

МАВЛЮТОВСКИЕ ЧТЕНИЯ

Том 5

Материалы
XVII Всероссийской молодёжной научной конференции
(г. Уфа, 21 – 23 ноября 2023 г.)

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
УФИМСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ**

МАВЛЮТОВСКИЕ ЧТЕНИЯ

Том 5

*Материалы
XVII Всероссийской молодёжной научной конференции*

(г. Уфа, 21 – 23 ноября 2023 г.)

Научное электронное издание сетевого доступа

**Уфа
РИЦ УУНиТ
2024**

УДК 004.9
ББК 32.973-018.2
М12

*Печатается по решению ученого совета Института информатики,
математики и робототехники УУНиТ.
Протокол № 5 от 19.12.2024 г.*

Редакционная коллегия:

канд. физ.-мат. наук, доцент **А.Ф. Кужаев** (*отв. редактор*);
канд. техн. наук, доцент **Р.А. Ярцев** (*секция 5.1*);
канд. физ.-мат. наук, доцент **Р.П. Абдрахманова** (*секция 5.2*);
д-р техн. наук, профессор **Н.М. Шерыхалина** (*секция 5.2*);
канд. техн. наук, доцент **О.С. Нургаянова** (*секция 5.3*);
д-р техн. наук, профессор **О.Н. Сметанина** (*секция 5.3*);
канд. техн. наук, доцент **В.Е. Кладов** (*секция 5.4*);
д-р техн. наук, профессор **О.И. Христодуло** (*секция 5.5*);
старший преподаватель **С.Ю. Макарова** (*секция 5.6*);
канд. техн. наук, доцент **А.С. Ракипова** (*секция 5.7*);
старший преподаватель **Ю.В. Зигангирова** (*секция 5.8*);
канд. физ.-мат. наук, доцент **С.С. Поречный** (*секция 5.9*);
канд. физ.-мат. наук, доцент **Э.М. Нусратуллин** (*секция 5.10*)

Мавлютовские чтения: материалы XVII Всероссийской молодёжной науч-
М12 ной конференции (г. Уфа, 21 – 23 ноября 2023 г.) / отв. ред. А.Ф. Кужаев /
в 9 т. Т. 5. [Электронный ресурс] / Уфимск. ун-т науки и технологий. – Уфа:
РИЦ УУНиТ, 2024. – 881 с. – URL: [https://uust.ru/digital-
publications/2024/306.pdf](https://uust.ru/digital-publications/2024/306.pdf) – Загл. с титула экрана.

ISBN 978-5-7477-5945-9

Том 5: ISBN 978-5-7477-6050-9

Конференция проходила в рамках реализации проекта «Студенческая наука в сердце Евразии» по Соглашению о предоставлении из федерального бюджета гранта и форме субсидий в соответствии с п. 4 ст. 78. БК РФ от 15.06.2023 № 075-15-2023-545 (ЦФО 1.9). В 5-й том вошли работы секций 5.1–5.10.

Сборник предназначен для студентов, аспирантов, молодых ученых и преподавателей.

Все материалы представлены в авторской редакции.

ISBN 978-5-7477-6050-9 (том 5)
ISBN 978-5-7477-5945-9

УДК 004.9
ББК 32.973-018.2
© УУНиТ, 2024

СЕКЦИЯ 5.1. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ

УДК 681.5

Э.Р. ИБРАКОВ

edik-02@mail.ru

Науч. руковод. – ст. преподаватель **Е.И. УСТИМОВА**

Уфимский университет науки и технологий

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ЗАПОРНО-РЕГУЛИРУЮЩЕЙ АРМАТУРЫ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ПОЛУЧЕНИЯ ЕЕ СОСТОЯНИЯ ВО ВРЕМЯ ДВИЖЕНИЯ

Аннотация: разработка программного продукта, предназначенного для дистанционного аварийного закрытия/открытия запорно-регулирующей арматуры, а также регулирования степени открытия арматуры с возможным управлением подачи воды на концентратор.

Ключевые слова: запорно-регулирующая арматура, программно-логический контроллер, автоматизированная система управления, контроллер, сервопривод.

Запорно-регулирующая арматура (ЗРА) с электроприводом находит свое применение во многих отраслях промышленности: нефтяной, химической, горнодобывающей и энергетической. Актуальность использования запорно-регулирующей арматуры с электроприводом обусловлена возможностью дистанционного контроля и управления, а также автоматизации технологического процесса, в котором они применяются [1].

Для управления запорно-регулирующей арматурой используют программно-логические контроллеры (ПЛК). Языком разработки ПЛК являются графические и текстовые языки программирования стандарта МЭК 61131-3: FBD, LD, SFC, ST и IL [2]. Так компания Siemens использует программный пакет собственной разработки называемый: «Totally Integrated Automation Portal»; компания Delta Industries, в свою очередь, использует программные пакеты, одним из которых является «DIA Studio» [3]. Пакет позволяет программировать на нескольких сериях контроллеров, а также на производимых им частотно-регулируемых преобразователях (ЧРП), панелях

человеко-машинного интерфейса (ЧМИ), сервоприводах и температурных контроллерах.

Новизна работы заключается в том, что благодаря автоматизации системы управления технологическим процессом с возможностью воздействия на привод запорно-регулирующей арматуры появляется возможность задавать степень ее открытия, тем самым регулируя давление и расход жидкости. Разработка автоматизированной системы управления, позволяющей воздействовать на электропривод запорно-регулирующей арматуры, реализована в программном пакете «TIA Portal» на языке LD [4].

Программа позволяет управлять запорно-регулирующей арматурой на расстоянии. Оператор, дистанционно, с помощью панели управления, которая находится в шкафу управления, подает сигнал на открытие и закрытие подачи воды на концентратор, и выбирает степень открытия ЗРА. В случае аварии получает уведомление об ошибке, причем ПЛК запрограммирован в таком случае сбрасывать все сигналы [5,6].

На рисунке 1 изображена структурная схема автоматизации концентратора. Объект исследования является регулирующей привод ГЗ-ОФ-45/11К КС08 (400В) IP67 с возможностью программирования задания положения, которое выбирает пользователь.

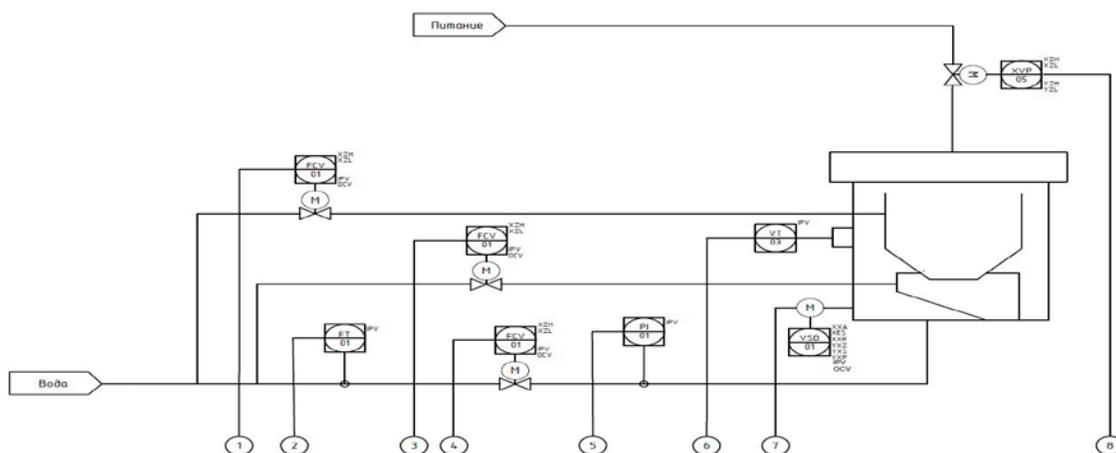


Рис. 1. Структурная схема работы концентратора непрерывной нагрузки

В таблице 1 представлены основные переменные, которые используются в проекте.

Основные сведения о переменных состояниях АСУ ЭЗА

Наименование переменных состояний	Описание
XZL	позиция закрыто
XZH	позиция открыто
YZL	команда открыть
YZH	команда закрыть
SW_Bool	булевой массив слова состояния
CW_Bool	булевой массив команды состояния
Exec_OK	состояние готовности задвижки
Storage_Bool	массив хранилища
Time_trvl	переменная таймера
AI0.0	Аналоговый вход
AQ0.0	Аналоговый выход

Для разработки программного продукта, позволяющего воздействовать на привод ЗРА, был использован ПЛК SIMATIC S7-1200 компании Siemens и их программный пакет TIA Portal. Диалоговое окно основных позиций и интерфейс программного продукта показаны на рисунках 3 и 4.

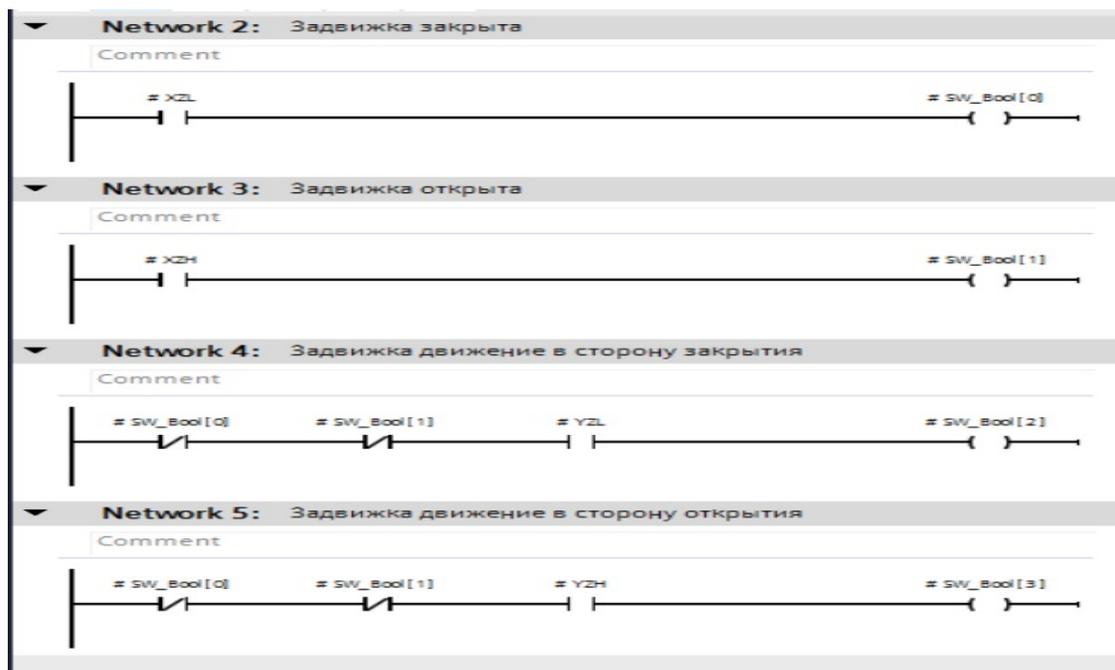


Рис. 3. Диалоговое окно основных позиций

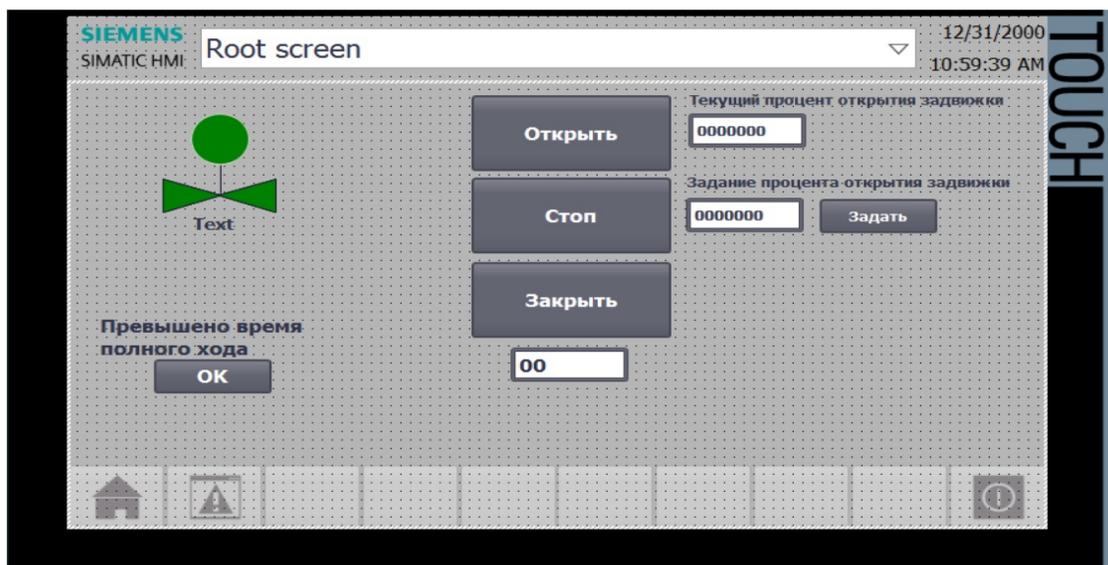


Рис. 4. Интерфейс программного продукта

Была разработана программа для управления регулирующей арматурой с электроприводом на языке программирования LD в программном пакете TIA Portal от компании Siemens, для возможности управлять подачей воды на концентратор.

Библиографический список

1. Войнова, Н.Ф. Современное состояние теории, средств и методов автоматизации технологических процессов сельскохозяйственного производства // Вестник ВИЭСХ, 2014. – 64-67 с.
2. Картамышева, Е.С. Иванченко Д.С. Промышленная автоматизация в России: проблемы и их решения // Молодой ученый, 2016. № 28. С. 93-95.
3. Осипова, Г.И. Миронова Г.В. Экономика и организация производства. МГУП, 2003. 322 с.
4. Селевцов, Л.И. Автоматизация технологических процессов. Издательский центр «Академия», 2014. 352 с.
5. Цветаев, С.С. Логачев К.И. Актуальные проблемы автоматизации промышленных предприятий // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова, 2012. № 1. С. 87–89.
6. Шестаков, Н.В. Мишин С.П. Повышение эффективности промышленных предприятий России за счёт передовых решений в автоматизации // Автоматизация в промышленности, 2016. № 3. С. 3–5.

© Ибраков Э.Р., 2023

УДК 004.9

К.И. САЛИМГАРЕЕВ

kamil_salimgareev@mail.ru

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

Уфимский университет науки и технологий

АНАЛИЗ И ФОРМИРОВАНИЕ ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ БИЗНЕС-ПРОЦЕССА СОСТАВЛЕНИЯ ГРАФИКА ОТПУСКОВ

Аннотация: автоматизация графика отпусков сотрудников является актуальным вопросом современного управления персоналом компании. При этом чем больше сотрудников работает в компании, тем важнее и сложнее данная задача. Отдельное веб-решение с функцией справедливого распределения отпусков может не только упростить, но и усовершенствовать процессы управления отпусками сотрудников в компании.

Ключевые слова: управление, автоматизация, оптимизация, график, отпуска, сотрудники, технологии.

Введение

В современном мире, где бизнес и технологии тесно переплетаются, эффективное управление персоналом становится ключевым фактором успеха организации. Одним из важных аспектов управления человеческими ресурсами является управление графиками отпусков сотрудников. Этот процесс включает в себя не только учет дней отпуска, но и соблюдение законодательных норм, учет индивидуальных предпочтений сотрудников, а также планирование, чтобы обеспечить бесперебойную работу компании.

Планирование отпусков является важным разделом трудового законодательства, направленного на улучшение условий труда сотрудников. Ежегодный основной оплачиваемый отпуск является одним из факторов мотивации персонала. Правильное и эффективное распределение отпусков сотрудников повышает эффективность бизнес-процессов, что особенно важно для крупной компании.

Сегодня внедрение современных технологий и программных решений [1] позволяет организациям значительно оптимизировать управление графиками отпусков. Эти технологии устраняют необходимость вручную вести учет, упрощают процесс запросов на отпуск, позволяют предсказать нагрузку на персонал и соблюдать законодательные нормы.

В статье затронута проблема планирования отпусков в крупной компании, рассмотрены возможные направления решения, а также предложены конкретные функции, которые позволят не только автоматизировать, но и оптимизировать уже существующие решения.

Проблематика

Согласно статье 123 ТК РФ очередность предоставления оплачиваемых отпусков определяется ежегодно в соответствии с графиком отпусков. Этот график обязателен не только для работодателя, но и для работника. Однако при этом, организация может столкнуться с рядом проблем:

- Жесткие требования по соблюдению трудового законодательства;
- Значительные трудозатраты на планирование и учет отпусков как со стороны отдела кадров, так и со стороны линейных руководителей;
- Соблюдение баланса между поддержкой мотивации сотрудников и повышения эффективности бизнес-процессов в компании.

На текущий момент многие организации всё еще используют устаревшие методы, такие как Excel-таблицы и бумажные документы, для управления графиками отпусков. В большинстве случаев такие методы отлично подходят для небольшой компании численностью до 100 человек. Однако если в компании работают 250 и более сотрудников, то планирование графика без специализированных инструментов становится достаточно трудоемкой задачей. Наиболее частые проблемы, которые возникают при планировании графика отпусков в Excel:

1. Файл могут заполнять сотни сотрудников, при этом каждый сотрудник может удалить или изменить данные другого работника. По окончании срока планирования сотрудники могут обнаружить, что их отпуска запланированы на совсем другие даты, что может значительно ухудшить их мотивацию;

2. Сложно планировать взаимосвязанные цепочки, например, нежелательно, чтобы начальники разных отделов уходили в отпуск одновременно, при этом, если начальник идет в отпуск, необходимо, чтобы обязательно оставался главный специалист отдела. Если уходит в отпуск главный специалист, другие специалисты отдела должны быть на рабочем месте.

Поэтому эти ограничения планирования в Excel часто не очень эффективны для крупной компании, и при этом легко допустить ошибки и затратить много времени на рутинные задачи.

Сотрудники отдела управления персоналом тратят много времени на обработку запросов на отпуск и ведение учета. При этом все равно бывают ситуации, когда несколько ключевых сотрудников одного отдела уходят в

отпуск одновременно, что может существенно повлиять на текущие бизнес-процессы компании.

«Справедливость распределения отпусков» является одним из элементов повышения мотивации работников. Когда в компании работают тысячи сотрудников, сложно угодить всем, но при этом часто происходит ситуация, что непрозрачное планирование позволяет недобросовестным сотрудникам брать отпуск в удобное для них время, а ценный для компании персонал может продолжительное время работать без отпусков, выгорать, чувствовать несправедливость и, как следствие, из-за этого увольняться из компании. Всего в России примерно 247 рабочих дней в году и приблизительно 28 календарных дней отпуска – это составляет не менее 11% рабочего времени, что является немаловажным мотивационным фактором для сотрудников.

В зависимости от сферы деятельности, размеров и типа производства у компании могут быть свои требования к количеству персонала, который может пойти в отпуск в тот или иной промежуток времени в течение года. Но учитывая, что для России свойственно разделение года на холодный и тёплый сезоны, то большая часть персонала желает планировать отпуск в теплое время года. Особенно сильно загруженным и наиболее желаемым периодом для выбора отпуска является июль и август, что для некоторых компаний может являться существенным ограничением для текущих бизнес-процессов. Такими компаниями, например, являются крупные нефтеперерабатывающие, строительные, сельскохозяйственные предприятия, где основные бизнес-процессы также приходятся на летний период.

Актуальность

Управление персоналом является одним из важных элементов современной компании. Организация должна обеспечивать соблюдение трудовых законодательных норм и, в частности, правил в управлении отпусками. При этом законодательство и нормы по отпускам могут отличаться для различных профессий и категорий сотрудников.

Новые технологии предоставляют возможности для автоматизации и оптимизации процессов управления графиками отпусков. Правильный подход к планированию отпусков сотрудников имеет прямое влияние на увеличение эффективности бизнес-процессов, повышение производительности и снижению административных затрат компании.

Продолжительность и удобство планирования отпусков влияет на удержание талантов и привлечение персонала. Квалифицированные сотрудники всё более оценивают возможности влияния на свои рабочие графики и отпуска.

