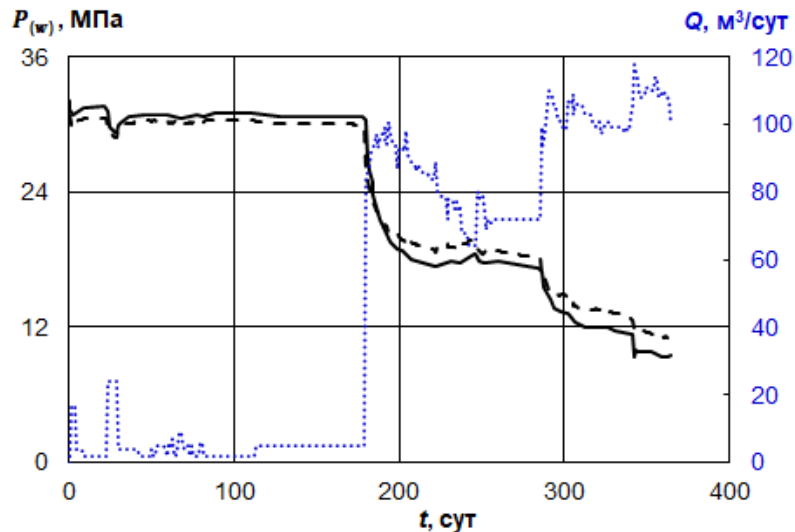


Рис. 4. По основной оси - сопоставление известного промышленного давления (сплошная линия) и результатов вычислений (пунктирная линия); по вспомогательной оси - промышленовой дебит (синяя точечная линия)

Проводились расчеты, для продолжительного этапа, который длился 365 суток. На рисунке 4 сплошная линия давления соответствует промышленным значениям, а пунктирная линия – рассчитанным по формулам. Диапазон значений и рисунки изменения кривых сопоставимы, что дает основания сделать вывод о применимости уравнений и подхода. Также решение позволяет оценить проводимость трещины ГРП.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Cinco-Ley H. Evaluation of Hydraulic Fracturing by Transient Pressure Analysis Methods // SPE 10043 Petrol. Exh. and Techn. Symp., Beijing China, Mar 18-26, 1982.
2. Нагаева З.М., Шагапов В.Ш. Об упругом режиме фильтрации в трещине, расположенной в нефтяном или газовом пласте // ПММ. 2017. Т.81, №3. С. 319 – 329.
3. Хабибуллин И. Л., Хисамов А. А. Моделирование нестационарной фильтрации вокруг скважины с вертикальной трещиной гидроразрыва // Вестник Башкирского университета. – 2017. Т. 22, № 2. С. 309 – 314.
4. Башмаков Р.А., Фокеева Н.О., Шагапов В.Ш. Особенности фильтрации флюидов в коллекторах, подверженных гидроразрыву пласта, при переходных режимах работы скважины // ПМТФ. 2022. Т.63, №3. С. 117 – 127.

И. С. ХАСАНОВ  
*ildusx@gmail.com*

Науч. руковод. – канд. физ.-мат. наук А. Д. НИЗАМОВА

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ПОГРЕШНОСТЬ ВЫЧИСЛЕНИЙ СПЕКТРАЛЬНЫМ МЕТОДОМ

**Аннотация.** В работе рассмотрена относительная погрешность вычислений дифференциального уравнения второго порядка с краевыми условиями, решение которого вычислено с помощью спектрального метода разложения по полиномам Чебышева первого рода. Установлено, что точность вычислений является удовлетворительной до 14 знаков после запятой.  
**Ключевые слова:** спектральный метод; относительная погрешность вычислений.

Методы спектрального разложения позволяют решать основную проблему задачи об устойчивости течений жидкостей [1], то есть отыскать спектр собственных значений, при которых собственные функции не тривиальны. Ранее, при помощи разложения решения по полиномам Чебышева были исследованы несколько первых собственных значений для течения Пуазейля [2], а при помощи метода Галеркина разложения по полиномам Лежандра был исследован спектр течения Блазиуса [3].

Рассмотрим дифференциальное уравнение с краевыми условиями:

$$\begin{cases} y'' + \lambda y = 0, \\ y(0) = y(2\pi) = 0. \end{cases}$$

В настоящей работе будем пользоваться спектральным методом разложения функций с помощью полиномов Чебышева первого рода [4].

Далее, построим графики количества знаков относительной погрешности вычислений  $\delta$  для нескольких полученных собственных значений (рис. 1). По полученным результатам видно, что вычисления меняются и с некоторого  $n = N$  – результаты ухудшаются. Этот факт объясняется тем, что при  $n = 1, \dots, N-1$  компоненты разложения намного меньше основной части решения и не влияют на результат, но, начиная с некоторого  $n = N$  компоненты разложения увеличиваются и их влияние на результат является преимущественным. Также, стоит отметить, что надо учитывать влияние компонент разложения

друг на друга при вычислениях, погрешность округления и накопление погрешностей. Прямые линии 2 на графиках являются аппроксимацией кривых 1 и характеризуют уменьшение точности вычислений.

В результате выполненных вычислений и построения графика количества знаков относительной погрешности вычислений  $\delta$ , для нескольких полученных собственных значений, можно сделать вывод о том, что точность вычислений является удовлетворительной до 14 знаков после запятой.

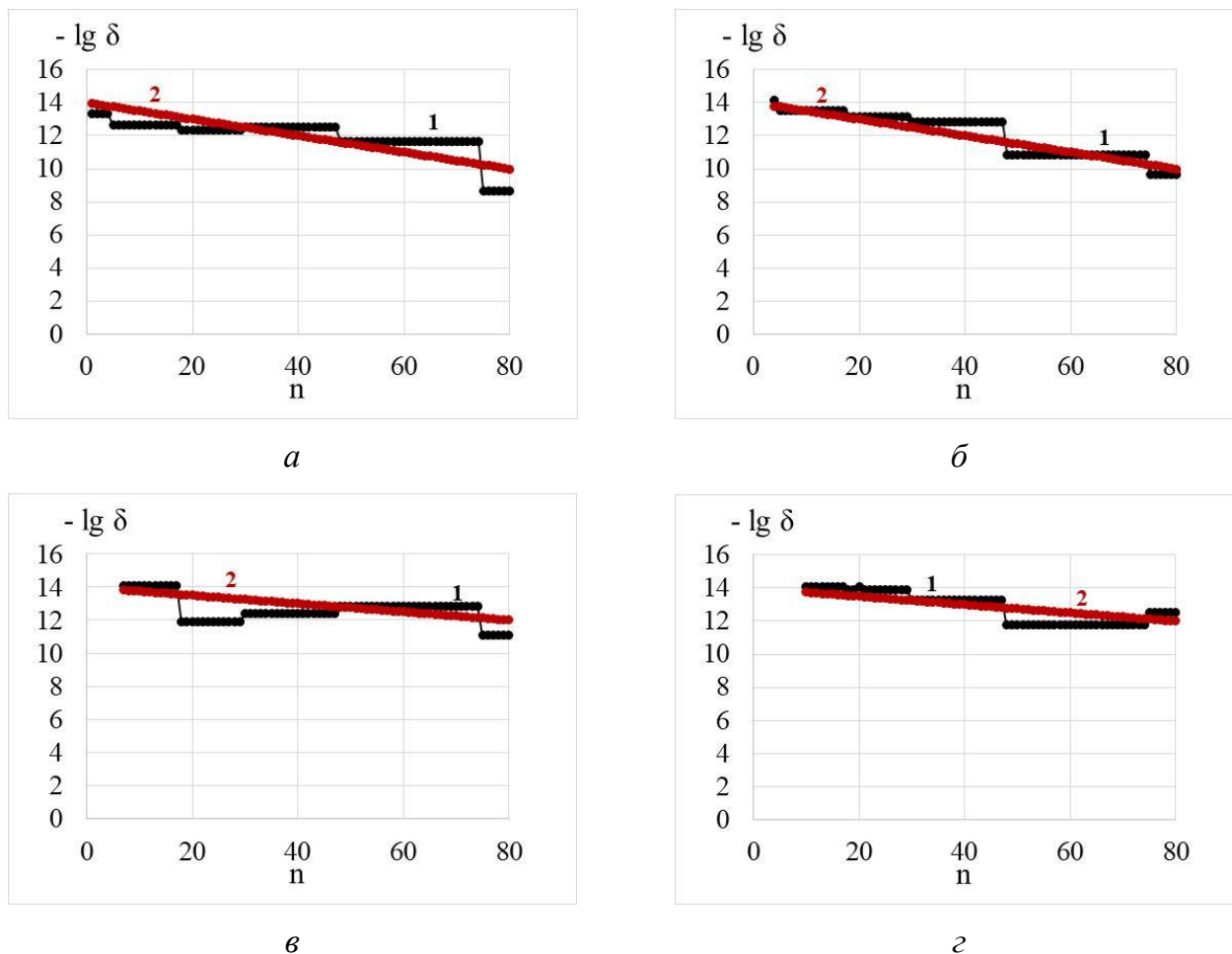


Рис. 1. Относительная погрешность вычислений спектральным методом: численные результаты (1); аппроксимация результатов (2) для  $\lambda n = 0,25$  (а);  $\lambda n = 4$  (б);  $\lambda n = 12,25$  (в);  $\lambda n = 25$  (г)