Современные организации все более активно переходят к гибким формам работы, включая удаленную работу и гибкие рабочие графики. Это создает сложности в управлении графиком отпусков, так как сотрудники могут находиться в разных часовых поясах и регионах. Мобильные сотрудники ожидают возможности запросить и управлять своими отпусками без посещения офиса компании. Это поднимает требования к системам управления графиками отпусков.

Поэтому организации, предоставляющие удобные и гибкие решения в этой области, имеют преимущество в привлечении и удержании высококвалифицированных специалистов [2].

Варианты автоматизации планирования отпусков

Сейчас большинство компаний продолжают вести планирование отпусков в Excel, но на рынке существует множество готовых решений для управления графиками отпусков сотрудников. Ниже приведены несколько основных существующих решений, которые пользуются популярностью:

– «1С: Зарплата и управление персоналом 8»: продукт компании 1С предоставляет возможность управления отпусками и графиками сотрудников, а также включает в себя функции учета рабочего времени и кадрового учета [3];

– «Битрикс24»: популярная платформа, которая включает инструменты управления графиками отпусков и согласования сотрудников, а также интеграцию с календарями и уведомлениями;

– «Directum HR Pro»: включает в себя автоматизацию управления отпусками, удобство использования, возможность адаптации к конкретным потребностям организации и интеграцию с другими системами;

– «OrangeHRM»: проект с открытым исходным кодом, который представляет собой бесплатное решение для управления HR-процессами, включая отпуска.

Готовые системы обладают рядом преимуществ. Чаще всего они отлично подходят для небольшого предприятия, зачастую там уже имеется такой функционал как:

1. Автоматическое обновление законодательства;
2. Интеграция с другими HR-системами;
3. Интеграция с календарями и почтовыми клиентами;
4. Аналитика и возможность построения отчетов;
5. Возможность подачи заявки на очередной отпуск.

Готовые решения достаточно быстро можно внедрить в компании, поэтому при оценке возможных вариантов автоматизации их обязательно необходимо рассматривать в первую очередь.

В то же время готовые системы обладают рядом недостатков:

1. Кроме стоимости лицензий чаще всего необходимы дополнительные финансовые затраты на внедрение системы и интеграцию с существующими;

2. Так как эти системы разрабатываются как конструкторы решений, то зачастую в них имеется большое количество функций, которые в дальнейшем могут не использоваться, но при этом усложняют интерфейс, что увеличивает затраты на обучение пользователей и административный персонал;

3. При наличии большого количества разнообразных функций, зачастую у них нет необходимых.

Важно учитывать, что каждая организация имеет свои уникальные требования и бизнес-процессы, поэтому выбор конкретного решения зависит от специфики компании, а также её потребностей на рынке. Поэтому многие крупные компании идут по пути разработки собственных решений, с учетом специфики своего бизнеса, и они могут включать интеграцию с другими собственными решениями.

Предложения по совершенствованию

С развитием технологий и изменениями в бизнес-среде, автоматизированные системы управления отпусками сотрудников должны постоянно совершенствоваться, чтобы соответствовать потребностям современных организаций. Ниже рассмотрены предложения и функции, которые могут быть реализованы для улучшения таких систем:

1. Система должна строиться на веб-архитектуре, что позволит достаточно быстро развернуть систему и дать доступ большому количеству сотрудников, чтобы снизить финансовые и временные затраты на внедрение;

2. Для возможности внедрения в любой компании необходимо, чтобы система была реализована в виде отдельного решения. Это позволит упростить интерфейс, что улучшит восприятие системы пользователями и снизит затраты на их обучение. Дополнительно это снизит затраты на безопасность, так как в системе не будет важных персональных данных;

3. Учитывать потребности и желания сотрудников при планировании отпусков, как пример, реализовать в них функционал «справедливого распределения отпусков», что повысит мотивацию персонала. Сейчас эта функция зачастую выполняется линейными руководителями, что создает дополнительную нагрузку на них;

4. Реализовать сценарии планирования отпусков для взаимозаменяемых сотрудников. Это позволит всегда иметь на рабочем месте сотрудников, которые отвечают за все бизнес-процессы, что уменьшит вероятность остановки работы компании.

На рисунке 1 представлена модель основных функциональных возможностей, которыми может обладать система в соответствии с предложениями по улучшению.



Рис. 1. Модель основных возможностей предложенной системы

Как можно заметить, существующие решения значительно упрощают процесс планирования отпусков, но пока не совершенны и многие функции в них не реализованы и имеют перспективы для улучшения.

Перспективы и оценка результата

С учетом динамично меняющейся рабочей среды, современных реалий и влияния непредвиденных факторов, таких как, например, пандемия COVID-19, автоматизация управления графиками отпусков становится все более важной для организаций. Подход, основанный на бумажных документах и ручных расчетах, перестает быть эффективным и актуальным.

Веб-технологии предоставляют широкий потенциал для дальнейших разработок в области управления графиками отпусков. Системы могут стать более интеллектуальными, предсказывая потребности в отпусках и предлагая оптимальные варианты. Они упрощают выявление трендов, анализ данных и принятие обоснованных решений. Это освобождает ресурсы для более важных задач и проектов, снижает временные и финансовые затраты компании, а также положительно влияет на удовлетворенность сотрудников.

Подводя итог, можно утверждать, что автоматизация графика отпусков с использованием современных технологий предоставляет значительные перспективы и приносит практическую пользу организациям. Эти решения не только оптимизируют рабочие процессы, но и повышают уровень удовлетворенности сотрудников, что важно для успеха любого предприятия.

Библиографический список

1. Кононов, Н.А. Разработка формальной модели реализации процесса взаимодействия компонентов сложной системы на примере информационного сопровождения приемной кампании / Н.А. Кононов, В.А. Суворова // Молодежный вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. – 2023. – №1 (27). – С. 59-64. – EDN ZLOPRT.

2. Козлякова, А.В. Автоматизация HR-процессов как способ повышения эффективности процессов управления персоналом / А.В. Козлякова // Достойный труд – основа стабильного общества: материалы XIV Международной научно-практической конференции, Екатеринбург, 10–12 ноября 2022 года / Уральский государственный экономический университет. – Екатеринбург: Уральский государственный экономический университет, 2022. – С. 200-204. – EDN ZHMPIG.

3. Кулякина Е.Л., Свиридов В.А. Особенности программы "1С: Зарплата и управление персоналом" // Форум молодых ученых. 2019. №2 (30). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-programmy-1s-zarplata-i-upravlenie-personalom> (дата обращения: 15.10.2023).

© Салимгареев К.И., 2023

УДК 531.133.1

М.А. КОНОНОВ

knnv.mk@outlook.com

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доцент каф. АСУ – **ШИЛИНА М.А.**

Уфимский университет науки и технологий

ИССЛЕДОВАНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ВИДЕОИГРАХ

Аннотация: в данной статье рассматриваются представление физических процессов в видеоиграх, дана классификация видеоигр по количеству измерений, названы наиболее популярные инструменты для реализации физических процессов в видеоиграх, а также приведены конкретные примеры симуляции законов определённых разделов физики в играх, проведён внутриигровой опыт на изучении ускорения свободного падения в видеоиграх.

Ключевые слова: ключевое слово; видеоигры, физика, базовое программное обеспечение компьютерных игр, цифровые двойники, симуляция.

Введение. Развитие цифровых технологий достигло того уровня, когда даже производство видеоигр может стать весьма наукоемким процессом, а в самой игре могут с высокой точностью симулироваться необходимые для видеоигрового цикла физические процессы. Целые жанры построены на достоверной физической модели, например авиасимуляторы и автосимуляторы.

Целью данной работы является обзор существующих подходов к реализации физических процессов механики, оптики, колебаний и волн, электричества и электромагнетизма, термодинамики и краткий обзор программного обеспечения, посредством которого разработчики видеоигр реализуют физические процессы в своих проектах - физические движки (англ. physics engine) и игровые движки (англ. game engine).

В настоящее время люди, особенно подростки и дети, сильно увлечены видеоиграми в развлекательных целях, зачастую даже не предполагая насколько трудоёмкий и наукоемкий процесс создание видеоигр и видеоигровых движков. А между тем в данный момент видеоигровая индустрия уже по заработку денег стала на ряду с индустрией кинематографа. Следовательно, уровень качества симуляции физических процессов становится с каждым годом все выше. Так, некоторые труднореализуемые в жизни физические эксперименты, можно легко выполнить в видеоигровом мире, например для лабораторных работ в школах, университетах, институтах, колледжах.

Категоризация подходов. С точки зрения симуляции физических процессов, видеоигры ясно можно поделить на *двухмерные игры, трехмерные игры, четырехмерные игры*, ведь в данных играх может быть реализована соответственно двухмерная физика, трехмерная физика, четырехмерная физика.



Рис. 1. Классификация игр по количеству измерений

Самой малочисленной группой является игры в четырех измерениях, так как человек не может адекватно видеть четыре измерения, проекты, выполненные в четырехмерном пространстве, например Miegakure, остаются исключительно экспериментальными.

Закономерно, что не все процессы физики реализованы в видеоигровой сфере с одинаковой успешностью, так как их реализация либо не имеет смысла, либо слишком требовательна к ресурсам компьютера. Чтобы игроку легче было предсказать движения объектов, в видеоиграх часто делают приближенную к реальной жизни физическую модель объектов. Зачастую можно наблюдать симуляцию поведения абсолютно твердых тел (англ. rigid body), которые противопоставляются мягким телам (англ. soft body), например первая реализация физики твердых тел была еще в Pong 1972 года [4].

Реже можно встретить симуляцию поведения мягких тел (англ. soft body), например реализация ткани и рекламных баннеров с помощью технологии PhysX от Nvidia в Mirror's Edge 2008 года. Недавно стала популярна технология Ray Tracing, которая максимально достоверно симулирует распространение световых лучей. В игре 2010 года Hydrophobia с помощью движка HydroEngine была обеспечена технология моделирования реалистичной динамики жидкостей для текущей воды. В игре Barotrauma электропроводка корабля подчиняется законам электрических цепей, в игре существует параллельные и последовательные цепи, пользователь сам может редактировать проводку подводной лодки. Игра Universe sandbox 2 для наблюдения предоставлена целая модель вселенной, более того пользователь может изменять характеристики планет, вселенские постоянные и добавлять космические объекты, наблюдая за результатом своих действий. То есть в игре реализовано очень большое количество процессов и законов различных разделов физики, от механики до атомной физики.

Видеоигровая физика реализуется посредством отдельного от игрового физического движка (англ. physics engine). Наиболее популярными являются Havok engine от одноименной компании и PhysX, разработанный компанией Nvidia [2]. Однако наиболее современные игровые движки, такие как Unreal Engine 4 (2014) [3], Unity, Unreal Engine 5 (2022) изначально умеют обрабатывать физическое поведение объектов, не требуя никаких сторонних программ или дополнений [1].

Для наглядности подробнее рассмотрим конкретный пример: вычислим ускорение свободного падения g и сравним со реальными значениями планеты Земля. Формула вычисления ускорения свободного падения:

$$h = v_0 t + \frac{gt^2}{2} \rightarrow g = \frac{2h - 2v_0 t}{t^2}$$

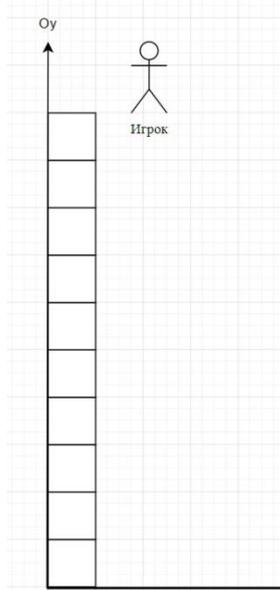


Рис. 2. График падающего тела

Проведём внутриигровой эксперимент, прыгнув за персонажа игрока с 10 блоков с таймером (1 блок = 0.85 метр). В ходе эксперимента выясняется, что $t = 1.35$ с., отсюда находим ускорение свободного падения g :

$$t = 1.35(c)$$

$$v_0 = 0$$

$$h = 10 \cdot 0.85(m) = 8.5(m)$$

$$g = \frac{2h - 2v_0 t}{t^2} = \frac{17 \cdot m}{1.8225 \cdot c^2} \approx 9.328 \frac{m}{c^2}$$

Благодаря закону всемирного тяготения Ньютона и последним экспериментальным данным ускорение свободного падения на планете Земля $g = 9.81$ м/с². Из вышеописанного эксперимента известно, что в мире игры Minecraft ускорения свободного падения равно 9.328 м/с². Посчитаем насколько сильно игровые значения отличаются от реальных:

$$\Delta g = |g_r - g_m| = \left| 9.81 \frac{M}{c^2} - 9.328 \frac{M}{c^2} \right| = 0.482 \frac{M}{c^2}$$

$$\frac{\Delta g}{g_r} \cdot 100\% = \frac{0.482}{9.81} \cdot 100\% \approx 5\%$$

Заметим, что отличие внутриигрового значения ускорения свободного падения не сильно отличается от реального, а если учитывать, что на Земле оно может варьироваться в зависимости от географического положения, что обусловлено законом всемирного тяготения Ньютона.

Заключение. Видеоигровая физика часто упрощается в целях экономии ресурсов компьютеров, однако законы кинематики твердых тел хорошо реализованы в видеоиграх и, например значение ускорения свободного падения может быть приближено к реальным земным значениям, как показано в опыте выше. Таким образом, разработка физических движков является высоко наукоемким процессом, тесно связанным с научной деятельностью. Стоит отметить, что физические движки полезны не только в развлекательной сфере, они позволяют симулировать реальные физические процессы довольно с высокой точностью для различных целей. Например, от авиасимуляторов, автосимуляторов для обучения вождения вплоть до разработки цифровых двойников в пространстве максимально точно имитирующий реальные объекты. Цифровые двойники в свою очередь могут оказать значительное положительное влияние на эффективность бизнес-процессов [5]. Вышесказанное также показывает, что видеоигровые физические движки могут быть использованы в динамическом моделировании.

Библиографический список

1. Богданов К.В., Михеев П.Р., Суворов И.Н. Развитие игровых движков // Актуальные научные исследования в современном мире. - Йошкар-Ола: 2021. - С. 27-28.
2. Емельянов Г.В. Использование физики в компьютерных играх // Йошкар-Ола: 2023. - С. 11-13.
3. Коллайдеры и хитбоксы: законы столкновения игровых объектов // XYZ media URL: <https://media-xyz.com/ru/articles/1404-kollaidery-i-khitboksy-zakony-stolknoveniia-i> (дата обращения: 28.10.2023).
4. Мотор! Или Что такое игровая физика // Хабр URL: <https://habr.com/ru/companies/playgendary/articles/490720/> (дата обращения: 28.10.2023).

5. Кононов Н.А. Реинжиниринг бизнес-процесса в сфере образования средствами сервис-ориентированного подхода к построению архитектуры информационных систем // Мавлютовские чтения. Материалы XVI Всероссийской молодежной научной конференции. - Уфа: 2022. - С. 74-76.

© Кононов М.А., 2023

УДК 004.9

Н.А. КОНОНОВ, Д.И. ЦКРИАЛАШВИЛИ

knnv.nkt@gmail.com, d.tskr@yandex.ru

Науч. руковод. – д.т.н. техн. наук, профессор **В.В. АНТОНОВ**

Уфимский университет науки и технологий

**ПРИМЕНЕНИЕ ПРИНЦИПОВ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА
И СЕМАНТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ НА ЭТАПЕ
ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ
ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ РАСЧЕТА НАЛОГА НА ДОХОДЫ
ФИЗИЧЕСКИХ ЛИЦ, ОТНЕСЕННЫХ К ЧИСЛУ НЕРЕЗИДЕНТОВ**

Аннотация: в статье рассматривается проблема расчета налогов для физических лиц, отнесенных к числу нерезидентов. В целях изучения предметной области и описания функциональных требований к системе применены принципы семантического моделирования. Исследован рынок информационных систем на предмет наличия инструментов обеспечивающих удовлетворения исходных требований. В качестве решения предлагается идея разработки информационной системы для автоматизации данного процесса.

Ключевые слова: семантическое моделирование, информационная система, проектирование, налогообложение, расчет налогов, информационное моделирование

Согласно определению, под налогом понимается обязательный, индивидуально безвозмездный платеж, взимаемый с организаций и физических лиц в форме отчуждения принадлежащих им на праве собственности, хозяйственного ведения или оперативного управления денежных средств в целях финансового обеспечения деятельности государства и (или) муниципальных образований [1].

Особенностью рассматриваемой предметной области является наличие в ней комплексных алгоритмов по расчету налогов для различных категорий и подкатегорий лиц, изменяющихся в зависимости от множества критериев.

Расчет налогов для физических лиц в России является сложным и многоэтапным процессом, требующим высокой точности и аккуратности. В настоящее время благодаря развитию информационных технологий появляются новые возможности для автоматизации процесса налогообложения и расчета налогов.

На данный момент существуют программные решения, используемые различными компаниями, являющимися налоговыми агентами, для автоматизации расчетов налогов для физических лиц резидентов. Такими решениями являются: 1С: Бухгалтерия, КонсультантПлюс, ТаксКом. Проведя многокритериальный анализ, определено, что каждая из этих систем позволяет автоматизировать расчет налога на доходы физических лиц. Основываясь на проведенном анализе, выяснено, что в полном объеме весь контур по налоговому процессу вышеописанные программные средства не обеспечивают, оставляя узким местом расчеты налогов для физических лиц нерезидентов. Как следствие, данный фрагмент предметной области выбран для дальнейшего детального исследования.

Налог на доходы физических лиц (НДФЛ) — основной вид прямых налогов. Исчисляется в процентах от совокупного дохода физических лиц за вычетом документально подтвержденных расходов, в соответствии с действующим законодательством [2].

Обозначенная проблематика, обусловлена сложностью расчета налога для физических лиц для физических лиц нерезидентов России, что приводит к большим затратам времени и как следствие влияет на всю цепочку бизнес-процессов, в которую включен обозначенный объект. Процедура расчета данного налога является многофакторной. Для того чтобы правильно рассчитать налоги, необходимо учитывать множество факторов, влияющих на корректность расчетов. Данная тема является актуальной в связи с увеличением количества нерезидентов, получающих доход в Российской Федерации.

Исследуемый бизнес-процесс, согласно системному анализу, может быть рассмотрен как сложная система. Таким образом, структура исследуемого бизнес-процесса, может быть определена как инвариантная, неизменяемая ее часть, которая характеризуется устойчивой упорядоченностью в пространстве и во времени ее элементов и связей между ними, которые в свою очередь не зависят от состояния системы.

Процесс включает в себя расчет налогооблагаемой базы для физического лица, определение ставки налога и сам расчет путем перемножения налогооблагаемой базы на ставку. В целях формирования иерархии понятий предметной области разработана ее семантическая модель, представленная на рисунке 1.