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Nizamova A.D., Murtazina R.D., Kireev V.N., Urmancheev S.F. Features of Laminar-Turbulent Transition for the Coolant Flow in a Plane Heat-Exchanger Channel // Lobachevskii Journal of Mathematics, 2021, Vol. 42, No. 9, pp. 2211–2215. DOI: 10.1134/S1995080221090249
2. Orszag S. A. Accurate solution of the Orr–Sommerfeld equation // Journal of Fluid Mechanics. 1971. Vol. 50, Part 4. Pp. 689-703.
3. Melenk J.M., Kirchner N.P., Schwab C. Spectral Galerkin discretization for hydrodynamic stability problems // Computing. 2000. Vol. 65. Pp. 97-118.
4. Скороходов С. Л. Численный анализ спектра задачи Орра–Зоммерфельда. // Журнал Вычислительной Математики и Математической Физики. 2007. Т. 47, № 10. С. 1672-1691.

УДК 5.10

А. М. ШИГАПОВ

*shigapov\_aleksey@mail.ru*

Науч. руковод. – д-р. физ.-мат. наук., проф. Г. Т. БУЛГАКОВА

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

## НЕЛИНЕЙНАЯ КОРРЕКЦИЯ РАЗНОСТНОЙ СХЕМЫ «КАБАРЕ» ДЛЯ УРАВНЕНИЯ ДВУХФАЗНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ

**Аннотация.** применение разностной схемы «Кабаре» для решения уравнения Баклея-Леверетта и построение модифицированной схемы для монотонизации численного решения.

**Ключевые слова:** задача Баклея-Леверетта, разностная схема кабаре, схема WENO.

Рассмотрим уравнение Баклея-Леверетта для одномерного случая, в котором фильтрация происходит лишь в одном направлении:

$$m \frac{\partial s}{\partial t} + U \frac{df}{ds} \frac{\partial s}{\partial x} = 0 \quad (1)$$

Рассмотрим численные методы решения уравнения Баклея-Леверетта. Для простоты обезразмерим уравнение (1). Для этого поделим обе его части на  $U/L$ :

$$\frac{\partial s}{\partial \left(\frac{tU}{Lm}\right)} + \frac{\partial f(s)}{\partial \left(\frac{x}{L}\right)} = 0 \quad (2)$$

Где  $L$  -характерный размер задачи. Введем следующие обозначения:

$$\begin{cases} \xi = \frac{x}{L} \\ \tau = \frac{tU}{Lm} \end{cases} \quad (3)$$

Тогда (2) переписется в виде:

$$\frac{\partial s}{\partial \tau} + \frac{\partial f(s)}{\partial \xi} = 0 \quad (4)$$

Соотношение (4) представляет собой гиперболическое нелинейное уравнение в частных производных.

В данном разделе будут рассмотрены схемы второго порядка точности для численного решения задачи Баклея-Леверетта.

## 1. Схема «Кабаре»

Схема «Кабаре» – трехслойная явная разностная схема с пространственным расщеплением временной производной.

$$\frac{1}{2} \left( \frac{S_i^{n+1} - S_i^n}{\tau} + \frac{S_{i-1}^n - S_{i-1}^{n-1}}{\tau} \right) + \frac{F_i^n - F_{i-1}^n}{h} = 0 \quad (5)$$

Используя данную схему, можно получить численное решение при  $t = 0.3$ , изображенное на рис 1.

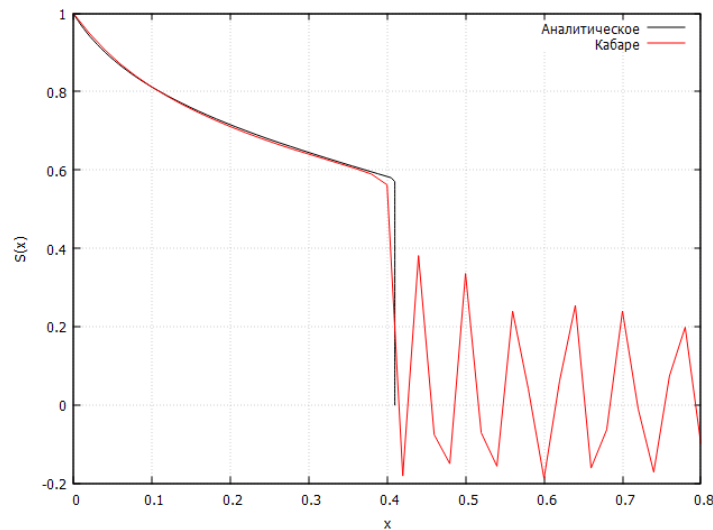


Рис. 1. Решение задачи Баклея-Левретта по схеме «Кабаре»

Как видно из рисунка, схема «Кабаре» привносит дисперсионные ошибки, на разрывных решениях дают нефизичные осцилляции. Поэтому возникает задача их модификации, убрать осцилляции и сделать решение монотонным.

## 2. Алгоритм нелинейной коррекции

Простейший вариант нелинейной коррекции может быть реализован следующим образом:

– Вычисляется предварительное значение функции на  $(n + 1)$  по схеме «Кабаре».

– Для каждого узла  $i$  вычисляются предельные значения

$$\begin{aligned} \max(S_i^n) &= \max(S_{i-1}^n, S_i^n) \\ \min(S_i^n) &= \min(S_{i-1}^n, S_i^n) \end{aligned}$$

– Окончательное значение функции на новом временном слое

$$S_i^{n+1} = \begin{cases} \tilde{S}_i^{n+1} & \text{если } \min(S_i^n) \leq \tilde{S}_i^{n+1} \leq \max(S_i^n) \\ \max(S_i^n) & \text{если } \tilde{S}_i^{n+1} > \max(S_i^n) \\ \min(S_i^n) & \text{если } \tilde{S}_i^{n+1} < \min(S_i^n) \end{cases}$$

– Функция запаса  $G$

$$G_i^1 = 0 \quad G_i^{n+1} = \tilde{S}_i^{n+1} - S_i^{n+1} \quad \tilde{G}_i^n = \alpha G_i^n + (1 - \alpha) G_{i-1}^n \quad 0 < \alpha < 1$$

Решение данным методом представлено на рис 2.

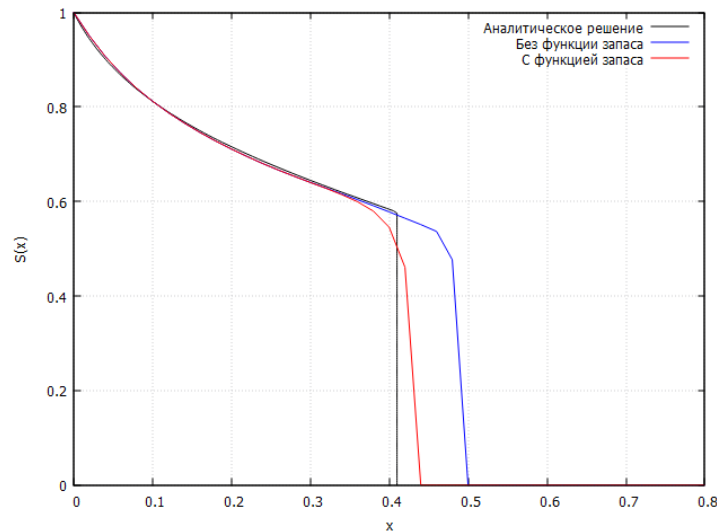


Рис. 2. Решение задачи Баклея-Левверетта по скорректированной схеме «Кабаре»

Скорректированная схема «Кабаре» с применением функции запаса при значении параметра  $\alpha = 0.5$  оптимально аппроксимирует аналитическое решение.

3. Двухслойное представление схемы «Кабаре» на разнесенных временных сетках.

– Введение дополнительных переменных

$$U_{i-\frac{1}{2}}^{n+\frac{1}{2}} = 0.5(S_i^{n+1} + S_{i-1}^n) \quad U_{i-\frac{1}{2}}^{n-\frac{1}{2}} = 0.5(S_i^n + S_{i-1}^{n-1})$$

– Приводит к системе двухслойных разностных уравнений

$$\frac{U_{i-\frac{1}{2}}^{n+\frac{1}{2}} - U_{i-\frac{1}{2}}^{n-\frac{1}{2}}}{\tau} + \frac{F_i^n - F_{i-1}^n}{h} = 0 \quad S_i^{n+1} = 2 \cdot U_{i-\frac{1}{2}}^{n+\frac{1}{2}} - S_{i-1}^n$$