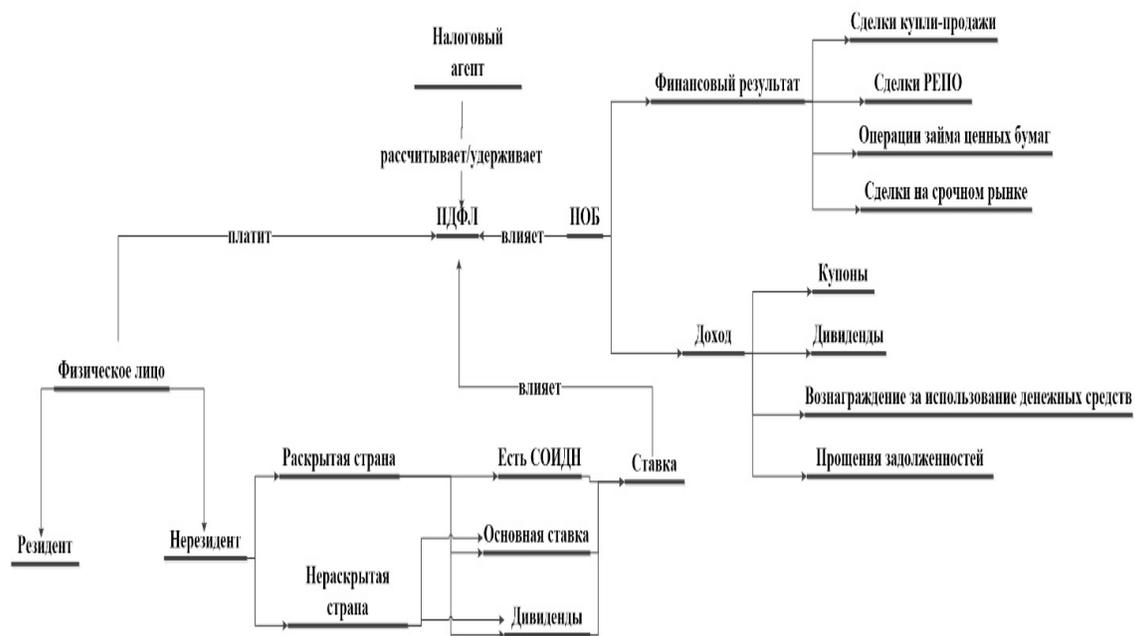


Рис. 1. Семантическая модель бизнес-процесса налогообложения физического лица-нерезидента

В зависимости от вида дохода, раскрыта ли страна у физического лица и заключено ли соглашение об избежании двойного налогообложения (СОИДН) между этой страной и Россией, рассчитывается налог, который впоследствии будет удержан. Рассчитывается и удерживается НДФЛ налоговым агентом.

В качестве решения рассмотренной ранее проблемы предлагается формализация [4] бизнес-процесса «Расчет налога на доходы физических лиц, отнесенных к числу нерезидентов» с применением принципов системного анализа и аппарата теории категорий. Формализация бизнес-процесса позволит идентифицировать расчетные процедуры бизнес-процесса и их взаимосвязи, позволит определить структуру системы, определение которой представлено ранее. Определение всех элементов системы является ключевым условием для перехода к формированию проекта новой информационной системы или модуля информационной системы.

Рассмотрим сформулированные предложения на примере разработки информационной системы расчета НДФЛ для физических лиц нерезидентов – клиентов брокерской компании.

Целью данной работы является снижение количества возможных ошибок, допускаемых при расчете вручную НДФЛ для клиентов-нерезидентов, а также снижение количества времени, затрачиваемого на процесс расчета налогов для нерезидентов. Неоспоримым следствием перечисленного является повышение качества бизнес-процесса.

На основе вышеописанного можно сформировать алгоритм, который будет рассчитывать финансовый результат и доход по операциям,

совершаемым клиентом, формировать налогооблагаемую базу и распределять по категориям. В зависимости от того, раскрыл ли клиент страну, и есть ли с этой страной соглашение об избежании двойного налогообложения, от вида дохода, будет определяться ставка для налога. Данный алгоритм требуется внедрить в некоторую существующую платформу.

Принцип такой разработки будет заключаться в автоматическом определении ставки налога и расчете налогооблагаемой базы для дальнейшего расчета налога.

Данное предложение позволит значительно сократить время на расчеты, так как при отсутствии данной доработки людям необходимо выполнять сложные комплексные расчеты. На следующем рисунке показана информационная модель предметной области (рис. 2).

В качестве возможной реализации этого предложения возможно рассмотрение микросервисной архитектуры, как наиболее популярного технологического решения.

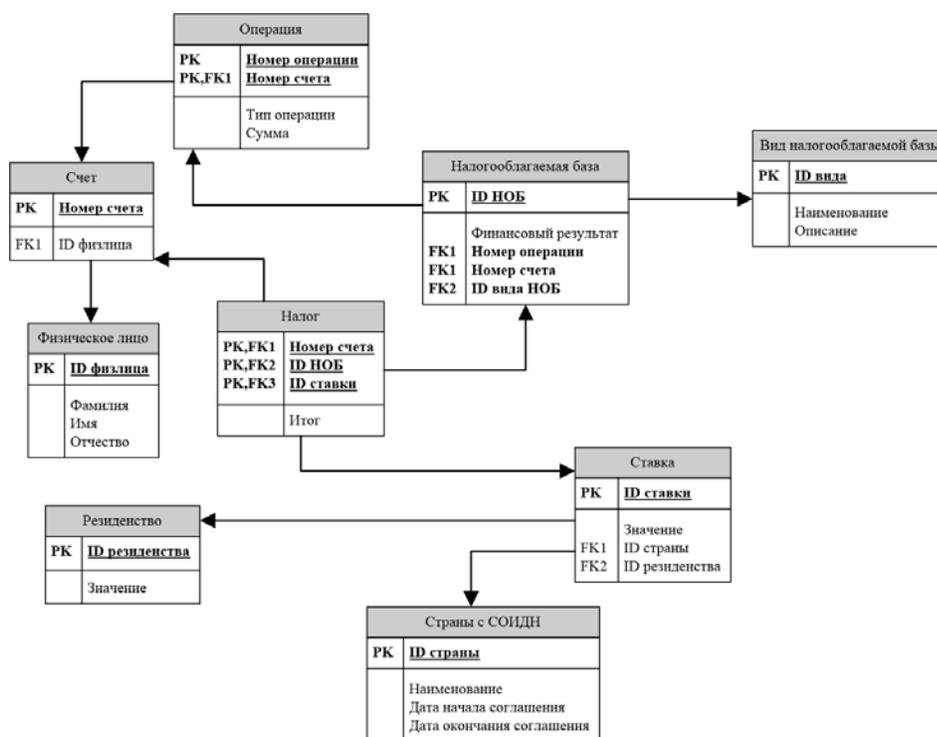


Рис. 2. Информационная модель бизнес-процесса налогообложения физического лица-нерезидента

Таким образом, разработка информационной системы расчета налогов для физических лиц нерезидентов России, позволит упростить процесс расчета налогов и ускорить его выполнение, улучшить качество и точность расчета налогов.

Библиографический список

1. НК РФ Статья 8. Понятие налога, сбора, страховых взносов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19671/fd3039f558e14477ce752eb9789b02a023fbc006/ (22.10.2023)
2. Налог на доходы физических лиц [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://www.nalog.gov.ru/rn77/taxation/taxes/ndfl/> (22.10.2023)
3. Баранова И.В., Бантова М.М., Чжао К. Информационные инструменты цифровой трансформации высокотехнологичных предприятий. Москва: "Креативная экономика", 2020. 222 с.
4. Кононов Н.А. Разработка формальной модели реализации процесса взаимодействия компонентов сложной системы на примере информационного сопровождения приемной кампании // научные дискуссии в условиях мирового кризиса: новые вызовы, взгляд в будущее. Материалы V международной научно-практической конференции. – Ростов-на-Дону, 2022: Общество с ограниченной ответственностью "Манускрипт" (Калуга), 2022. С. 77-80.

© Кононов Н.А., Цкриалашвили Д.И., 2023

УДК 004.9

Н.А. КОНОНОВ, О.А. БАЛАНДИНА

knnv.nkt@gmail.com, baland.olg@gmail.com

Науч. руковод. – д.т.н., проф. **В.В. АНТОНОВ**

Уфимский университет науки и технологий

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В КАЧЕСТВЕ ИНСТРУМЕНТА ФОРМИРОВАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ НА ПРИМЕРЕ БИЗНЕС-ПРОЦЕССА КОНКУРСНОГО ОТБОРА

Аннотация: в статье рассматривается процесс формирования требований к информационной системе, осуществляющийся на основе концепции системного моделирования; а также принципы и инструментарий системного моделирования. Разрабатывается модель бизнес-процесса конкурсного отбора, определяются требования к специализированному программному решению, формируется модель программного решения, оценивается эффект внедрения.

Ключевые слова: информационная система; формирование требований; функциональная модель; контекстная диаграмма; диаграмма прецедентов; системное моделирование; конкурсный отбор.

Введение. Военный учебный центр – формирование при высшем учебном заведении (ВУЗ), где осуществляется подготовка кадровых офицеров, офицеров запаса, рядовых и сержантов запаса по ряду направлений и специальностей. В целях стабильного функционирования формирования необходимо производить своевременную оптимизацию его бизнес-процессов, в частности – приема студентов на обучение, осуществляемого в ходе приемной кампании (ПК); в основе которого лежит бизнес-процесс конкурсного отбора. Достичь этого можно путем внедрения в бизнес-процесс новых технологий, призванных автоматизировать деятельность сотрудников военного учебного центра, вовлеченных в процесс ПК.

Моделирование процесса, функциональный подход. Выявление узких мест бизнес-процесса конкурсного отбора в рамках ПК военного центра при ВУЗе осуществляется в соответствии с принципами системного моделирования, сводящимися к использованию моделей для концептуализации и дальнейшего проектирования систем. Так, результаты анализа предметной области исследования стали основой для построения ряда моделей бизнес-процесса в нотациях IDEF0 и IDEF3: контекстной диаграммы, задающей контекст рассмотрения бизнес-процесса – точку зрения на бизнес-процесс и цель моделирования (рис. 1); функциональной модели бизнес-процесса в нотации IDEF0, представляющей собой декомпозицию блока A0 контекстной диаграммы (рис. 2); модели бизнес-процесса в нотации IDEF3 – приложения к функциональной модели (рис. 3).



Рис. 1. Контекстная диаграмма бизнес-процесса конкурсного отбора

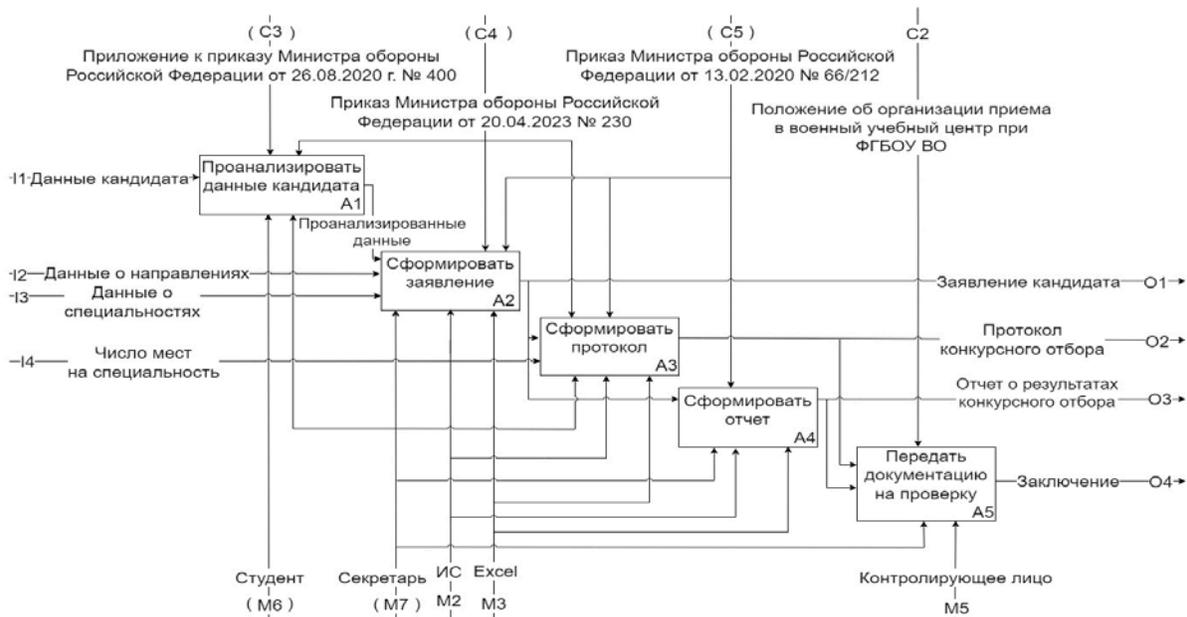


Рис. 2. Функциональная модель бизнес-процесса конкурсного отбора в нотации IDEF0

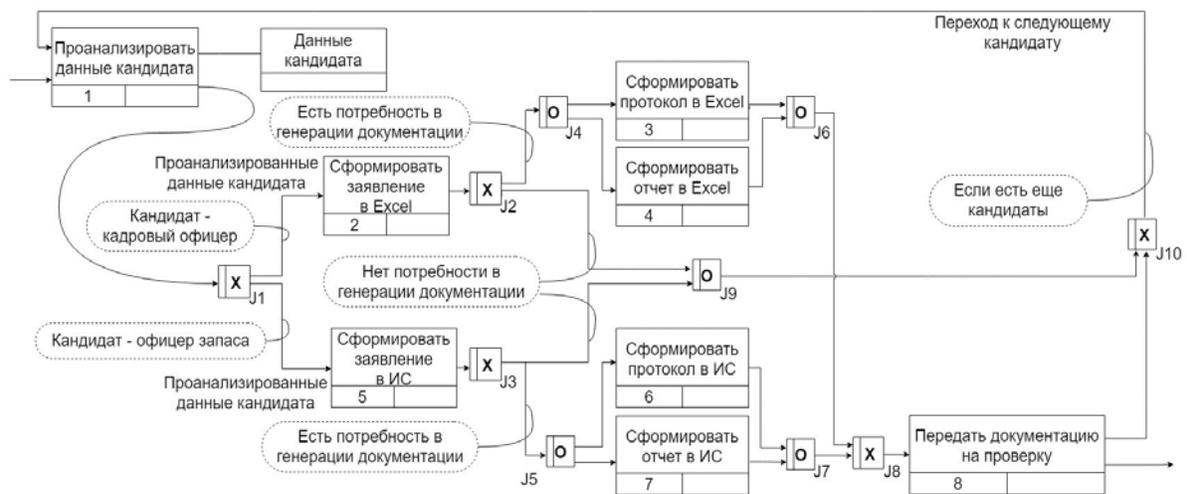


Рис. 3. Модель бизнес-процесса конкурсного отбора в нотации IDEF3

Анализ разработанных моделей и предлагаемое решение. Анализ разработанных моделей показал, что бизнес-процесс конкурсного отбора, осуществляемый в ходе ПК военного учебного центра, автоматизирован частично – задействованная в процессе на данный момент информационная система (ИС) охватывает лишь часть функций бизнес-процесса, вследствие чего имеет место распараллеливание информационных потоков: часть действий осуществляется с помощью ИС, а часть – с помощью сторонних программных решений. В целях устранения данного недостатка предполагается разработка специализированной ИС [1] – решения,

создаваемого для конкретного предприятия и не имеющего аналогов – что охватывала бы все стороны деятельности ПК, связанные с конкурсным отбором и требующие применения информационных технологий.

Выявление требований к ИС. Так, к специализированной ИС предъявляется ряд следующих функциональных требований [2]: «ИС должна обеспечивать возможность ведения учета разных категорий кандидатов: кадровых офицеров и офицеров запаса», «ИС должна предоставлять возможность генерации отчетной документации по всем категориям кандидатов», «ИС должна реализовывать механизм разграничения доступа на основе ролей: простой пользователь и администратор», «ИС должна предоставлять администратору возможность удаления данных о ПК прошлых лет в целях актуализации информации в ИС», «ИС должна предоставлять администратору возможность управления пользователями системы», «ИС должна предоставлять администратору возможность управления перечнями направлений и специальностей» .

Кроме того, к функциональным требованиям к специализированной ИС относится осуществление ИС логирования изменений и записей с фиксированием информации о том, кем из пользователей была выполнена та или иная операция. Возможность просмотра отчетных логов должна предоставляться администратору.

Построение модели ИС. Модель функциональных возможностей, которыми должна обладать специализированная ИС, сформирована средствами нотации визуального моделирования UML [3] и представлена на рисунке 4.



Рис. 4. Модель функциональных возможностей специализированной ИС, представленная диаграммой прецедентов

Выводы. Таким образом, на основе оценок экспертов можно составить следующий прогноз: внедрение в бизнес-процесс конкурсного отбора, осуществляющийся в рамках ПК военного учебного центра, специализированной ИС позволит свести к минимуму временные затраты сотрудников военного учебного центра, вовлеченных в деятельность ПК, ранее приходящиеся на осуществление значимых для ПК действий средствами сторонних приложений; что позволит существенно ускорить ход бизнес-процесса и повысить его надежность, тем самым обеспечив ему стабильное функционирование с рациональным расходом ресурсов, времени и средств.

Библиографический список

1. Кононов, Н.А. Внедрение автоматизированной информационной системы «КРОН» как способ совершенствования процессов приемной кампании ВУЦ: статья в сборнике трудов конференции / Н.А. Кононов. – Уфа: УГАТУ, 2020. – 5 с.
2. Вигерс, К. Битти, Д. Разработка требований к программному обеспечению: книга / К. Вигерс, Д. Битти. – Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, Русская Редакция, 2014. – 736 с.
3. Cockburn, A. Writing Effective Use Cases: книга / А. Cockburn. – Boston: Addison-Wesley, 2001. – 204 с.

© Кононов Н.А., Баландина О.А., 2023

УДК 004

Р.И. РАХМАТУЛЛИНА

Renya_meow@mail.ru

Науч. руковод. – канд.техн. наук, доцент **Е.А. ДРОНЬ**

Уфимский университет науки и технологий

СИСТЕМА ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА В ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЯХ

Аннотация: в статье проанализирована деятельность общеобразовательных учреждений до и после внедрения СЭД. В результате анализа сделан вывод о целесообразности внедрения и использования СЭД в деятельности общеобразовательных учреждений, способствующей повышению эффективности коммуникаций и рационального взаимодействия всех структурных подразделений для достижения поставленных целей.

Ключевые слова: бумажная документация; система электронного документооборота; электронный документооборот; общеобразовательные учреждения; эффективность.

В настоящее время по мере создания современных информационных и электронных систем связи появляется возможность фактически отходить от использования бумажной документации как главного носителя информации [1].

Как правило, в любом общеобразовательном учреждении существует большой объем бумажного документооборота. Кроме того, риск потери важной информации при таком документообороте достаточно высок, что снижает эффективность менеджмента общеобразовательного учреждения. Работа с документами требует от исполнителя больших затрат времени на его создание, редактирование, согласование и последующее размножение или архивацию. Выполнение данной работы эффективнее осуществлять при помощи системы электронного документооборота (СЭД), которая упрощает и автоматизирует осуществление данных процедур [2].

Цель исследования – формирование предложения по улучшению управления документооборотом в общеобразовательных учреждениях.

Задачи исследования – провести анализ предметной области, обосновать оптимальный способ решения проблемы с помощью анализа, результаты, полученные при внедрении предложенного решения.

Материалы и методы

В условиях цифровой среды системы электронного документооборота (СЭД) являются одним из действенных инструментов оптимизации бизнес-процессов, играя значимую роль в реализации стратегий цифровой трансформации. Что принято понимать под системой электронного документооборота? Рассматривая определение СЭД, которое дают аналитики и разработчики, можно выделить три главных его особенности. Первое - системный аспект, СЭД - организационно-техническая система или система программных средств. Второе - функциональный аспект, СЭД «обеспечивают процесс создания, управления доступом и распространения электронных документов, и контроль над потоками документов в организации», «позволяют организовать и автоматизировать работу с электронными документами на протяжении всего их жизненного цикла». Третье - технический аспект. СЭД предполагают создание и использование информационной инфраструктуры, программного обеспечения и компьютерных программ в цифровой среде.

Внедрение системы электронного документооборота в общеобразовательные учреждения может влиять на эффективность и

рациональность взаимодействия структурных подразделений общеобразовательного учреждения.