– Применим коррекцию

$$\begin{aligned} \max\left(S_{i-\frac{1}{2}}^n\right) &= \max\left(S_{i-1}^n, U_{i-\frac{1}{2}}^{n+\frac{1}{2}}, S_i^n\right) \\ \min\left(S_{i-\frac{1}{2}}^n\right) &= \min\left(S_{i-1}^n, U_{i-\frac{1}{2}}^{n+\frac{1}{2}}, S_i^n\right) \\ S_i^{n+1} &= \begin{cases} \tilde{S}_i^{n+1}, & \text{если } \min\left(S_{i-\frac{1}{2}}^n\right) \leq \tilde{S}_i^{n+1} \leq \max\left(S_{i-\frac{1}{2}}^n\right) \\ \max\left(S_{i-\frac{1}{2}}^n\right), & \text{если } \tilde{S}_i^{n+1} > \max\left(S_{i-\frac{1}{2}}^n\right) \\ \min\left(S_{i-\frac{1}{2}}^n\right), & \text{если } \tilde{S}_i^{n+1} < \min\left(S_{i-\frac{1}{2}}^n\right) \end{cases} \end{aligned}$$

– Функция запаса  $G$

$$G_i^1 = 0 \quad G_i^{n+1} = \tilde{S}_i^{n+1} - S_i^{n+1} \quad \tilde{G}_i^n = \alpha G_i^n + (1 - \alpha)G_{i-1}^n \quad 0 < \alpha < 1$$

Решение, получаемое данным методом, представлено на рис 3.

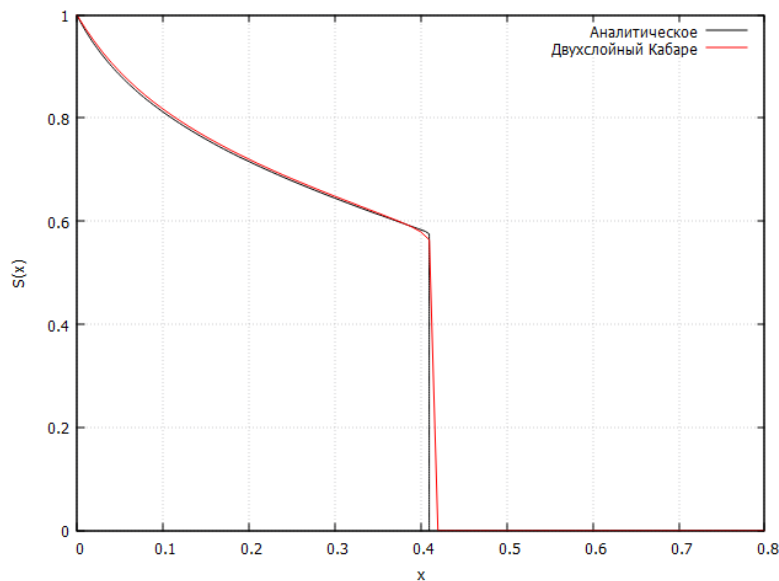


Рис 3. Решение задачи Баклея-Левретта по двухслойной представлении схемы «Кабаре»

Двухслойное представлении схемы «Кабаре» с применением функции запаса при значении параметра  $\alpha = 0.1$  оптимально аппроксимирует аналитическое решение.

#### 4. Метод Мак-Кормака

Метод Мак-Кормака является двухшаговой схемой типа «предиктор-корректор» и имеет вид:



*Предиктор.* На этом шаге прогнозируется значение функции  $s(x, t)$  в момент времени  $n + 1$  ( $\tilde{s}_i^{n+1}$ ) оценивается следующим образом:

$$\tilde{s}_i^{n+1} = s_i^n - \tau \frac{F_i^n - F_{i-1}^n}{h}$$

$$F_{i-1}^n = F(s_{i-1}^n) \quad F_i^n = F(s_i^n)$$

*Корректор.* На этом шаге предсказанное значение  $\tilde{s}_i^{n+1}$  корректируется в соответствии с уравнением:

$$s_i^{n+1} = \frac{1}{2} \left( s_i^n + \tilde{s}_i^{n+1} - \tau \frac{\tilde{F}_{i+1}^{n+1} - \tilde{F}_i^{n+1}}{h} \right)$$

$$\tilde{F}_{i+1}^{n+1} = F(\tilde{s}_{i+1}^{n+1}) \quad \tilde{F}_i^{n+1} = F(\tilde{s}_i^{n+1})$$