Эффект от внедрения СЭД выражается в следующих факторах:

1) ускорение внутреннего и внешнего взаимодействия. Уменьшение времени, идущего на согласование и продвижение документации до исполнителей посредством быстрой отправки электронных копий, способствует ускорению процесса принятия решений и снижает инертность общеобразовательного учреждения. Время согласования документов сокращается не менее чем в два раза, а в отношении сложных документов — значительно больше;

2) единая система делопроизводства. Посредством внедрения СЭД обеспечивается объединение в единый делопроизводственный цикл всех структурных подразделений и предоставляется возможность коллективной работы над документами, что позволяет избежать влияния человеческого фактора за счет выполнения формальных процедур автоматизированной системой;

3) сквозной контроль исполнительской дисциплины. Внедрение СЭД позволяет организовать четкий контроль за исполнением и движением документов на всех структурных уровнях общеобразовательного учреждения, повышая тем самым исполнительскую дисциплину персонала и сокращая сроки движения документов и принятия управленческих решений;

4) оптимизация бизнес-процессов. Использование СЭД позволяет обеспечивать наблюдение и контроль за движением документации, выявляя при этом проблемы или отклонения в процессе управления потоками документов, что дает возможность оптимизировать управленческие бизнес-процессы на различных структурных уровнях;

5) надежность в управлении конфиденциальной информацией [3]. После внедрения СЭД повышается уровень безопасности конфиденциальной информации посредством формирования нескольких уровней доступа сотрудников общеобразовательного учреждения к конкретному виду информации и постоянному мониторингу нахождения пользователей в системе;

6) снижение запросов бумажных копий. Использование СЭД позволяет обеспечивать постоянный полный доступ персонала ко всей нормативно-правовой документации общеобразовательного учреждения, что значительно уменьшает количество бумажных копий документов и освобождает работников от рутинной и неэффективной работы;

7) снижение времени генерации аналитических отчетов. Система СЭД автоматически генерирует шаблонные отчеты по конкретному запросу,

направляя его ответственному лицу, тем самым существенно разгружая рабочее время сотрудников;

8) исключение дубликатов и потери документов. Посредством применения СЭД исключается дублирование операций в процессе использования и передачи информации, а также потеря информации на различных этапах работы с документами, в том числе их повторная регистрация.

Специфика использования СЭД в общеобразовательных учреждениях:

1. Основными пользователями в системе будут: директор, заместитель директора по воспитательной работе, заместитель директора по учебно-воспитательной работе, педагог-психолог, социальный педагог, классные руководители, руководители кружков и спортивных секций, педагоги дополнительного образования.

2. Основные документы, которые будут обрабатываться в системе: Форма №1 ДОП, Протокол общешкольного родительского собрания, Акт передачи СПТ, Сведения о занятости подростков, состоящих на различных видах учета, Сведения об обучающихся и о педагогах доп. образования, Повестки дня, Списки обучающихся, подлежащих и не подлежащих тестированию, Список обещающихся, состоящих в «группе риска», Список обучающихся, состоящих на ВШУ и ОДН и т.д.

3. При использовании СЭД больше не приходится хранить много бумажных документов, поступающих от подчиненных, для формирования необходимой документации. Все входящие документы будут отображаться в системе.

4. Так же плюсами использования системы считается быстрый поиск информации и создание документов на основе шаблонов, что в свою очередь сокращает время работы с документами.

Результаты и обсуждения

Основной эффект цифровизации документооборота общеобразовательного учреждения выражается в упрощении и ускорении организационно-педагогических процессов, а также в повышении точности и качества исполнения профессиональных функций учителей и администрации общеобразовательной школы, для чего в системе внутришкольного повышения квалификации должна быть организована специализированная подготовка учителей и администрации общеобразовательной школы для работы в условиях цифровизации документооборота. [4]. Эконометрическое исследование о влиянии электронного правительства на устойчивое развитие доказало, что цифровизация становится главным фактором устойчивого

развития [5]. Данное исследование доказывает необходимость внедрения и использования СЭД в деятельности общеобразовательных учреждений.

Опишем результаты до и после внедрения СЭД в виде таблицы.

**Временные затраты на операцию с документацией
(до и после внедрения СЭД)**

№	Выполняемая операция	среднее время выполнения операции до внедрения ксЭд, ч	среднее время выполнения операции после внедрения ксЭд, ч
1	Регистрация входящего письма	0,3	0,05
2	Регистрация внутреннего документа	0,3	0,05
3	Определение ответственных лиц за исполнение	0,3	0,02
4	Размножение документа по резолюции	0,09	0,00
5	Сбор необходимых данных для ответа	7,00	1,00
6	Поиск аналогичных ответов	4,00	0,50
7	Подготовка ответа на письмо	3,00	1,50
8	Организация процесса согласования документа	5,00	0,33
9	Организация и подготовка совещаний	4,00	0,50
10	Напоминание о приближении срока исполнения письма	0,40	0,00
11	Передача письма на ознакомление и исполнение	0,50	0,00
12	Перевод бумажного документа в электронный вид	2,00	0,00
13	Восстановление документа в случае его утери	0,50	0,00
	Сумма	27,39	3,95

Заметно, что после внедрения СЭД время, затраченное на работу с документами, уменьшилось практически в 7 раз.

Вывод

В результате исследования сформировано предложение по улучшению управления документооборотом в общеобразовательных учреждениях. Так же

проанализирована предметная область, обоснован оптимальный способ решения проблемы с помощью анализа. Помимо всего описаны результаты полученные при внедрении СЭД, которые показали, что внедрение системы электронного документооборота сокращает время на работу с документами практически в 7 раз.

Библиографический список

1. Чемоданова О.Н., Гриб Г.Ю. Электронный документооборот как фактор эффективного управления бизнес-процессами организации // Управленческие науки. 2017. Том 7, № 1. С. 63-68.

2. Бобылева М.П. Новые возможности управленческой интеграции в условиях применения корпоративных информационных технологий // Проблемы теории и практики управления. 2014. № 4. С. 77-88.

3. Гриб Г.Ю., Чемоданова О.Н. Основные институциональные проблемы развития малого и среднего бизнеса в России и способы их решения // Экономика и управление: проблемы, решения. 2016. № 3. С. 22-26.

4. Толкачева И.А. Содержание внутришкольного повышения квалификации учителей и администрации для работы в условиях цифровизации документооборота // Современное педагогическое образование. 2019. №12. С. 140-145.

5. Lopatkova Y., Agbozo E., Belyaeva Z. Exploring the Relationship between E-Government and Sustainable Development // Conference: XIV International Conference «Russian Regions in the Focus of Changes». Ekaterinburg. 2018. P. 13-18.

© Рахматуллина Р.И., 2023

УДК 004

Р.И. РАХМАТУЛЛИНА

Renya_meow@mail.ru

Науч. руковод. – канд. техн.наук, доцент **Е.А. ДРОНЬ**

Уфимский университет науки и технологий

УПРАВЛЕНИЕ ДОКУМЕНТООБОРОТОМ В ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЯХ

Аннотация: в данной статье рассмотрен процесс управления документооборотом в общеобразовательных учреждениях. Как и любой процесс, он имеет ряд недостатков и недочётов с технологической стороны осуществления процесса. При анализе процесса выявлен существенный

недостаток в самом управлении документооборотом. В выводе статьи предлагается решение этой проблемы, позволяющее улучшить данный процесс управления документооборотом в общеобразовательных учреждениях.

Ключевые слова: управление документооборотом; документы; общеобразовательное учреждение; документы; электронный документооборот; ELSCHOOL.

Предметом исследования является управление документооборотом в общеобразовательных учреждениях. В настоящее время документ является основным средством представления информации в любой организации. Вся управленческая деятельность в России осуществляется с помощью документов, которые в то же время являются источником, результатом и инструментом данной деятельности. [9].

Управленческая деятельность и функционирование любого образовательного учреждения в России, как и во всех развитых странах, осуществляется с помощью документов, которые одновременно являются источником, результатом и инструментом этой деятельности [1].

Длительный период времени основу всего делопроизводства образовательных учреждений составляет в основном только бумажный документооборот.

Большинство сотрудников общеобразовательного учреждения тратят большое количество временных ресурсов на поиск и сбор необходимых данных или же на создание однотипного документа, вместо существующего, который находится где-то на компьютере или же на бумажном носителе. Так же большое количество времени уходит на согласование документации с директором школы, помимо этого тратится большое количество бумаги.

Так же существует ряд проблем, с которыми связан внутришкольный документооборот:

- проблема неучастия/пассивности части коллектива в документообороте;
- проблема отсутствия навыков работы с документами у учителей;
- проблема отсутствия стандартов/шаблонов для документов (неудобных шаблонов);
- проблема внесения изменений в документы;
- проблема “сведения” информации из разных документов в один;
- проблема хранения;
- проблема организации доступа к документам;
- проблема обратной связи при проверке документов;
- проблема организации совместной работы над одним документом.

В настоящее время большинство образовательных учреждений используют ELSCHOOL.

ELSSCHOOL – это единый бесплатный проект электронной школы, который позволяет:

- вести электронный журнал
- просматривать электронный дневник
- вести контроль проходов в школе
- контролировать питание в школе
- пользоваться услугами информирования
- получать полную отчетность учебного процесса и многое другое

Но есть существенный недостаток, который заключается в том, что эта система не позволяет обмениваться документами, создавать их, редактировать, перенаправлять и согласовывать. То есть она не предназначена для делопроизводства.

Актуальность решения проблемы внутришкольного бумажного документооборота заключается в снижении временных и трудовых затрат.

Цель исследования – анализ проблем в управлении документооборотом в общеобразовательных учреждениях с целью повышения эффективности данного процесса.

Задачи исследования – сформулировать суть проблемы управления документооборотом в общеобразовательных учреждениях, описать актуальность её решения и провести анализ существующих решений проблемы.

Основная часть

В настоящее время можно выделить ряд проблем, для тех общеобразовательных учреждений, где работа с документами ведется традиционным способом:

- документы теряются;
- накапливается множество документов, назначение и источник которых неясны;
- документы и информация, содержащаяся в них, попадает в чужие руки;
- тратится масса рабочего времени на поиск нужного документа и формирование тематической подборки документов;
- создается несколько копий одного и того же документа;
- на бумагу и копирование документов тратиться немало средств;
- на подготовку и согласование документов тратится много времени [5].

Во многих публикациях (Родькина О.Я. [14], Суханова Н.Т. [10, 12]), которые посвящены проблемам автоматизации и информатизации образования выявлены основные цели информатизации образовательных учреждений:

- увеличение эффективности проведения образовательных мероприятий;

- увеличение гибкости и доступности предоставления учебных материалов;

- развитие уровня информатизации образовательного учреждения [8].

Перегруженность учителей бумажными отчетами принуждает тратить рабочее и личное время не на преподавание, воспитание, внеклассную работу с ученическими коллективами, а на правильное взаимодействие с менеджерами школы и учредителем образовательного учреждения. Важным становится то, как работник описывает и представляет свою работу, а не то, что он в действительности делает, какой он человек, специалист и какие ценности пропагандирует на учебных занятиях [6].

Есть два решения этой проблемы: доработать систему ELSCHOOL, либо же внедрить систему электронного документооборота.

Необходимость применения технологий информатизации и их изучения обусловлена целым спектром внешних и внутренних по отношению к системе образования факторов [7].

Внедрение системы электронного документооборота позволяет решить все эти проблемы, а также: обеспечит согласованную работу всех подразделений сферы образования; упростит работу с документами, повысит ее эффективность; повысит производительность труда сотрудников за счет сокращения времени создания, обработки и поиска документов; повысит оперативность доступа к информации; позволит разграничить права доступа сотрудников к информации [13]. Доказано, что внедрение СЭД сокращает время на обработку и подготовку отчетных документов примерно на 75%. [15].

Для достижения эффективности и результативности деятельности организации необходимо использовать механизмы эффективного и результативного управления бизнес-процессами. Одним из них является СЭД, которая в дальнейшем будет способствовать повышению эффективности деятельности современной организации и достижению поставленных целей. Искусственный интеллект применяется в распознавании, классификации и отправке документов по маршрутам, поиске и обработке контента, он может определять, например, тип договора и автоматически отправлять его на согласование. В идеальной ситуации цифровизация должна освободить работников школы «от несвойственной им бумажной работы» [11].

Исследование работ российских и зарубежных авторов, посвященных вопросам исследования электронного документооборота в составе цифровых инструментов, позволяет сделать следующие выводы. Отечественные авторы выделяют явную взаимосвязь между становлением концепции системы электронного документооборота и решением задач оптимизации бизнес-процессов. Авторы видят решение проблемы информационного и

управленческого коллапса организаций во внедрении СЭД, характеризующихся высоким инновационно-технологическим уровнем [4]. Отдельные авторы [2, 3], исследуя современные СЭД, рассматривают влияние СЭД на решение организационных, производственных и управленческих задач, а также роль в защите, восстановлении экосистем суши и их рациональном использовании. Связано это с переходом на безбумажный документооборот, который помогает в сохранении природы, борьбе с дефицитом природных ресурсов на планете, борьбе с обезлесением. Интересным является факт, что в российских источниках отсутствует как таковое разделение на виды систем электронного документооборота, в то время как за рубежом были введены понятия, приходящие на каждую смену поколений СЭД: Records Management (RM-системы), Electronic Document Management System (EDMS), Enterprise Content Management (ESM) и Content Services Platform (CSP).

Вывод

В представленной статье обследован процесс, а также сформулирована суть проблемы управления документооборотом в общеобразовательных учреждениях. Описана актуальность её решения и проведён анализ существующих решений проблемы.

Проведенный анализ показал, что лучшим образом процесс можно оптимизировать с помощью системы электронного документооборота, благодаря которой делопроизводство в общеобразовательных учреждениях станет намного эффективнее, а главное будет затрачиваться меньшее количество временных и трудовых затрат.

Библиографический список

1. Васильев С.С., Бочкова Е.Г. Целесообразность внедрения электронного документооборота на предприятия и малый бизнес // NovaInfo. 2017. № 58 (18). С. 68-72. URL: <https://novainfo.ru/article/10825> (дата обращения: 06.05.2023).
2. Omri A. Technological innovation and sustainable development: Does the stage of development matter? // Environmental Impact Assessment Review. 2020. V. 83.
3. Rosman M., Rahimi M.; Aziz A., Azhan M.; Salleh M., Idzwan M. Investigating the antecedents of enterprise content management system (ECMS) benefits // E-academia journal. 2018. V. 7. No. 1.
4. Куранбек Ж.А. О некоторых юридических и технических вопросах применения электронных (цифровых) подписей в Республике Казахстан //

Вестник Института законодательства и правовой информации Республики Казахстан. 2020. № 3 (61). С. 228-238.

5. Жданов А.А., Найдюк Д.Д., Жереб Л.А. Оптимизация деятельности предприятия при внедрении автоматизированных систем документационного обеспечения // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2018. Т. 3. № 4 (14). С. 70-72.

6. Иванова, Т.М. Учитель в современном обществе: проблемы и перспективы // Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. 2015. № 2. С. 966-969.

7. Гриншкун В.В. Проблемы и пути эффективного использования технологий информатизации в образовании // Вестник Московского университета. Серия 20. Педагогическое образование. 2018. №2. С. 34-47

8. Князева А.М., Суханова Н.Т. Возможности автоматизации деятельности образовательного учреждения на примере работы секретаря школы // Проблемы современного педагогического образования. 2020. №74. С.126-131.

9. Мазур С.Ф. Отдельные вопросы развития документационного обеспечения управления // Труды Академии управления МВД России. 2018. №3. С.64-67.

10. Суханова Н.Т., Гусев В.В., Гусев И.В. Электронный документооборот. Его применение и преимущества над бумажным. // Электронный сборник статей по материалам XXVI студенческой Международной научно-практической конференции Научное сообщество студентов. Междисциплинарные исследования. 2017. С. 16-20.

11. Хайруллин Г.Т. О цифровизации образования // Глобус: психология и педагогика. 2020. № 3 (38). С. 4-7.

12. Суханова Н.Т. Мониторинг учебного процесса, как подсистема информационного образовательного пространства учебного заведения. // Информационные технологии в организации единого образовательного пространства: Труды Международной научно-практической конференции преподавателей, студентов, аспирантов, соискателей, специалистов, Н. Новгород, НГПУ. 2012. С. 269.

13. Сечин А.И., Долдин И.Н. Разработка структуры паспорта безопасности образовательной организации // Современные проблемы машиностроения: сборник трудов XIII Международной научно-технической конференции, г.Томск, 26-30 октября 2020 г. – Томск: Томский политехнический университет. 2020. С. 249-250.

14. Никольская В.А., Родькина О.Я. Исследование угроз информационной безопасности при использовании программного обеспечения в госучреждениях и их влияния на отраслевое экономическое

развитие // Успехи современной науки и образования / Белгород. 2017. №9. С. 97-102.

15. Лясковская Е.А., Григорьева К.М. Электронный документооборот в системе инструментов устойчивого развития регионов России // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Экономика и менеджмент». 2022. Том 16 № 4. С.54-64

© Рахматуллина Р.И., 2023

УДК 004.775

К.З. ЮЗМУХАМЕТОВ

mr.kiryт@mail.ru

Науч. руковод. – Г.А. Тугузбаев

Уфимский юридический институт МВД России

СРЕДСТВА И МЕТОДЫ OSINT

Аннотация: в статье представлены инструменты открытого пользования для OSINT, что является актуальным в наше время. OSINT (open-source intelligence, разведка на основе открытых данных) – это процесс анализа, сбора и использования информации, из открытых и общедоступных источников данных

Ключевые слова: разведка; открытые источники данных, pythonscript, Telegramm, база данных, поиск, фото.

Добывание информации из открытых источников или же как это называют профессионалы OSINT разведка бывает крайне увлекательным занятием какими бы вы целями не руководствовались. В сети можно без труда узнать о человеке практически все или почти все особенно если он пренебрегает своей конфиденциальностью в пользу удобства будь, то розыск злоумышленника или просто поиск понравившегося вам человека. OSINT разведка развивает не только ваши навыки как компьютерного специалиста, но и помогает вам понять каких ошибок лучше не допускать. Если вы не хотите афишировать свое присутствие в сети и в данном начинании нам, как всегда, могут прийти на помощь инструменты свободного программного

обеспечения, я опишу именно о том какие программы и скрипты могут пригодиться для проведения OSINT разведки.¹

Но прежде чем мы продолжим стоит отметить что тему поиска информации о человеке из открытых источников является одной из самых главных 2023 году из каждым годом становится все актуальнее, за этот год большинство крупных компаний подверглось сливу баз данных и теперь любой желающий может составить полное резюме на другого человека за считанные минуты начиная с ФИО, дата рождения и место проживания заканчивая информацией об онлайн-заказах, интересов человека и паролей от различных ресурсов все эти данные можно найти совершенно бесплатно при помощи инструментов и различных сервисах.

Начну свою работу с инструмента под названием Snoop.

Это небольшой pythonscript для поиска пользователя по его никнейму ориентированный в первую очередь против пользователей из стран СНГ, не зря данный инструмент даже включен в реестр отечественного программного обеспечения в его базе данных присутствует порядка 300 ресурсов бесплатной версии и порядка 3000 платных. Однако бесплатный хватает для большинства поставленных задач Snoop способен к работе на Windows, Linux и Android системах, а для его работы не требуется специальных технических знаний просто передаем наш никнейм на поиск и спустя короткое время мы получаем список ссылок где пользователь зарегистрирован.

Snoop, также откроет нам веб-интерфейс, воспользовавшись которым мы можем в один клик продолжить наши разведывательные действия, что ж допустим в процессе нашего расследования мы определили страницы нашей цели и нашли на них к примеру оставленный e-mail. Тут нам на помощь могут прийти сразу несколько OSINT инструментов и один из них носит название MOSINT, созданный с одной единственной целью собрать максимум информации об указанной электронной почте.

MOSINT создадим его в нашей системе и запустим скрипт передав ему интересующий нас e-mail и всего за несколько секунд он определит базовую информацию о почтовом ящике: использовался ли данный почтовый ящик при регистрации на популярных платформах и тому подобная информация. При этом если данная информация нам недостаточна, мы дополнительно можем прокачать наш экземпляр MOSINT подключив к нему API различных сервисов.

¹ Смольянинова, Ю.В. Информационно-коммуникативные технологии и государственная служба электронное правительство и открытые данные / Ю.В. Смольянинова // Чайновские чтения – XIX: материалы Всероссийской студенческой научно-практической конференции, Энгельс, 14 апреля 2023 года. – Энгельс: Поволжский кооперативный институт (филиал) РУК, 2023. – С. 160-161.