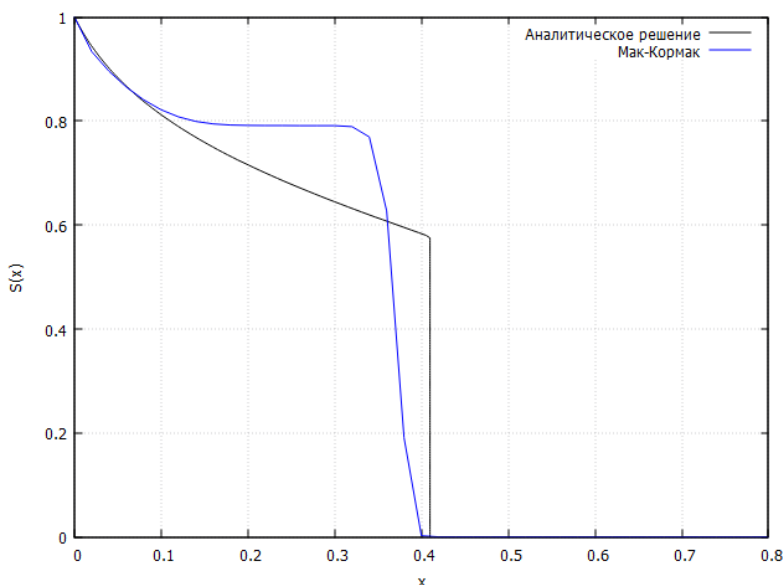


Рис. 4. Решение задачи Баклея-Леверетта по схемы «Мак-Кормака»

Решение по схеме Мак-Кормака уравнения Баклея-Леверетта выходит не на искомое решение, а на одно из других теоретически возможных разрывных решений, являющееся физически неустойчивым, решение с горизонтальной площадкой, имеющей вид «полочки». Воспользуемся алгоритмом FCT (Flux-corrected transport).

Метод коррекции потоков FCT (Flux-corrected transport) – это консервативная схема захвата ударных волн для решения гиперболических уравнений. Это особенно полезно для решения проблем, связанных с ударными или контактными разрывами.

Алгоритм FCT состоит из двух этапов: этапа переноса и этапа антидиффузии с поправкой на поток. Численные ошибки, внесенные на первом этапе (т.е. на этапе переноса), исправляются на этапе антидиффузии.

Ниже приведено численное решение, полученное после применения алгоритма FCT для разностной схемы Мак-Кормака, рис 5.

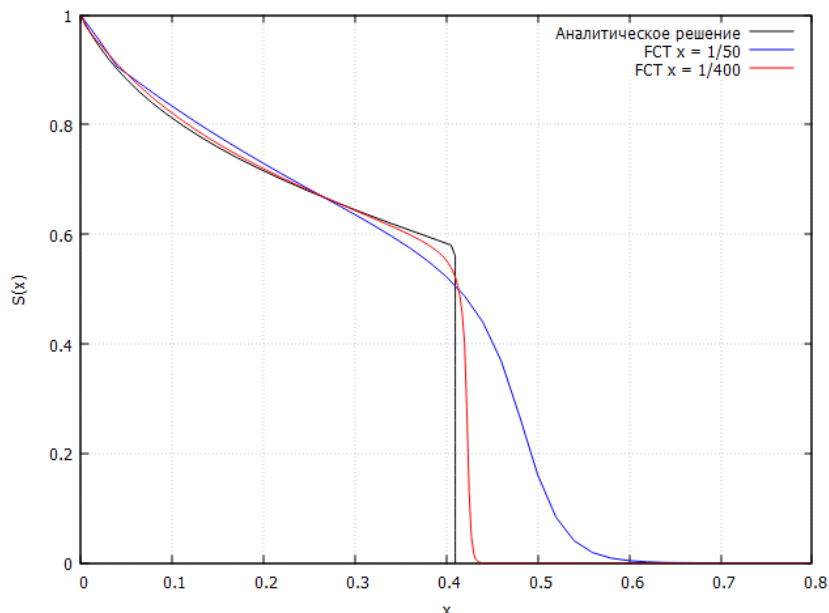


Рис. 5. Решение задачи Баклея-Леверетта по схемы «Мак-Кормака» с использованием алгоритма FCT

Для уменьшения диссипации схемы Мак-Кормака требуется уменьшать шаг по  $x$  и по  $t$ , что приводит к трудности вычисления численного решения задачи Баклея-Леверетта на многомерной сетке.