Простой пример мы можем дополнительно узнать информацию фигурировал ли данный почтовый адрес в файлах на pasta bin, или, например, был ли он слит в одной из многочисленных утечек информации, происходящих каждый день.

Все что нам потребуется это указать API ключ соответствующего сервиса в нашем конфигурационном файле и снова запустить наш поиск. В отчете появляются дополнительные данные из указанных сервисов. Ещё один крайне полезный инструмент на тот случай если у нас есть e-mail адрес нашей цели, называется Holehe OSINT.

Это скрипт эффективный поисковик зарегистрированных аккаунтов по электронной почте или по номеру телефона написанный на языке Python. Holehe OSINT проверяет, привязана ли электронная почта к учетной записи на таких сервисах, как Twitter, Instagram, YouTube и множество других сайтов всего порядка 200 популярных веб-ресурсов для нашего поиска, а если что-то окажется найдено к примеру аккаунт YouTube не только вернёт базовую информацию дополненную ссылками, но и также покажет более скрытую, такую как например, истинное имя пользователя под которым он зарегистрировался, когда создавал аккаунт. Последнее обновление этой информации ссылки на веб-архив и многое другое

GHunt также крайне интересный инструмент для нашей работы с электронной почтой в том случае если она является почтой от корпорации Google.

Дело в том, что экосистема Google, очень любит связывать все что делает пользователей под единым ID, и зная только лишь почту уже можно определить другие аккаунты этого пользователя, его активный Google сервисы к примеру, даже узнать, что этот человек пишет в отзывах на Google Maps если их оставляет. Сам инструмент GHunt доступен в виде браузерного расширения, консольной утилиты.

Существует один интересный скрипт, про который хотелось бы рассказать был создан ребятами из знаменитой на весь мир организации Bellingcat который являются настоящим профессионалами OSINT разведки с мастерством, превосходящим даже некоторые спецслужбы.²

Они иногда раскрывают свой исходный код инструментов и простенький скрипт под названием Telegram Phone number Checker один из них.

Всего благодаря нескольким строчкам кода на языке Python и API Telegram, он позволяет узнать зарегистрирован ли определенный номер

² Коэн Рейчел С., Чандлер Натан (ред.) Будущее войны в 2030 году. RAND Corporation, 2020. – 103 с. – ISBN: 978-1-9774-0295-0.

телефона в мессенджере и вывести его имя если оно там есть. Причем никто не мешает вам проверять целые базы данных телефонных номеров вычисляя каждого и массово собирать информацию.

Ещё один новый инструмент, который может оказаться полезен не только OSINT-разведчикам, но и тестером на проникновение это Web-Check.

Если у вашей цели есть личный сайт он определенно хостится на каком-то сервере, расположен в определенной точке на карте, а доменное имя кто-то зарегистрировал и теоретически именно этот человек мог допустить множество ошибок, которые могут привести к утечкам информации. Именно на данных вопросах специализируется Web-Check его можно запустить как локально у себя на устройстве, так и воспользоваться общедоступной его версией настоящее время на панели управления Web-Checker отображается информация об IP адресе цепочки, ssl записи DNS, файлы куки, заголовки сайта, информация о домене, карта страницы, местоположение сервиса, реестр перенаправлений, открытые порты и множество других данных. Кроме того, автор обещает также и поэтапное расширение функциональности.

И еще один полезный скрипт подборки это Search by Image это браузерное расширение, которое позволяет запускать обратный поиск изображений из контекстного меню, а также поддерживает более 30 поисковых систем.

Изображения расположенные в указанной области обнаруживаются независимо от того, как они были встроены в страницу, формально вы можете даже использовать скриншот.

Расширение также поддерживает загрузку локальных изображений поиск видеоклипов захват деталей в изображениях и поиск изображений с частных сайтов, все это бывает необычайно полезно если вы хотите выследить истинные источники изображения или видео, или просто хотите найти нечто похожее.

В завершении стоит отметить, что приведенные скрипты программы и проекты – это лишь малая часть обилия инструментов, которые каждый день появляются на просторах свободного программного обеспечения. Помните, что OSINT разведка – это не только крайне увлекательное занятие, дающее Вам чуть больше возможностей чем у простых пользователей интернета, но и, кроме того, это отличный способ прокачивать свои умения решая логические задачи.

Библиографический список

1. Смольянинова, Ю.В. Информационно-коммуникативные технологии и государственная служба электронное правительство и открытые данные / Ю.В. Смольянинова // Чаяновские чтения – XIX: материалы Всероссийской студенческой научно-практической конференции, Энгельс, 14 апреля 2023 года. – Энгельс: Поволжский кооперативный институт (филиал) РУК, 2023. – С. 160-161.

2. Коэн Рейчел С., Чандлер Натан (ред.) Будущее войны в 2030 году. RAND Corporation, 2020. – 103 с. – ISBN: 978-1-9774-0295-0.

3. Иллюстративный материал заимствован из общедоступных ресурсов интернета, не содержащих указаний на авторов этих материалов и каких-либо ограничений для их заимствования.

4. Тугузбаев, Г.А. Вызовы безопасности данных в условиях информационной глобализации / Г.А. Тугузбаев // Экономико-правовые проблемы обеспечения экономической безопасности Российской Федерации: сборник научных статей по итогам международной научно-практической конференции, Нижний Новгород, 27 апреля 2023 года. – Нижний Новгород: Нижегородская академия Министерства внутренних дел Российской Федерации, 2023. – С. 341-347. – EDN WQCSJBG.

5. Миронов, В.В. Персонализация графических конструкторских документов в учебном проектировании: функциональная модель концептуального уровня / В.В. Миронов, Г.А. Тугузбаев // Системная инженерия и информационные технологии. – 2023. – Т. 5, № 2(11). – С. 18-32. – DOI 10.54708/2658-5014-SИТ-2023-no2-p18. – EDN KOFVMO.

6. Гуськова, А.Б. Будущее компьютеров: развитие искусственного интеллекта / А.Б. Гуськова // Чаяновские чтения – XIX: материалы Всероссийской студенческой научно-практической конференции, Энгельс, 14 апреля 2023 года. – Саратов: Российский университет кооперации, Поволжский кооперативный институт, 2023. – С. 196-197. – EDN SRSBJM.

7. Шарафутдинова, А.Р. Информационно-коммуникационные технологии и общество: социальные сети и цифровые сообщества / А.Р. Шарафутдинова // Чаяновские чтения – XIX: материалы Всероссийской студенческой научно-практической конференции, Энгельс, 14 апреля 2023 года. – Саратов: Российский университет кооперации, Поволжский кооперативный институт, 2023. – С. 176-178. – EDN TMUWLT.

8. Карякина, А.В. Искусственный интеллект в искусстве: новые горизонты или угроза творчеству / А.В. Карякина // Чаяновские чтения – XIX: материалы Всероссийской студенческой научно-практической конференции,

Энгельс, 14 апреля 2023 года. – Саратов: Российский университет кооперации, Поволжский кооперативный институт, 2023. – С. 198-199. – EDN NSAJWO.

9. Борщ, А.В. Философия интернета вещей / А.В. Борщ // Философия в XXI веке: социально-философские проблемы современной науки и техники: Материалы I Международной научно-практической конференции, Москва, Зеленоград – Красноярск, 12 мая 2023 года. – Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2023. – С. 157-160. – EDN QIRKFP.

© Юзмухаметов К.З., 2023

УДК 004

А.М. Кромина, Д.Е. Одинцов

akromina@14gmail.com, Danil.odinzov181@gmail.com

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доцент, **Л.Е. Родионова**

Уфимский университет науки и технологий

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ФОРМИРОВАНИЯ ДОГОВОРОВ О ПРАКТИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКЕ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Аннотация: в ходе работы были рассмотрены современные фреймворки и библиотеки для создания GUI на языке Python. Создано приложение, формирующее договора на учебную, производственную, преддипломную практику.

Ключевые слова: графический пользовательский интерфейс, современные фреймворки, преимущества и недостатки фреймворков, PyQt, wxWidgets, Tkinter, Electron.

Введение

С учетом стремительного развития технологий, появляется необходимость в автоматизации документооборота, которая в свою очередь позволит значительно ускорить данную работу. Особое внимание стоит уделить формированию документов, так как это занимает значительное количество времени. Оно требует определенной внимательности со стороны юриста, так как включает в себя множество нюансов и сильно зависит от человеческого фактора. Для такой цели может подойти настольное приложение с удобным графическим интерфейсом.

Графический пользовательский интерфейс (GUI) – это способ взаимодействия пользователя с компьютером или другим устройствами,

используя графические элементы, они включают в себя кнопки, поле ввода информации, выпадающие списки, графики и многое другое [1].

Основная часть

Цель данной работы – создание средства, которое позволит значительно упростить и автоматизировать процесс формирования договоров для учебной, производственной и преддипломной практики.

На основе этой цели были сформированы следующие задачи:

- изучить современные фреймворки и библиотеки создания GUI;
- проанализировать и выбрать наиболее подходящее средство;
- создать приложение для автоматизации процесса формирования договоров на практику.

Для создания приложения был выбран Python.

Сегодня существует множество средств и методов, которые позволяют создавать программы с графическим пользовательским интерфейсом (GUI) на языке Python. Рассмотрим наиболее известные средства (табл. 1):

1. PyQt – это фреймворк для разработки кроссплатформенных приложений включает в себя широкий набор графических элементов управления, поддержку визуальной разработки и кодирования, многоязычную поддержку и многое другое.

2. wxWidgets – он предоставляет набор инструментов и библиотек для разработки приложений.

3. Tkinter – это стандартный графический интерфейс для языка программирования Python, включает в себя множество виджетов и графических элементов управления, которые могут быть легко скомбинированы для создания удобного и интуитивно понятного интерфейса.

4. Electron – это фреймворк, который позволяет использовать стандартные веб-технологии для создания настольных приложений.

Таблица 1

Преимущества и недостатки

Фреймворк	Преимущества	Недостатки
PyQt	имеет подробную документацию, обширный функционал, поддерживает многопоточность, предоставляет расширенные параметры стиля, которые позволяют осуществлять удобную настройку проекта,	Требуется достаточное количество времени, чтобы изучить все особенности PyQt

	обладает хорошей производительностью.	
wxWidgets	поддерживает кроссплатформенность, использует элементы графического интерфейса, используемой операционной системы, бесплатная в использовании платформа, использует объектно-ориентированное программирование.	скудная документация, что представлена на официальном сайте, многие примеры исходного кода плохо оформлены, в результате чего очень трудны к прочтению и пониманию [4].
Tkinter	обширная документация, предоставляет базовые виджеты, проста в использовании.	устаревший внешний вид, плохая производительность с крупными проектами.
Electron	поддерживает кроссплатформенность, прост в изучении, удобное создание приложения.	низкая производительность, интенсивное использование ресурсов в крупных приложениях.

В ходе исследования было выбрано средство – PyQt. Данный фреймворк обладает наибольшими преимуществами среди рассмотренных средств (см. табл. 1).

Для программной реализации заданного приложения помимо PyQt были использованы следующие модули:

- python-docx – модуль работы с Word файлами, используется для парсинга данных с приказа;

- python-docx-template – модуль для работы с шаблонами для Word файла на основе синтаксиса Jinja2 (шаблонизатор для Python), используется для заполнения шаблона договора;

- PyYAML – парсер YAML данных, используется для работы с файлами настроек.

Программа состоит из нескольких частей:

- main – основная часть программы, отсюда происходит запуск всех остальных частей и основного окна;

- mainUI – содержит описание интерфейса главного окна, генерируется автоматически на основе созданной в дизайнера формы;

- mainButtons – содержит описание всех функций, выполняющихся при нажатии на кнопки основного окна;

- settings – при нажатии на кнопку открытия настроек, происходит обращение к данной части и инициализация соответствующего окна;

- settingsUI – содержит описание интерфейса окна настроек, генерируется автоматически на основе созданной в дизайнера формы;
- settingsButtons – содержит описание всех функций, выполняющихся при нажатии на кнопки окна настроек;
- config – содержит класс для работы с YAML файлом конфига с возможностью чтения данных и записи.

Интерфейс основного окна (рис. 1). Фрагмент договора о практической подготовке обучающихся (рис. 2).

№	Фамилия, имя, отчество (при наличии)	Академическая группа	Наименование места прохождения практической подготовки	Руководитель практики (должность, фамилия имя отчество (при наличии) полностью)
1	Игнатов Евгений Рудольфович	ПИ-257ЕК	ООО «Интеллектуальный КОД», г.Уфа (ООО)	доцент кафедры АСУ Фахруллина А.Р.
2	Сузанов Лев Пантелеймонович	ПИ-257ЕК	Филиал ООО «Газпром ПХГ» «Канчуринское УПХГ» (ООО)	доцент кафедры АСУ Фахруллина А.Р.
3	Фомин Гордий Ярославович	ПИ-257ЕК	ООО «Современные технологии», г. Мелеуз (ООО)	доцент кафедры АСУ Фахруллина А.Р.
4	Симонов Арсений Улебович	ПИ-257ЕК	МБУ АРМИ городского округа города Кумертау Республики Башкортостан (МБУ)	доцент кафедры АСУ Фахруллина А.Р.
5	Карпов Кирилл Владимирович	ПИ-257ЕК	Кумертауский городской некоммерческий союз «Гаражик» (А(С))	доцент кафедры АСУ Фахруллина А.Р.
6	Панов Владимир Сергеевич	ПИ-257ЕК	АО «Мелеузовские минеральные удобрения» (АО)	доцент кафедры АСУ Фахруллина А.Р.
7	Тарасова Мариша Германовна	ПИ-257ЕК	Филиал ПАО «Газпром газораспределение Уфа» в г.Кумертау (ПАО)	доцент кафедры АСУ Фахруллина А.Р.
8	Николаева Анастасия Павловна	ПИ-257ЕК	ООО «Интеллектуальный КОД», г.Уфа (ООО)	доцент кафедры АСУ Фахруллина А.Р.
9	Телягулов Аскар Марселевич	ПИ-257ЕК	АО «Мелеузовские минеральные удобрения» (АО)	доцент кафедры АСУ Фахруллина А.Р.
10	Николаева Марианна Пантелеймоновна	ПИ-257ЕК	ООО Телерадиокомпания «АРИС» (ООО)	доцент кафедры АСУ Фахруллина А.Р.

Рис. 2. Основное окно программы

ДОГОВОР
о практической подготовке обучающихся

«01» февраля 2023 № 43

г. Кумертау

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Филиал УУНИТ в г.Кумертау (ФГБУ)», именуемое в дальнейшем «Университет», в лице директора филиала УУНИТ в г. Кумертау Фахруллиной Альмиры Раисовны, действующей на основании доверенности от «23» июня 2022 № 35, и «ООО «Современные технологии», г. Мелеуз (ООО)» именуемое в дальнейшем «Профильная организация», в лице _____, действующего на основании _____, совместно именуемые Стороны, заключили настоящий Договор (далее – Договор) о нижеследующем:

1. Предмет Договора

1.1. Предметом настоящего Договора является организация практической подготовки обучающихся (далее – практическая подготовка).

1.2. Образовательная программа (программы), компоненты образовательной программы, при реализации которых организуется практическая подготовка, прогнозное количество обучающихся, осваивающих соответствующие компоненты образовательной программы, сроки организации практической подготовки согласуются Сторонами и являются неотъемлемой частью настоящего Договора (приложение № 1).

1.3. Реализация компонентов образовательной программы, согласованных Сторонами в приложении № 1 к настоящему Договору (далее – компоненты образовательной программы), осуществляется в помещениях Профильной организации, перечень которых согласуется Сторонами и является неотъемлемой частью настоящего Договора (приложение № 1).

Рис. 2. Договор о практической подготовке обучающихся

Компоненты образовательной программы для реализации в форме практической подготовки и перечень помещений Профильной организации для осуществления практической подготовки

№ п/п	Образовательная программа (направление подготовки (специальность), направленность (профиль))	Компонент образовательной программы (указать вид, тип практики)	Курс	Примерное количество обучающихся	Срок	Перечень помещений Профильной организации, используемых для организации практической подготовки
1	2	3	4	5	6	7
1	09.03.03 Прикладная информатика (Информационные и цифровые технологии в корпоративных системах)	Учебная практика	2	1	207	Адрес: _____ _____ _____ (фактический адрес/отдел/цех/кабинет/лаборатория/площадка)
1. <u>Фомин Гордий Ярославич</u>						

<p>Университет</p> <p>Директор филиала</p> <p>_____ А.Р. <u>Фахруллина</u></p> <p>(подпись)</p> <p>М.П.</p>	<p>Профильная организация</p> <p>Должность _____</p> <p>_____ / _____</p> <p>(подпись) И.О. Фамилия</p> <p>М.П.</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Рис. 3. Приложение № 1 к договору о практической подготовке обучающихся

После нажатия на кнопку «Открыть приказ» и выбора соответствующего документа, поля заполняются данными из документа, пользователь может отредактировать поля, если это необходимо. После нажатия на кнопку «Сформировать договора», появится уведомление об успешном создании файлов в заданной директории. Так же программа позволяет автоматически вести нумерацию и дату формирования договоров.

Заключение

В ходе исследования была проведена сравнительная характеристика имеющихся средств создания GUI на Python, выбрана наиболее подходящая в рамках проекта.

Была разработана и написана программа с графическим интерфейсом, с помощью которой появилась возможность автоматизировать процесс формирования конкретных документов юристу – это формирования договоров для учебной, производственной и преддипломной практики.

Таким образом, задачи работы выполнены, а цель достигнута.

В будущем планируется повышение эффективности работы приложения за счет выявления по ходу работы особенностей и последующей оптимизации.

Библиографический список

1. Графический интерфейс пользователя [Электронный ресурс] // URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Графический_интерфейс_пользователя / (Дата обращения: 5.09.2023)
2. Выбираем среду программирования [Электронный ресурс] // URL: <https://lumpics.ru/programs-for-make-programs/>(Дата обращения: 10.09.2023)
3. Топ-10 лучших GUI библиотек Python 2023: обзор и сравнение [Электронный ресурс] // URL: <https://aripython.ru/top-10-luchshih-gui-bibliotek-python-2023-obzor-i-sravnenie/>(Дата обращения: 12.09.2023)
4. Топ 5 программ и фреймворков для создания графического интерфейса [Электронный ресурс] // URL: <https://ru.anyquestion.info/a/top-5-programm-i-freymvorkov-dlya-sozdaniya-graficheskogo-interfeysa/>(Дата обращения: 18.09.2023)
5. wxWidgets [Электронный ресурс] // URL: wxWidgets — Википедия (archive.org) (Дата обращения: 20.09.2023)

© Кромина А.М., Одинцов Д.Е., 2023

УДК 681.5

Е.А. ДАНИЛОВА

daniлова.ekaterina21@mail.ru

Науч. руковод. – канд. техн.наук, зав. каф. **Н.С. СЕНЮШКИН**

Уфимский университет науки и технологий

АВТОМАТИЗАЦИЯ СТЕНДА ПО ИСПЫТАНИЮ МАЛОРАЗМЕРНЫХ ГТД

Аннотация: автоматизация играет большую роль в технологических процессах, в данной статье представлена разработка автоматизированной системы стенда, выбор данных, определение диапазона измеряемых параметров, подбор оборудования, подключение и монтаж.

Ключевые слова: автоматизация, ГТД, измерительная система, система управления, ПР103.

Автоматизация играет большую роль в современных многозадачных технологических процессах. Автоматизация позволяет избавить персонал от рутинной работы, увеличить количество операций и повысить их качество, надежность и безопасность, увеличить количество опрашиваемых каналов, обеспечить централизованное удаленное управление.

Разрабатываемая автоматизированная система при помощи центрального логического устройства управляет тремя элементами. В качестве управляемых объектов выступают 3 насоса, 2 из которых подают топливо, для обеспечения необходимого давления, а 3 подает масло в систему. Запуск и останов системы осуществляется нажатием на кнопку “Пуск”, “Стоп” соответственно.