### 5. Схема WENO

Разнообразные TVD-схемы (Total Variation Diminishing) – схемы уменьшения полной вариации – позволяют получить неосциллирующие и высоко разрешимые решения вблизи разрывов. TVD-схема удовлетворяет условию невозрастания полной вариации решения:

$$TV(S^{n+1}) \leq TV(S^n),$$

где под полной вариацией сеточной функции  $S^n$  понимается величина:

$$TV(S^n) = \sum_{i=-\infty}^{i=\infty} |S_i^{n+1} - S_i^n|$$

Схема WENO (Weighed Essentially Non-Oscillatory) является улучшенной модификацией TVD, в которой требования на монотонность ослаблены.

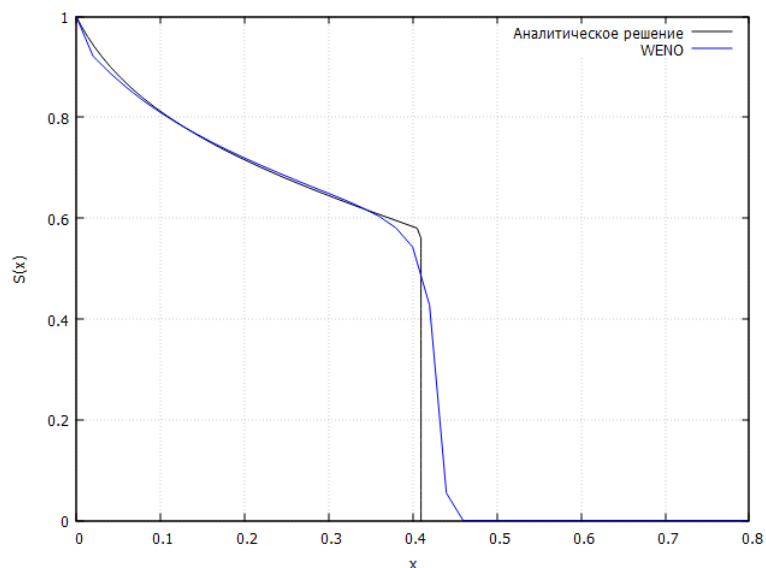


Рис. 6. Решение задачи Баклея-Левверетта по схемы WENO

Сравним схемы «кабаре» с численным решением, полученной при помощи схемы WENO при  $t = 0.3$ . Аналитическое решение выделено черным цветом, желтым цветом решение полученное по схеме «Кабаре», зеленым – по схеме «Кабаре» с применением нелинейной коррекции, синим – двухслойное представление схемы «Кабаре» с применением нелинейной коррекции, красным – WENO, оранжевым – схема Мак-Кормака с FCT.

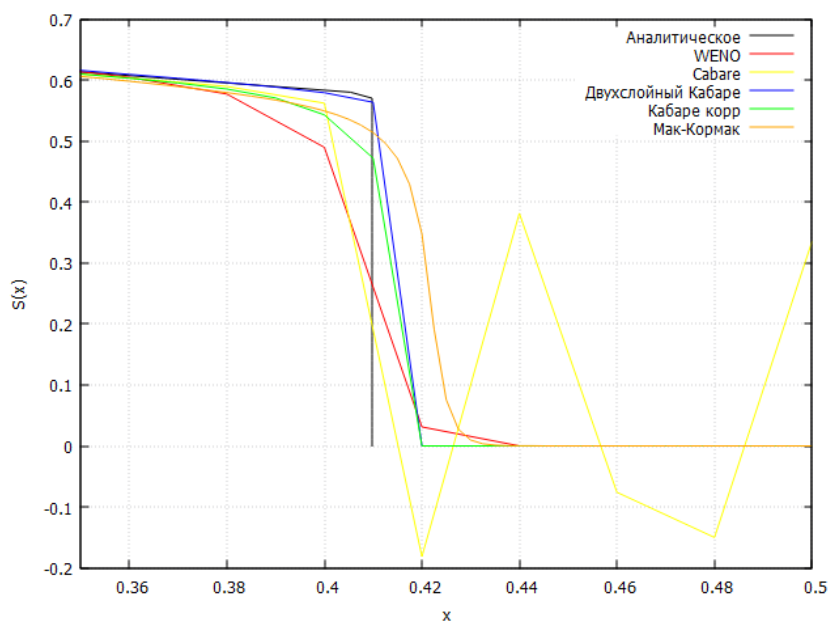


Рис. 7.

Можно сделать вывод, что двухслойное представление схемы «Кабаре» с использованием нелинейной коррекции лучше всего соответствует аналитическому решению.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Годунов С.К. Разностный метод численного расчета разрывных решений уравнений гидродинамики // Матем. сб. — 1959. — Т. 47, вып. 3
2. Головизнин В.М., Зайцев М.А., Карабасов С.А., Короткин И.А. Новые алгоритмы вычислительной гидродинамики для много процессорных вычислительных комплексов. М.: Издательство Московского университета, 2013. 572 с.
3. Goloviznin, V.M., S.A. Karabasov, and I.M. Kobrinskii. Balance characteristic schemes with separated conservative and flux variable // *Mat. Model.*, 2003. 15(9): p. 29-48.
4. Ostapenko, V.V. On the monotonicity of the balance-characteristic scheme // *Mat. Model.*, 2009. 21(7): p. 29-42.
5. Самарский А.А. Теория разностных схем. М: Наука, 1983, с.31-42.
6. Harten A. High resolution schemes for hyperbolic conservation laws // *J. Comp.Phys.*1983, v.49, pp. 357-393.
7. Harten A., Osher S. Uniformly high-order accurate nonoscillatory schemes // *SIAM J. Numer. Anal.* 1987, v.24, pp.279–309.
8. Chi-Wang Shu. Essentially Non-Oscillatory and Weighted Essentially Non-Oscillatory Schemes for Hyperbolic Conservation Laws // Institute for Computer Applications in Science and Engineering Mail Stop 403, NASA Langley Research Center Hampton, VA 23681-0001. November 1997. 78 pp.
9. Fletcher C. Computational techniques for fluid dynamics 2: Specific techniques for different flow categories: Springer Science & Business Media, 2012. 496 p.

УДК 534.1

А. А. ЮЛМУХАМЕТОВ, М. М. ШАКИРЬЯНОВ

*artyr\_yulmuhametov@mail.ru*

Науч. руковод. – канд. физ.-мат. наук, доц. М. М. ШАКИРЬЯНОВ

*Институт механики им. Р. Р. Мавлютова УФИЦ РАН*

## **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ТРУБОПРОВОДА И ЖИДКОСТИ**

*Аннотация.* Приведена математическая модель трубопровода, транспортирующего двухфазную жидкость. Определена эффективная присоединенная масса трубопровода.

*Ключевые слова:* трубопровод; эффективная присоединенная масса.

Рассматривается ускоренное поступательное движение бесконечно длинного недеформируемого трубопровода с заключенной в нем несжимаемой газожидкостной средой. Транспортируемая среда в трубопроводе состоит из несжимаемых газовой и жидкой фаз с известными плотностями. Круговая труба окружена несжимаемой жидкостью с известной плотностью. Предполагается, что течение газа в осевом направлении происходит внутри жидкой круговой цилиндрической области. Изменениями формы и толщины цилиндрического слоя из-за веса газожидкостной среды пренебрегается. Это может быть приемлемо, когда труба располагается вертикально или в условиях невесомости и малой гравитации. При равномерном движении трубопровода суммарная сила сопротивления внешней и внутренней сред равна нулю. С ускорением движения трубопровода давления на его внешней и внутренней поверхностях изменяются. Вследствие этого возникает сопротивление движению трубы, обуславливающее эффект присоединенной массы.

Возмущенные движения внутренних газовой, жидкой и внешней сплошной сред, вызванные ускорением трубопровода, описываются уравнениями Лапласа [1]. Решения уравнений принимаются в виде одночленных аппроксимаций. Производные от искомым функций по времени в решениях определяются из граничных условий на цилиндрической поверхности контакта фаз газожидкостной среды, а также на внутренней и внешней поверхностях трубы.

Числовые расчеты были проведены для конкретных значений входных параметров. Из результатов вычислений можно отметить следующие выводы:

– Отношение присоединенных масс жидкости с учетом и без учета перетекания частиц газожидкостной среды в поперечных сечениях является функцией плотностей сред и геометрических размеров трубы.

– С увеличением плотности газовой фазы внутренней среды функция отношения присоединенных масс увеличивается. При равенстве плотностей газовой и жидкой фаз суммарная присоединенная масса не изменяется.

– Увеличение плотности жидкой фазы внутренней среды приводит к большему уменьшению функции отношения присоединенных масс. При этом минимумы функции сдвигаются в сторону уменьшения толщины жидкого слоя.

– При пренебрежимо малых значениях отношения плотностей внешней и внутренней жидкой сред приближенно можно считать, что эффективная присоединенная масса полностью определяется перетеканием частиц транспортируемого продукта в поперечных сечениях трубопровода.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ильгамов М.А. Введение в нелинейную гидроупругость. М.: Наука, 1991. 200 с.