Для получения целостной картины работы двигателя и расчета необходимых параметров необходимо измерять параметры: тяга, расход топлива и масла, давление и температуру за турбиной и за компрессором, температуру окружающей среды, дифференциальное давление, а также концентрацию кислорода на выходе.

Таким образом, исходя из выше сказанного, систему можно разделить на 2 части, одна из которых является система управления элементом, а другая измерительной системой. Далее перейдем к определению диапазона измерения и подбору оборудования.

После выполнения расчетов параметров рабочего цикла ГТД в математическом аппарате DWIGwT были получены расчетные данные и их диапазон, которые необходимо измерять в реальной системе. В таблице 1 приведем результаты расчетов в ПО.

Исходя из полученных данных, подбирается диапазон измерения параметров, а на их основе производится подбор оборудования.

Выбор оборудования производится из линейки ОВЕН, наиболее доступных в ценовой категории, но не всегда удовлетворяющие по качеству. Определяющим параметром при выборе оборудования является количество управляемых объектов и информационных элементов, а также их диапазон изменения.

Измерительная система представляет собой, терморезистор для измерения окружающей температуры, так как он предназначен для более низких температур и имеет более высокую точность, в отличии от термопар, которые предназначены для более высоких температур. Применяются термопары типа К и L для измерения температуры за турбиной и за компрессором соответственно. Давление за турбиной и за компрессором считывается при использовании датчиков избыточного давления ПД100-ДИ.

Дифференциальное давление измеряется при помощи датчика давления ПД 150 - ДД, необходимого для дальнейшего расчета количества воздуха.

Расход топлива измеряется при помощи совместного подключения расходомера FRS-1.5L и счетчика импульсов с RS-485 СИ8-Щ2.P.RS, для снятия показаний расходомера. Подобранные измерительные элементы представлены в таблице 1.

Для вывода показаний датчиков на ПК используется 8-канальный модуль аналогового ввода МВ110-224.8А.

Исключение составляет тензодатчик (подключение через модуль АЦП НХ711) для измерения тяги и лямбда-зонд для измерения количества кислорода на выходе. Их показания снимаются и выводятся на экран при помощи микроконтроллера Arduino Uno.

Для реализации автоматизированного управления в дальнейшей разработке предусматривается использование в качестве центрального логического устройства программируемое реле (ПР103). ПР103 имеет необходимое для реализации автоматизации системы количество дискретных и аналоговых входов/выходов, а также для передачи данных на верхний уровень может подключаться до двух устройств использующих интерфейс RS-485.

Дополнительное оборудование представляет блоки питания на 24В и на 12В, в также отдельный аккумулятор для питания насосов, а также УЗО для защиты от короткого замыкания. Для ручного управления количеством подачи топлива используется внешний ШИМ регулятор. Схемы подключения приведены на рисунках 1-2.

Таблица 1

Диапазон измерения и подбор оборудования

Измеряемый параметр	Результат термогазодинамического расчета	Диапазон изменений параметров	Датчик	Диапазон измерения датчика
Тяга	0,21369 кН	0-40 кг	ARDUINO тензодатчик 20КГ	0...20 кг
Расход топлива	0,0077944 кг/с	0-20 г/с	Расходомер FRS-1.5L	2,5...125 г/с
Давление за турбиной	129,84 кПа	0-150 кПа	Датчик избыточного	0,1...0,25 Мпа

			давления ПД100- ДИ 0,25 - 381 - 0,5	
Температура за турбиной	764,45 К	0-900 К	Термопара тип К	0...+800 °С
Давление за компрессором	607,95 кПа	0-500 кПа	Датчик избыточного давления ПД100- ДИ 0,8 - 381 - 0,5	0,1...0,8 МПа
Температура за компрессором	551,89 К	0-500 К	Термопара ДТПЛ644- 00.13/2	- 40...+400 °С
Температура окружающей среды	288,15 К	0-300 К	Терморезистор ДТС054- 50М.В3.60/2	- 50...+150 °С
Дифференциальн ое давление	15 кПа	0-20 кПа	Датчик дифференциальн ого давления ПД150- ДД25,ОК-809- 0,25-1-Р	до 25 кПа
Концентрация кислорода на выходе	-	0-100%	Лямбда-зонд STARTVOLT VS-OS 0110	0...100 %

Схемы подключения оборудования приведены на рисунках 1-2.

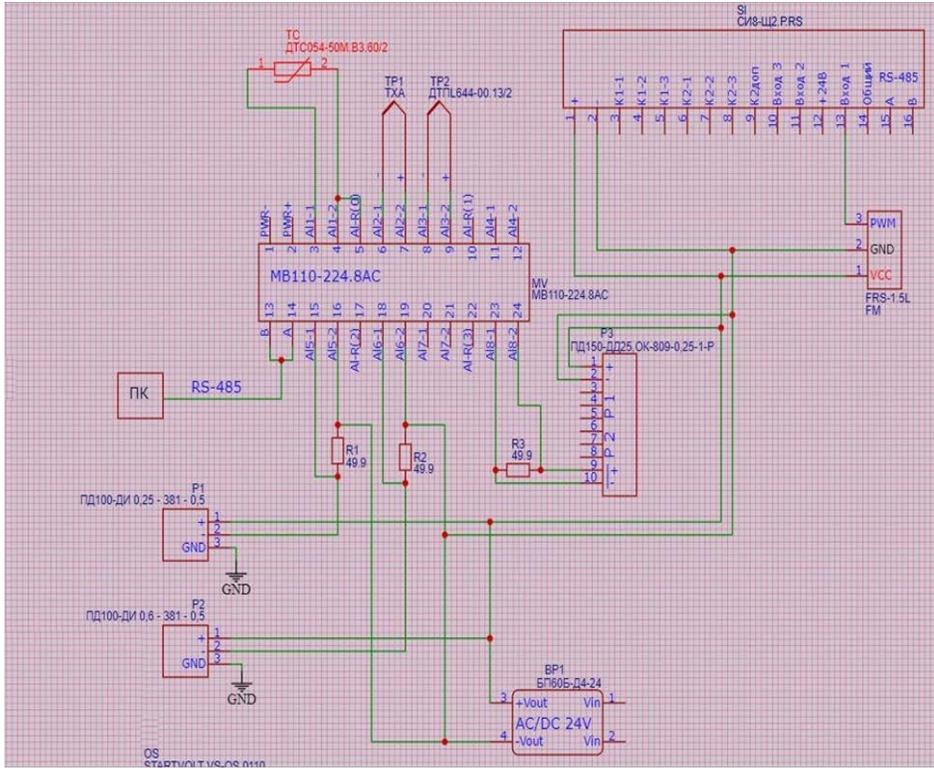


Рис. 1. Подключение измерительных датчиков к MB110

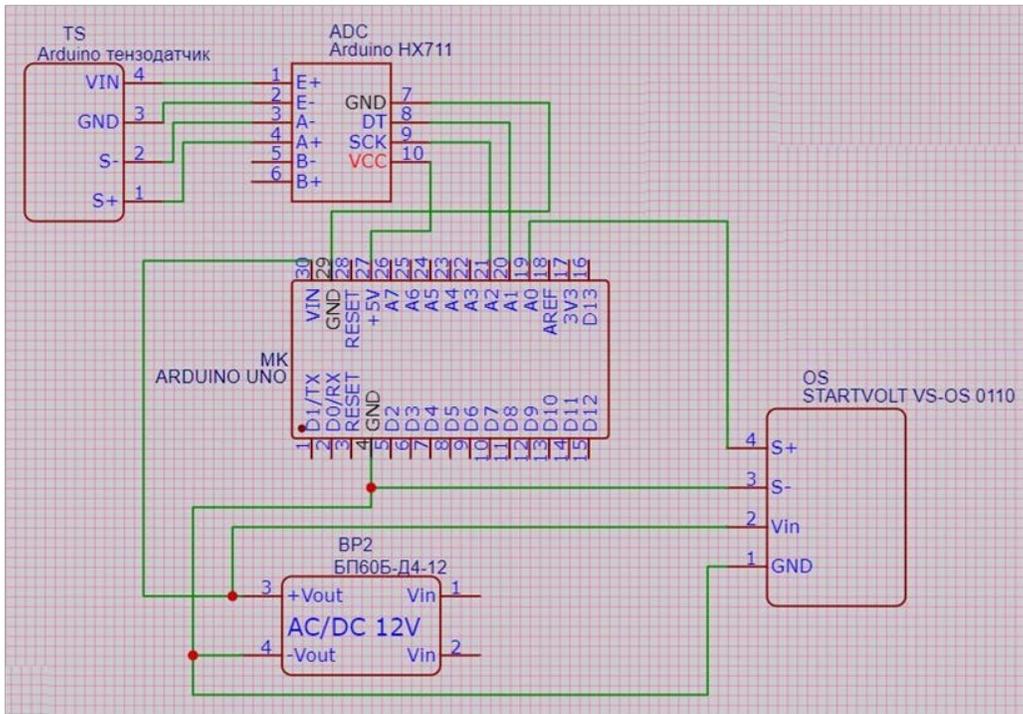


Рис. 2. Подключение измерительных датчиков к ARDUINO UNO



Рис. 3. Монтаж и подключение

Таким образом, выполнено подключение и монтаж ручной системы управления и системы сбора параметров, вывод параметров на экран ПК. На рисунке 3 приведен результат проделанной работы.

В дальнейшей работе планируется выполнить логику на центральном процессоре, и реализовать удаленное управление системой, а также установка СП 310 для сенсорного управления и наблюдения.

Данный стенд, разработанный на кафедре “Авиационная теплотехника и теплоэнергетика”, позволит испытывать любые ГТД с тягой не более 20 кг и с расходом топлива не более 125 г/с, при этом проводить испытания в автоматическом режиме, а перспектива подключения стенда к сети интернет позволит достигнуть дистанционного управления, в том числе проводить лабораторные работы при дистанционном обучении.

Библиографический список

1. Зубарев, М.А. Технология автоматизированного производства: учебник для вузов / М.А. Зубарев. – Санкт-Петербург, 2023. – 224 с.
2. Псигин, Ю.В. Управление производственными процессами: учебно-методическое пособие / Ю.В. Псигин. – Москва, 2023. – 157 с.
3. Иноземцев, А.А. Газотурбинные двигатели: учебное пособие / А.А. Иноземцев. – Пермь, 2010. – 1024.

© Данилова Е.А., 2023

Е.А. ЛАВРЕНТЬЕВА, А.Р. НАСЫРОВ, Т.Р. ШАЙХУЛЛИН
lavrkat1@mail.ru, askar.nasyrov@mail.ru, Downhill4x5@mail.ru,
Науч. руковод. – канд. техн.наук, доцент **Т.К. ГИНДУЛЛИНА**

Уфимский университет науки и технологий

РЕИНЖИНИРИНГ СИСТЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ СОТРУДНИКОВ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Аннотация: в данной статье рассматриваются вопросы реинжиниринга информационной поддержки сотрудников на машиностроительном предприятии. В работе продемонстрированы мнемосхема предлагаемого решений, фрагменты экранных форм. Приведён результат тестовой эксплуатации измененного бизнес-процесса информирования сотрудников в рамках задачи «Учёт рабочего времени» и анализ тестирования.

Ключевые слова: информационная система, реинжиниринг, личный кабинет, информационная поддержка, машиностроение, мобильное приложение.

Введение

В наше время машиностроительные предприятия требуют модернизации не только на производстве, но и при документообороте. Внедрение цифровой трансформации на машиностроительном предприятии является актуальным и необходимым шагом для поддержки сотрудников. Он позволит автоматизировать рутинные задачи. Важным и значимым элементом организации труда выступает рабочее время, его организация и режим. Понятие «рабочее время» приводится в 91 статье трудового кодекса Российской Федерации. Руководители крупных организаций, в число которых входят машиностроительные организации, не в состоянии самостоятельно контролировать и вести надлежащий учет времени, в этом случае в каждом подразделении, отделе или в цехе имеются соответствующие организационные единицы – бюро труда и заработной платы (далее – БТиЗ), табельное бюро.

Сотрудники машиностроительного предприятия (будь то цеховые рабочие или рабочие административной части) постоянно нуждаются в своевременном информировании, и использование информационной системы (далее – ИС) Личный кабинет (далее – ЛК) позволит сотрудникам получать достоверную информацию о заработной плате, количества дней и дат отпуска, а также оформление документов и так далее не в ущерб рабочему времени,

избавляя от необходимости посещать службы организации такие как: отдел кадров, бухгалтерия, табельное бюро, профсоюз, БТиЗ и другие, поскольку на крупном машиностроительном предприятии расстояние между данными объектами может достигать больших размеров.

В статье рассмотрен процесс информирования сотрудников об их рабочем времени.

Основная часть

Несмотря на популяризацию цифровизации документооборота на предприятиях все еще существует и бумажные документы в довольно-таки большом объеме, и на их оформление тратится много времени.

Постепенно в различные отрасли, в том числе в промышленность и в машиностроение, внедряют информационные технологии или дорабатывают уже используемые программы, что позволяет увеличить показатели результативности и эффективности, а также в свою очередь снизить временные и финансовые затраты предприятия.

На данный момент чтобы оформить заявление, например, на отгул сотрудник выполняет алгоритм на который уходит от 15 минут до 1,5 часов (по большей части, алгоритм на машиностроительных предприятиях будет одинаковым): нужно узнать, сколько у работника есть в запасе отработанных ранее часов, это делается через звонок или посещение табельного бюро, после, как сотрудник узнал информацию, он пишет заявление в бумажном виде и относит его своему старшему мастеру и начальнику цеха (для рабочих в цеху) или начальникам своего бюро и отдела (для рабочих административных частей). На данном этапе уже могут возникать трудности, так как выше поставленные лица могут быть не на местах, и для того, чтобы их найти уходит некоторое количество времени, которое сотрудник мог бы потратить на выполнение своих должностных обязанностей. Затем, как заявление было подписано начальством, его относят в табельное бюро, где специалист заносит всю информацию в систему вручную.

Приведенный выше бизнес-процесс предлагается подвергнуть перепроектированию (рис. 1), путем внедрения мобильного приложения. Техническим решением в данной работе было принято использовать Lexema-ЕСМ.

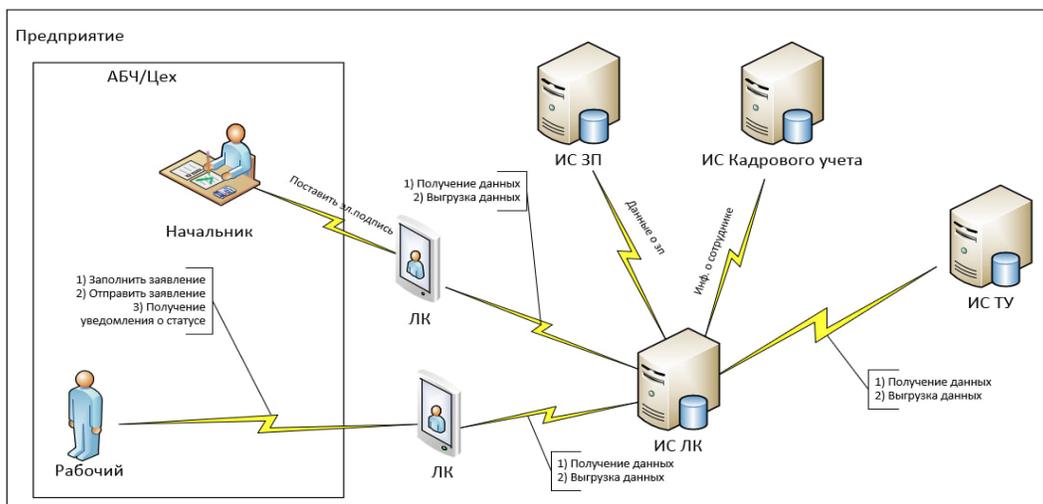


Рис. 1. Мнемосхема предлагаемого решения

В мнемосхеме предлагаемого решения (см. рис. 1) описывается следующий процесс: Рабочий заполняет период времени и дату, происходит автоматический подсчет и сверка отработанных часов для отгула путем получения запроса передачи данных из ИС ТУ от ЛК. После отправки заявления оно придет с уведомлением по системе начальству для согласования, после этапа согласования количество часов с для отгула у работника уменьшается в базе ИС ТУ. Работник получает уведомление о статусе его заявления.

Фрагменты экранных форм приложения ЛК представлен на рисунке 2.

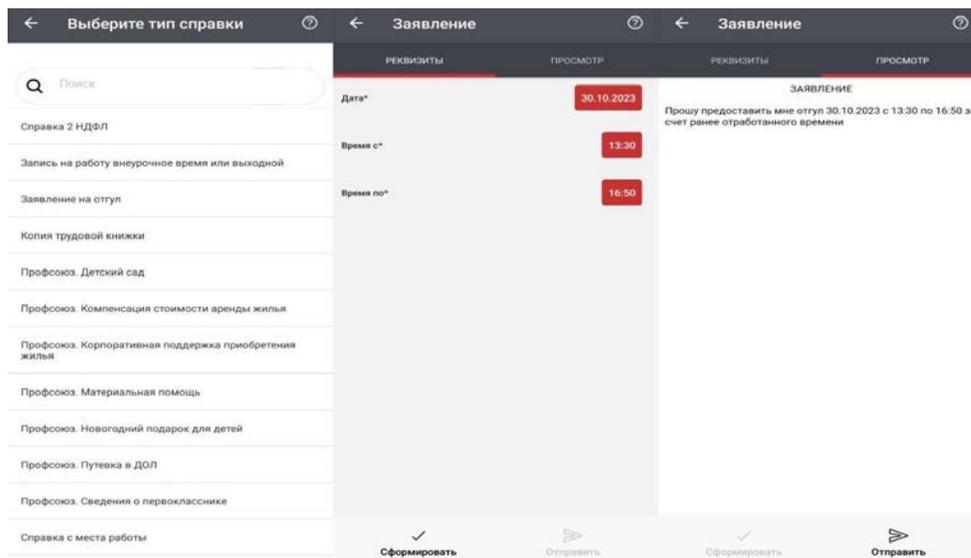


Рис. 2. Экранные формы приложения ЛК

Данная разработанная система проходит тестирование, в котором участвует 926 сотрудника предприятия. Результаты тестирования за период в

3 месяца показали, что что средние трудозатраты на обработку 1-й справки или заявления сократились с 55 минут до 15 минут.

Заключение

Анализ существующего решения показал, что процесс поддержки сотрудников машиностроительного предприятия нуждался в реинжиниринге с тесным применением информационных технологий, в связи с этим предложен вариант по внедрению мобильного или веб- приложения по типу «Личный кабинет». Проведенные анализы и тестовая эксплуатация показали, что описанный бизнес-процесс после внедрения специализированного ПО будет менее затратным по времени.

Реинжиниринг осуществлялся с помощью технологии «одного окна» - для снижения времени вынужденного общения сотрудников и характеризуется тем, что оказание любых услуг концентрируется в одном месте, начиная от подачи заявления, до выдачи результатов решения исполнительного или иного органа.

Проведенный анализ тестовой эксплуатации показал, что реинжиниринг описанного БП позволил сократить в 3,7 раз его длительность.

Библиографический список

1. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 19.12.2022, с изм. от 11.04.2023) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2023) [Электронный ресурс] – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/bd14cccf0a1f074ef104e82522f7e2dea04d651f/ (Дата обращения 03.05.2023)
2. Ахтырченко К.В., Сорокваша Т.П. Методы и технологии реинжиниринга ИС// Труды Института системного программирования РАН. 2003. №4. С.141-162
3. LEXEMA-ЕСМ [Электронный ресурс] – URL: <https://lexema.ru/solutions/dokumentoorobot/> (Дата обращения 04.05.2023)
4. Хаммер М., Чампи Д. Реинжиниринг корпорации. Манифест революции в бизнесе. М.: Манн, Иванов и Фербер, 2011, 288 с.
5. Серышев Р.В., Албогачиев А.О. Условия и особенности использования информационных технологий при проведении реинжиниринга бизнес-процессов// Инновации и инвестиции. 2019. №6. С.132-136
6. Питер О., Амрик С.С. Реинжиниринг бизнес-процессов. Обзор современной литературы // Техновация. 1999. Том. №19. №9. С.571-581

© Лаврентьева Е.А., Насыров А.Р., Шайхуллин Т.Р., 2023

И.Р. СУНАГАТОВ

Sunagatov.I@outlook.com

Науч. руковод. – старший преподаватель кафедры АСУ М.С. Демченко

Уфимский университет науки и технологий

К ВОПРОСУ О ПОВТОРЯЕМОСТИ НЕСООТВЕТСТВИЙ ДСЕ НА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРЕДПРИЯТИИ

Аннотация: в данной статье рассмотрена проблема управления качеством, в частности отслеживание, учет и анализ повторяемости несоответствий ДСЕ заданным параметром качества. Проведен анализ существующих проблем и выполнена оценка их влияния на дальнейшую работу предприятия. В ходе исследования проблем повторяемости несоответствий деталей и сборочных единицах были предложены методы по решению этих проблем.

Ключевые слова: машиностроительное предприятие; деталь и сборочная единица (ДСЕ); несоответствие; повторяемость; управление качеством.

Несоответствие – это отклонение или различие между ожидаемым или установленным стандартом и фактическим результатом, характеристиками, процессом или условием.

Несоответствия могут быть различными, включая дефекты продукции, ошибки в производственных процессах, некорректное соблюдение стандартов, проблемы в управлении качеством и другие.

Результатом несоответствия может быть: окончательный брак, доработка или исправимый брак (см. рисунок 1).



Рисунок 1. Представление несоответствий

Окончательный брак – это ДСЕ на лом или переплавку. Исправимый брак – исправление несоответствия, не изменяя технологического маршрута. Переделка – это когда ДСЕ отклоняется от технологического маршрута и уходит на доработку по маршруту переделки.

В современных условиях индустрии и производства, обеспечение высокого качества продукции и соблюдение стандартов безопасности становятся важными приоритетами для предприятий. Однако, независимо от тщательных усилий и контроля, несоответствия деталей и сборочных единиц все еще остаются проблемой, сталкиваясь с которой множество предприятий.

Повторяющиеся несоответствия – это отклонения от заранее установленных стандартов, спецификаций и требований, которые возникают снова и снова в производственных процессах часто, даже после проведенных мероприятий по предотвращению несоответствия.

Причины повторяющихся несоответствий могут быть разными, но чаще всего они вызваны одним мастером или одним плохо настроенным оборудованием, они представляют собой систематические проблемы в производственном процессе. Эти проблемы могут возникать из-за нескольких факторов:

- Человеческий фактор: Один мастер может допускать однотипные ошибки из-за недостаточной квалификации, невнимательности или недостаточной подготовки. Это может привести к регулярным несоответствиям.

- Неисправности оборудования: Если оборудование настроено неправильно или не обслуживается должным образом, оно может становиться источником постоянных несоответствий.

- Бракованные материалы и компоненты: нередко проблемы с несоответствиями возникают из-за использования бракованных материалов, которые не соответствуют требуемым стандартам.

- Отсутствие контроля качества: если не существует эффективной системы контроля качества, однотипные ошибки могут проходить незамеченными и повторяться.

Эти несоответствия могут варьироваться от мельчайших дефектов в отдельных компонентах до более серьезных проблем, затрагивающих безопасность и работоспособность конечных изделий. Помимо непосредственных финансовых потерь, вызванных переработкой и рекламацией, повторяющиеся несоответствия могут повредить репутацию компании, снизить довольство клиентов и даже привести к юридическим последствиям.

Понимание актуальности и сложности данной проблемы становится очевидным, учитывая современные вызовы и требования, стоящие перед

производственными предприятиями. Конкурентоспособность на рынке требует постоянного совершенствования качества продукции, а клиенты становятся все более требовательными.

Частые несоответствия деталей и сборочных единиц могут возникать по множеству причин, таких как: дефекты в сырье и материалах, несоблюдение технологических процессов, ошибки при сборке, износ оборудования и инструментов, недостаточное обучение персонала, нарушения в управлении качеством.

Повторяющиеся несоответствия деталей и сборочных единиц существенно влияют на качество конечной продукции. Они могут привести к следующим последствиям: увеличение процента брака, снижение надежности и долговечности продукции, проблемы с безопасностью, высокие затраты на гарантийное обслуживание и рекламации.

Проблема повторяемости несоответствий ДСЕ на производственных предприятиях обладает высокой актуальностью и широким диапазоном влияния на бизнес-процессы. Рассмотрим более подробно актуальность данной проблемы:

- Экономические затраты. Повторяющиеся несоответствия являются главным источником дополнительных экономических затрат для предприятий. Эти затраты включают в себя расходы на переработку, возвраты, рекламации, гарантийное обслуживание и потери из-за простоев в производстве. Эффективное управление проблемой повторяющихся несоответствий может значительно сократить такие расходы и увеличить прибыль предприятия.

- Качество продукции. Высокое качество продукции является ключевым фактором успеха на рынке. Несответствия в деталях и сборочных единицах могут привести к снижению качества конечного продукта. Это может повлечь за собой снижение довольных клиентов и ухудшение репутации предприятия. Со временем это может привести к потере рыночной доли и клиентов.

- Конкурентоспособность. Повышение конкурентоспособности является приоритетной задачей для многих предприятий. Конкуренция на рынке всегда высока, и клиенты всё более требовательны к качеству продукции. Предприятия, способные предоставить более надежные и качественные продукты, получают конкурентное преимущество. Актуальность проблемы повторяющихся несоответствий становится явной, когда предприятия стремятся сделать свою продукцию более конкурентоспособной.

- Удовлетворенность клиентов. Удовлетворенные клиенты остаются верными брендам и продуктам. Повторяющиеся несоответствия могут значительно снизить удовлетворенность клиентов. Это может привести к потере клиентов и уменьшению лояльности. В эпоху социальных сетей

негативный опыт клиентов может быстро распространиться и навредить репутации предприятия.

- Технологический прогресс. С развитием технологий появляются новые средства и методы контроля качества, а также автоматизированные системы управления процессами. Предприятия, которые не уделяют внимание проблеме повторяющихся несоответствий, рискуют отставать от конкурентов, которые успешно внедряют передовые технологии.

- Регулирование и нормативы. В большинстве отраслей существуют нормативы и стандарты, которым предприятия должны соответствовать. Нарушения этих норм могут привести к юридическим последствиям, штрафам и потере лицензий. Это делает актуальность управления повторяющимися несоответствиями особенно важной.

Для решения проблемы повторяющихся несоответствий деталей и сборочных единиц на машиностроительном предприятии необходимо провести комплекс мероприятий по предотвращению повторяемости и внедрить комплексный и системный подход. Основные шаги включают в себя:

Системный анализ: Провести детальный анализ всех производственных процессов с целью выявления корневых причин несоответствий. Идентифицировать и классифицировать различные виды несоответствий.

Управление качеством: Внедрить систему управления качеством, для стандартизации производственных процессов и контроля качества. Разработать процедуры контроля качества на всех этапах производства.

Проверка оборудования: Регулярная проверка оборудования и его обслуживания перед началом и концом рабочего дня.

Обучение персонала: Провести обучение сотрудников по вопросам контроля качества и профилактики несоответствий. Внедрить обучающие программы для идентификации и устранения несоответствий.

Процессный подход: Применить методологии управления качеством, для оптимизации производственных процессов и уменьшения несоответствий.

Непрерывное совершенствование: Создать культуру непрерывного совершенствования и стимулировать сотрудников участвовать в предотвращении несоответствий и улучшении процессов.

Отчетность и анализ результатов: Формирование отчетов по несоответствиям позволяет регулярно вести учет повторяемости ее результатов и эффективность принятых мер по снижению несоответствий, используя ключевые показатели производительности.

Адаптация к изменениям: Готовиться к реагированию на изменяющиеся условия и требования, внедряя гибкие стратегии и инструменты управления качеством.

Такой комплексный подход к решению проблемы повторяющихся несоответствий поможет предприятию снизить количество ошибок, повысить качество продукции и укрепить позиции на рынке.

Пример отчета по повторяемости несоответствующей ДСЕ, в который может входить: Причина несоответствия, код несоответствия, виновник (цех, сотрудник), операция возникновения, ДСЕ, номер оборудования, дата несоответствия. Именно эти данные можно собирать для анализа повторяемости несоответствующей ДСЕ и принимать меры для предотвращения повторяемости.

В заключение, решение проблемы повторяющихся несоответствий деталей и сборочных единиц на машиностроительном предприятии требует системного подхода, управления качеством, обучения персонала и использования современных технологий. Процессное управление и непрерывное совершенствование играют важную роль в достижении желаемых результатов. Отчетность и анализ результатов помогут предприятию исключить повторяемость несоответствий ДСЕ, адаптироваться к изменяющимся условиям и укрепить свои позиции на рынке, обеспечивая высокое качество продукции и удовлетворение потребителей.

Библиографический список

1. СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ СТО 521.18.158 – 2018. Система менеджмента качества. ДЕТАЛИ, СБОРОЧНЫЕ ЕДИНИЦЫ ИЗДЕЛИЙ. Оформление решений на выпуск деталей, сборочных единиц с отклонениями от требований конструкторской документации.

2. СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ СТО 521.18.034 – 2016. Система менеджмента качества. ПРОДУКЦИЯ ОБЪЕДИНЕНИЯ. Порядок оформления и учета брака.

3. СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ СТО 0.06.05 – 2018 «Управление несоответствиями и корректирующие действия».

© Сунагатов И.Р., 2023

С.А. Степанян

stepan.stepanyan.01@mail.ru

Научный руководитель – доцент кафедры АСУ **В.А. Суворова**

Уфимский университет науки и технологий

ПРОБЛЕМА ЧАСТЫХ СЛУЧАЕВ НЕСООТВЕТСТВИЯ И БРАКА НА ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ

Аннотация: в данной статье рассмотрены проблемы, возникающие при производстве изделий на производственном предприятии. Был проведён анализ существующей проблемы, и предложен вариант её решения. Данная статья рассматривает важные аспекты внедрения повторяемости мероприятий на производственных предприятиях с целью предотвращения несоответствий и брака. В ней подробно описаны шаги, необходимые для создания стабильных и качественных производственных процессов, включая анализ процессов, разработку стандартов и процедур, обучение персонала, внедрение систем мониторинга, внутренние аудиты, непрерывное улучшение и коммуникацию. Статья также подчеркивает важность обратной связи, обучения на примерах и постоянного обновления стандартов. Внедрение повторяемости мероприятий способствует увеличению качества продукции, снижению потерь и повышению уровня удовлетворенности клиентов, что делает ее неотъемлемой частью успешного производственного бизнеса.

Ключевые слова: производственное предприятие, несоответствие, брак, повторяемость мероприятий, мероприятие.

В настоящее время на большинстве предприятий оформляется большое количество браков и несоответствий. В основном, даже малейший брак может негативно сказаться на финансовом состоянии организации. Ведь уровень продукции напрямую влияет на репутацию предприятия, а также на конкурентоспособность производителя на рынке. Поэтому с целью предотвращения и их повторного появления необходимо правильно реализовать процесс управления качеством и браком продукции.

Брак является проблемой, от которой не застраховано ни одно предприятие. В связи с этим для большинства организаций одним из основных видов деятельности предприятия является управление качеством и браком. Благодаря правильно организованному управлению можно снизить не только количество браков выпускаемой продукции, но также уменьшить затраты,

необходимые для их предотвращения. Поэтому в процессе управления качеством и браком на предприятии необходимо производить постоянный мониторинг. В качестве примера рассмотрим действующее машиностроительное предприятие, которое является крупнейшим разработчиком и производителем авиационных двигателей.

На данный момент на предприятии большинство процессов уже автоматизировано, но есть некоторые процессы, которые являются сложными и затрагивают множество структурных подразделений. Одним из таких проектов является внедрение системы управления качеством и браком. В ходе эксплуатации внедряемой системы было выявлено, что для мониторинга и сокращения количества браков необходимо проводить расчет повторяемости по плану мероприятий.

Актуальность данной темы состоит в том, что процесс по управлению качеством и браком проходит неэффективно, т.к. в ходе реализации мероприятий не происходит расчет повторяемости, который бы позволил проанализировать аналогичные причины и получить показательную статистику. В связи с этим снижается производительность предприятия в целом, а также повышается количество браков и некачественной продукции. Поэтому расчет повторяемости мероприятий жизненно необходим, ведь он позволит исключить или снизить возможность повторения частых причин брака.

В следующем разделе рассмотрим и проанализируем, что из себя представляет повторяемость мероприятий и каковы ее значения в бизнесе и производстве.

Брак на производстве - это термин, который используется в индустрии и производстве для обозначения дефектов, неполадок или несоответствия стандартам в процессе производства товаров или выполнения работ. Брак на производстве может включать в себя различные проблемы, такие как дефекты изделий, некачественная сборка, неправильные измерения и другие недоработки, которые могут снизить качество продукции или услуги. Основной целью контроля за браком на производстве является минимизация его количества и обеспечение соответствия продукции установленным стандартам качества.

Основные причины возникновения брака:

- Несоблюдение технологических процессов
- Неудачное качество материалов
- Отсутствие контроля качества
- Неудачное оборудование
- Несоответствие стандартам и спецификациям
- Человеческий фактор

– Экологические факторы

Управление качеством и контроль на предприятии играют ключевую роль в устранении брака и обеспечении качественных изделий.

Что такое повторяемость мероприятий?

Повторяемость мероприятий - это понятие, которое играет решающую роль в обеспечении стабильности и качества процессов в различных областях жизни, начиная от бизнеса и производства и заканчивая нашей повседневной рутинной. Это понятие, хотя и звучит просто, имеет глубокие корни и огромное значение в обеспечении эффективности и успешности.

Повторяемость мероприятий подразумевает способность системы или процесса выполняться с постоянством и согласно заранее установленным стандартам или параметрам. Это означает, что, независимо от того, сколько раз мероприятие или процесс выполняется, результат должен оставаться согласованным и качественным.

Значение повторяемости в бизнесе и производстве

Аспект	Качество продукции и услуг	Снижение потерь	Улучшение эффективности	Непрерывное улучшение
В производстве	Гарантированная повторяемость гарантирует соответствие установленным стандартам качества, что удовлетворяет клиентов и поднимает репутацию бренда	Сокращает вероятность несоответствий и брака, экономит ресурсы и уменьшает финансовые потери	Управление процессами становится более эффективным и предсказуемым	Является основой для непрерывного улучшения, помогая выявлять и устранять проблемы на более ранних этапах

На предприятии при выявлении отклонения заполняется карточка несоответствия. На основе карточки-несоответствия выносится решение: либо изделие отбраковывают, либо дорабатывают, либо, если отклонения являются незначительными и являются допустимыми, то в таком виде изделие дальше идёт в производство

В данном отчёте ответственное лицо на основе повторяемости отклонений заполняет отчётную форму, в которой написано, какие

мероприятия должны способствовать уменьшению несоответствия и брака и указывает сроки выполнения мероприятия. После заполнения формы и проверки отчёта, начальник БТК и начальник службы качества подписывает отчёт. Обычно мероприятие составляется на год. В дальнейшем, по всем повторяемым решениям указывается данное мероприятие. Если по истечению срока исполнения мероприятия, по тем же данным отклонения и типу ДСЕ заполняются те же карточки несоответствия, то составляется новое мероприятие и в системе уже по новым вносимым карточкам-несоответствиям будет указываться второе мероприятие. На основе выгруженных отчётов будет видно, что у одного и того же отклонения указаны 2 мероприятия. Это и называется повторяемость мероприятий. В дальнейшем, служба качества будет проводить проверку, почему согласованный план мероприятия не способствует устранению несоответствий и принимает необходимые действия.

В зависимости от специфики предприятия, в отчётной форме должны расписаться и согласовать документ ответственные лица.

На рисунке 1 показан пример формы плана мероприятий.

Предприятие _____

Согласовано: _____ Согласовано: _____ Утверждаю: _____

ПЛАН МЕРОПРИЯТИЙ № _____
на ДСЕ изд. _____ № _____

№ Д/И	Содержание мероприятия	Исполнитель	Срок исполнения	Отметка о выполнении

Ответственный _____ подпись, дата _____

Ответственный _____ подпись, дата _____

Согласовано: _____

Представитель _____ подпись, дата _____

Рисунок 1. Отчётная форма плана мероприятий

Повторяемость мероприятий - это не просто концепция, но и мощный инструмент для достижения стабильности и качества в различных сферах. Будь то в производстве, бизнесе или повседневной жизни, стремление к повторяемости помогает обеспечить надежные и эффективные процессы, что,

в свою очередь, способствует достижению успеха и удовлетворению всех заинтересованных сторон.

Внедрение повторяемости мероприятий на производственном предприятии требует постоянного внимания и усилий, но это способствует улучшению качества продукции, снижению потерь и повышению удовлетворенности клиентов.

Библиографический список

1. ГОСТ 15467-79* Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения
2. ДЕТАЛИ И СБОРОЧНЫЕ ЕДИНИЦЫ РАКЕТНЫХ И КОСМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ ГОСТ 17265 – 80
3. СТО Т.005 – 2017 Управление несоответствующей продукцией

© Степанян С.А., 2023

УДК 004

Е.Е. КРАСЬКО

katia.krasko@gmail.com

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

Уфимский университет наук и технологий

ПРОБЛЕМЫ ВНЕДРЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ НА ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ПРЕДПРИЯТИЯ

Аннотация: в данной статье рассмотрены проблемы, которые возникают на производственных предприятиях при внедрении информационной системы. Проведен анализ существующих проблем и выполнена оценка их влияния на дальнейшую работу предприятия. В ходе исследования проблем внедрения информационной системы были предложены методы по решению этих проблем.

Ключевые слова: производственное предприятие; информационная система; разработка; внедрение.

В двадцать первом веке сложно представить свою жизнь без технологий, они давно стали привычной частью нашей жизнедеятельности, помогая и упрощая различные аспекты, начиная от медицины и заканчивая обучением.

Если предприятие хочет быть передовым, оставаться среди лучших и быть конкурентоспособным, то его деятельность уже нельзя представить без компьютерных технологий. Они позволяют обрабатывать огромный объем информации, быстро ее анализировать, находить необходимые данные, делать расчеты и автоматизировать бизнес-процессы компаний.

Поэтому на сегодняшний день все крупные производственные предприятия осуществляют свою деятельность, управляют производством, финансами, кадрами с помощью ИТ-технологий. И одна из основных проблем работы с такими системами – это внедрение, доработка системы под особенности предприятия и дальнейшее использование в работе.

Процесс внедрения информационной системы – это сложный и многогранный процесс. Несмотря на то, что системы должны облегчить, автоматизировать работу предприятия, снизить человеческий фактор до минимума и повысить эффективность выполнения различных процессов, их внедрение сталкивается с множеством препятствий, которые тормозят развитие компании.

Актуальность данной темы заключается в том, что рассматриваемая проблема является важной и острой в рамках любого предприятия, ведь все они хотят иметь возможность лидировать среди других и иметь конкурирующее преимущество.

Первой проблемой, с которой сталкивается производственное предприятие, решившее внедрить в свою работу информационные технологии, является выбор системы. Коптелов Андрей, директор по развитию и внедрению информационных систем, отмечает, что «число неудачных внедрений корпоративных информационных систем достигает достаточно большого процента от общего числа внедрений. И очень часто основной причиной неудачи является неправильный выбор, как самой системы, так и ее поставщика».

Дело в том, что сначала нужно провести тщательный анализ рынка информационных систем и выбрать ту, которая больше и лучше всего соответствует потребностям производственного предприятия. Необходимо учитывать технические требования, функциональность, адаптацию под существующие бизнес-процессы и многое другое. А так как у каждого предприятия есть своя специфика и особенности, то поэтому типовые информационные системы не всегда подходят. Их приходится дорабатывать, очень много тестировать, из-за чего время внедрения очень сильно увеличивается. Также для доработок системы и тестирования нужны дополнительные кадры, затраты. Но стоимость типовых информационных систем и их обслуживание в любом случае должно выйти намного дешевле, чем система, разработанная на заказ.

У производственных предприятий есть возможность заказать информационную систему, выполненную на заказ под их тематику и индивидуальные особенности, но цена у таких систем намного выше, не каждое предприятие готово к таким тратам для автоматизации своей деятельности. В среднем цена на индивидуальные ERP-системы варьируются от 700 тысяч рублей. Для маленького предприятия данная сумма точно будет неподъемной.

После того, как информационная система выбрана, становится вопрос обучения сотрудников работе с новыми технологиями. Из-за того, что внедрение новой системы потребует пересмотра и модификации традиционных рабочих методов, будет идти постоянное сопротивление сотрудников, с которым придется бороться.

Рассмотрим пример уфимского производственного предприятия, где был произведен анализ сотрудников для обоснования проблемы.



Рисунок 1 - Количество работающих на предприятии людей

Как мы видим, больший процент людей не работают сейчас за компьютером на предприятии, и скорее всего, они в целом не знакомы с функционалом, не то что с информационными системами, такие люди будут против нововведений, они не поймут необходимость изменений и будут постоянно противиться, тормозя процесс внедрения.

Еще одной проблемой, связанной с сопротивлением персонала предприятия, является закупка оборудования. Чтобы перевести все бизнес-процессы в систему необходимо каждому сотруднику закупить полный комплект оборудования и провести обучение. Закупка и выдача оборудования, а также его установка на рабочие места, загрузка приложений и подключение

к сети также требует больших дополнительных затрат, а также сотрудников, которые будут в этом участвовать.

Для обучения необходимо найти либо нанять людей, которые будут помогать первые месяцы после внедрения информационной системы, пока будет идти адаптация сотрудников. Также многие сотрудники, в силу своего возраста, отсутствия опыта или просто из нежелания признавать нововведения будут постоянно создавать помехи, нужно много сотрудников, которые смогут обслуживать систему и направлять.

Еще одной актуальной проблемой внедрения информационных систем является безопасность данных. Производственные предприятия обрабатывают большие объемы конфиденциальной информации, поэтому очень важно, чтобы система отвечала всем требованиям безопасности, не допускала каких-либо сливов данных и была защищена от кибератак. Поэтому обеспечение защиты информации – это неотъемлемый аспект внедрения информационных систем.

Для того, чтобы попытаться полностью избежать проблем при внедрении информационной системы на предприятие либо снизить их количество стоит предпринять следующие шаги:

1. Провести анализ потребностей предприятия, текущих бизнес-процессов. На данном шаге очень важно выявить какие основные проблемы и потребности есть у предприятия, чтобы понять, какие требования должна удовлетворять система;

2. Выбрать подходящую систему, проведя анализ существующих подходящих под специфику предприятия систем по различным критериям, например, стоимость, сопровождение системы, ее функциональность;

3. Провести подготовку и обучение сотрудников, предоставив ресурсы и время для этого, создать инструкции по работе с информационной системой, обучающие видеоролики и образовательные программы;

4. Внедрение должно проходить постепенно, переходя от одного бизнес-процесса к другому, это позволит сотрудникам адаптироваться к информационной системе, сводя на нет сопротивление и минимизируя возможные ошибки;

5. Создать поддержку системы. Руководство предприятия должно предусмотреть механизм поддержки и регулярного обновления информационной системы для соответствия новым требованиям и быстрого решения возникающих проблем;

6. Постоянные проверки и анализ результатов работы системы. Данный шаг поможет выявить возможные проблемы и своевременно их решить, а также отследить эффективность бизнес-процессов.

В заключение хотелось бы сказать, что внедрение информационных систем на производственное предприятие – это процесс сложный и не быстрый, с множеством возникающих проблем. Однако, если, для решения всех проблем будет проведен детальный анализ потребностей предприятия и создан четкий план внедрения, то информационная система сможет привести к улучшению работы предприятия, повышению производительности и эффективности бизнес-процессов.

Библиографический список

1. Рощина Н.В. Научная периодика сегодня: виды статей, цели публикаций и мотивации авторов // Вестник Уральского государственного технического университета – УПИ – 2010. – №3. – С. 136-144.
2. Рожков Л.В., Сальникова О.В. Методические материалы для написания научной статьи // Издательство Пензенского государственного университета – 2016. – 56 с.
3. Коптелов А.К., Дружинин Б.Д. Выбор корпоративных информационных систем // Финансовая газета. – 2005.– 19 с.
4. Цуканова О.А., Методология и инструментарий моделирования бизнес-процессов // Учеб. пос. Санкт-Петербург: Изд-во ИТМО. – 2015. – 101с.
5. Котляров В.П. Основы тестирования программного обеспечения: учеб. пос. – М.: Интернет-Ун-т информ.технологий: Бином. Лаборатория знаний, 2006 – 285 с.
6. Михальчук В.Д., Решентикова И.В. Использование ручного и автоматизированное тестирования ПО в гибких методологиях проектирования. В сборнике: Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации. Материалы научных трудов XV-ой Международной научно-практической конференции, Курск, 19–20 марта 2020 года. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2020. – С. 203-207.

© Красько Е.Е., 2023

УДК 004

А.Р. Бахтигареева

bahtigareeva.a@yandex.ru

Науч. руковод. – канд. техн.наук, доцент **Т.К. Гиндуллина**

Уфимский университет науки и технологий

РЕИНЖИНИРИНГ БИЗНЕС-ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ СМЕТ НА БАЗЕ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ ЗДАНИЯ

Аннотация: в статье рассматриваются ключевые аспекты применения цифровой модели здания, формируемой в рамках BIM-технологий, для процесса формирования смет на строительство.

Ключевые слова: BIM, сметная документация, бизнес-процесс, цифровая модель здания.

Введение

В настоящее время наблюдается бум цифровых технологий, сопровождающий различные стороны человеческой деятельности. Не исключением стала строительная отрасль, в рамках которой используется такая ключевая инновация как BIM-технология (Building Information Modeling), которая позволяет создавать и управлять цифровыми моделями зданий и инфраструктуры на всех этапах их жизненного цикла. В настоящий момент существуют немалое количество программ для реализации информационного моделирования строительных объектов. Наиболее популярными являются Autodesk Revit, MagiCAD, AutoCAD Civil 3D и т.д.

Одним из наиболее трудоемких и ответственных этапов строительного проекта является процесс формирования смет. Поэтому в данной статье будет рассмотрена возможность разработки с применением BIM-технологий. В качестве объекта исследования выбрана организация, занимающаяся проектными работами по строительству, реконструкции, капитальному ремонту нефтегазовой промышленности.

Информационное моделирование строительных объектов

Для начала разберемся что же из себя представляет BIM-проектирование. BIM (Building Information Modeling) - это методология и процесс, который используется в строительной индустрии для создания, управления и анализа информации о зданиях и инфраструктуре в цифровой

форме. Он предполагает создание трехмерной модели здания, которая включает в себя информацию о геометрии, материалах, конструкции, технических системах и других характеристиках объекта.

В раннее существующей САД-системе моделирования зданий сбор частей информации об объекте осуществляется отдельно друг от друга, что приводит к нестыковкам, несоответствиям и ошибкам. Информационное моделирование же позволяет осуществлять сбор информации в единой системе, что исключает несоответствия [1].

Удобство трехмерной BIM-модели еще и в том, что из нее можно автоматически получать 2D-чертежи, ведомости, спецификации, графики проектных работ. BIM-модель описывает весь жизненный цикл сооружения, а значит, может применяться и на этапе его эксплуатации [2].

3D-модель позволяет устранять пространственные коллизии, выявленные на ранних сроках проектирования. При добавлении к модели временных характеристик, интегрируя с календарно-сетевым графиком, получаем 4D-модель, где можно проанализировать всю последовательность работ по проекту на предмет пространственно-временных пересечений. При добавлении стоимостных показателей получаем 5D-модель и визуально оцениваем соответствие фактических и планируемых затрат [3].

Использование результатов BIM-технологий в формировании сметной документации

Возвращаясь к объекту исследования важно разобраться, в чем состоит отличие разработки сметной документации с помощью BIM-технологий от классической формы.

Разработка смет традиционным подходом предусматривает обязательное наличие 2D-чертежей, спецификаций и ведомостей объемов работ. Основными проблемами на этапе формирования смет является:

1. Зачастую отсутствует информация о детализации процесса в документе «Ведомость объемов работ», что приводит к тому, что необходимая расценка остается неучтенной.
2. В документе «Спецификация» содержит неполный перечень материалов.
3. Стоимость берется применительно, так как в «Спецификации» не указано всей необходимой информации.
4. Встречающиеся ошибки в одном из документов приводят к тому, что необходимо вносить изменения во всю сметную документацию.

Формирование сметы на базе BIM-модели, позволяющей создавать единую информационную систему, представлена на рисунке 1.

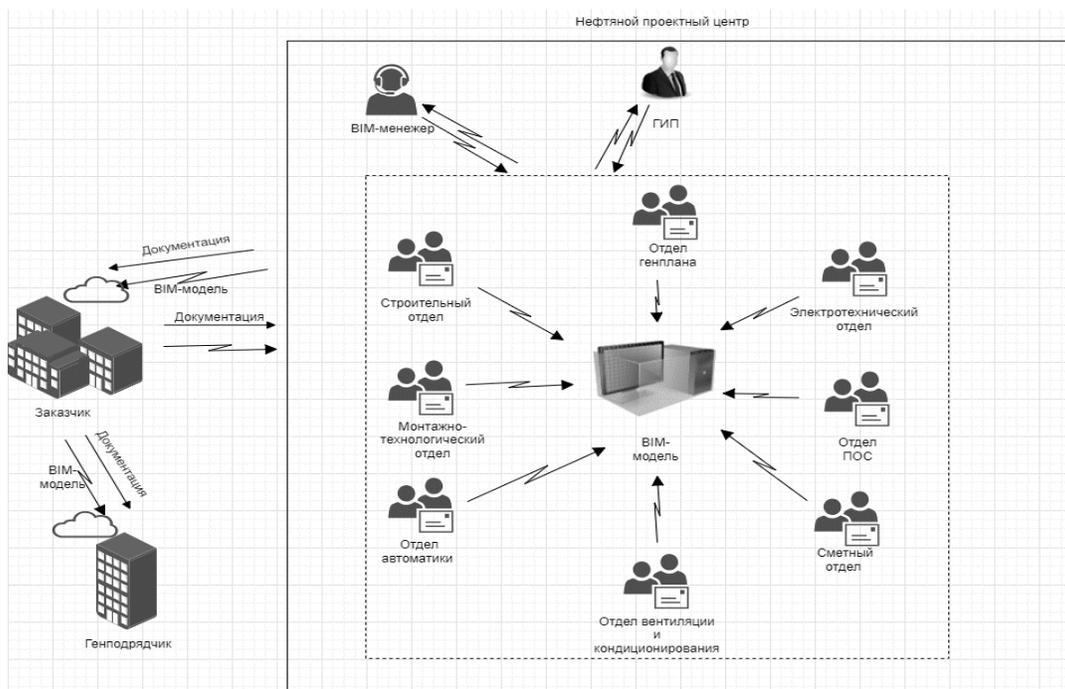


Рисунок 1 – Мнемосхема использования BIM-технологий при формировании смет

Каждый из отделов поэтапно вносит все необходимые данные для создания 3D модели объекта. Сметчик при получении данных в своем окне может увидеть названия элементов, объемы, размеры, площади, из чего сделан элемент, а также другую дополнительную информацию, если она указана проектировщиком [3].

Инструменты и средства позволяют сформировать трехмерную информационную модель по всем проектным разделам и инженерным специальностям, а на основе модели выпустить высококачественную проектную и рабочую документацию.

Соответственно при изменении одного параметра смета пересчитывается полностью. Также практически исключены ошибки, так как на графической модели недостоверные данные видны. С использованием BIM, специалисты могут более точно определить объемы работ, материалы и ресурсы, несмотря на сложность проектов.

Применение BIM-технологий в рамках формирования сметной документации дает такие преимущества как:

- Автоматизированное извлечение данных: с использованием BIM можно автоматически извлекать данные о материалах, оборудовании, рабочих объемах и других элементах проекта. Это упрощает и ускоряет процесс сбора информации для составления сметы.

- Точность и надежность: BIM модель содержит детальную информацию о каждом элементе проекта. Это позволяет сметчикам работать с более точными данными и уменьшает вероятность ошибок в смете.

- Интеграция с сметными программами: многие программы для составления смет (например, Revit, Navisworks) могут интегрироваться с BIM моделями, что позволяет сметчикам импортировать данные непосредственно из модели в сметную программу.

- Динамические сметы: BIM позволяет создавать динамические сметы, которые могут автоматически обновляться при внесении изменений в модель. Это позволяет быстро адаптировать смету к изменениям в проекте.

- Анализ затрат: BIM позволяет проводить анализ затрат на различных этапах проекта, что помогает идентифицировать потенциальные затраты и оптимизировать бюджет.

- Управление рисками: BIM может использоваться для выявления рисков, связанных с проектом, и оценки их воздействия на бюджет. Это помогает управлять финансовыми рисками.

- Совместная работа: BIM обеспечивает возможность совместной работы между разными участниками проекта, включая архитекторов, инженеров и сметчиков. Это способствует более эффективной коммуникации и совместному решению проблем.

Заключение

Таким образом, применение BIM-технологий в рассматриваемом бизнес-процессе позволяет:

- значительно упростить и повысить его эффективность.
- обеспечить более точное планирование затрат на строительство.
- создавать более прозрачную и согласованную рабочую среду, обеспечивающую взаимодействие всех отделов, участвующих в проектировании.
- повысить качество проектирования и строительства.

1. Библиографический список

1. Перцева А.Е., Волкова А.А., Хижняк Н.С., Астафьева Н.С. Особенности внедрения BIM-технологии в отечественные организации // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 9, №6 (2017) <https://naukovedenie.ru/PDF/58EVN617.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

2. Данилина И.В. Применение BIM-технологий на стадии градостроительного проектирования // Промышленное и гражданское строительство. 2018. № 9. С. 48–52.

3. Е.А. Никитина. Внедрение BIM-технологий в сметную документацию // Инженерный вестник Дона, №12 (2020). URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2020/6725.

© Бахтигареева А.Р., 2023

УДК 004

А.Р. ЮСУПОВА

khusnutdinova-alsu@inbox.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доцент **М.А. ШИЛИНА**

Уфимский университет науки и технологий

РЕИНЖИНИРИНГ ОРГАНИЗАЦИИ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЙ PROCESS MINING

Аннотация: в статье рассматриваются вопросы применения технологий Process Mining в области образования, рассматриваются отдельные исследования в данной области, оценивается возможность применения методологии и инструментов Process Mining в университете.

Ключевые слова: реинжиниринг; process mining; эффективность образования; СДО; современные технологии; анализ данных; организация учебного процесса.

Введение

Современные технологии обработки и анализа данных стали неотъемлемой частью современного образования. Однако, эффективное использование этих технологий в учебном процессе требует не только технической экспертизы, но и понимания структуры и характера самого образовательного процесса. Методология Process Mining, предложенная Вилом Ван дер Аалстом [1], предоставляет уникальную возможность для анализа и оптимизации бизнес-процессов. В том числе, имеются исследования применения данной методологии различными университетами.

В настоящее время студентам предоставляется возможность получить доступ к курсам и учебным программам в режиме онлайн, образовательные учреждения по всему миру вступают в конкурентное соревнование, к которому они не привыкли, и в котором они несут все большую

ответственность за успехи своих учеников. Эта ситуация создает дополнительное напряжение в сфере высшего образования.

Учебные заведения и образовательные центры стремятся к достижению высочайшего качества своих образовательных программ и управленческих решений. Одновременно расширяющееся использование информационных и коммуникационных технологий в этой сфере приводит к накоплению больших объемов данных. Эти данные содержат ценную информацию о студентах, их профилях, пройденных ими курсах и результатах обучения и могут быть изучены и использованы заинтересованными сторонами, включая преподавателей, инструкторов и других учебных работников. Это поможет им лучше понимать привычки обучающихся, факторы, влияющие на их успех, а также навыки, которые они развивают в процессе обучения.

Анализ образовательных процессов с использованием технологий Process Mining позволяет оценить и оптимизировать последовательность этапов в учебном процессе, идентифицировать узкие места и инфраструктурные проблемы, а также повысить качество предоставляемых услуг. Анализ данных, собранных в ходе обучения, может помочь преподавателям адаптировать программы и методики обучения, учитывая потребности студентов.

Практика применения технологий Process Mining в образовании

Рассмотрим практические примеры использования технологий Process Mining образовательными учреждениями. Эти исследования включают анализ эффективности учебных курсов, оптимизацию процесса учебного планирования, а также повышение качества обратной связи между преподавателями и студентами.

Так, например, в статье R. Cerezo и др. [2], описывается применение технологий Process Mining для оптимизации взаимодействия студентов с образовательной платформой Moodle. Результаты, полученные в ходе данного исследования, позволяют сделать вывод, что студенты, достигшие успеха в учебе, не всегда следовали строго предписаниям преподавателей, но они соблюдали логику успешного саморегулирования в процессе обучения. В отличие от своих неуспешных одноклассников, они демонстрировали умение эффективно управлять своим образовательным процессом.

Также рассмотрим статью [3], в которой группа исследователей, в состав которой входили A.R. Groba, B.V. Barreiros, M. Lama, A. Gewerc и M. Mucientes, представила исследование, в рамках которого был предложен уникальный подход к анализу результатов обучения в персональной образовательной среде, основанной на социальных сетях. Основной задачей этого исследования было предоставить преподавателям интуитивно понятные

инструменты для анализа активности студентов с использованием графического интерфейса. Разработанный инструмент получил название «SoftLearn» и был успешно внедрен в Университете Сантьяго-де-Компостела в Испании. Он позволяет контекстуализировать и отслеживать активность студентов как индивидуально, так в группе. Результаты анализа позволяют преподавателям своевременно принимать управленческие решения и корректировать образовательную траекторию студентов, что способствует значительному улучшению успеваемости студентов.

В статье Окоуе и др. [4], описано исследование, направленное на выявление закономерностей и правил с использованием семантического рассуждения на основе языка веб-онтологии (OWL) и семантической сети. В работе описана модель учебного процесса в онлайн-средах, выполнена классификация активностей пользователей, прописаны семантические правила и взаимосвязь между понятиями предметной области. Эта работа позволяет на основе созданных правил применять методы интеллектуального анализа процессов для выявления поведения обучающихся и предсказания изменений их поведения. Это дает возможность персонализации обучения.

Некоторые российские университеты также начинают применять Process Mining. В Санкт-Петербургском политехническом университете Петра Великого, например, использовали Process Mining для анализа потока студентов в рамках различных программ обучения. Анализ позволил выявить узкие места в распределении ресурсов и помог университету оптимизировать расписание и обеспечить более эффективное использование учебных помещений [5].

Подход к использованию технологий Process Mining в учебном процессе университета

Рассмотрим возможность использования технологий Process Mining в учебном процессе университета при использовании технологий дистанционного обучения (ДО).

Для описания существующего процесса организации обучения с применением ДО построим мнемосхему существующего процесса (рис.1).

В организации учебного процесса с применением ДО задействовано множество подразделений, например, учебное управление (УУ), отдел дистанционных образовательных технологий (ОДОТ), деканаты факультетов, преподаватели и обучающиеся. Участники взаимодействуют друг с другом, в том числе, с использованием электронной информационной образовательной среды (ЭИОС).

Размещение электронного курса на внутренней образовательной платформе в среде ЭИОС представляет собой достаточно сложную

организационную процедуру, которая представляет собой отдельный бизнес-процесс, не являющийся предметом рассмотрения в данной статье.

Оценка качества курсов, особенно в дистанционном формате, является критически важной задачей для образовательных учреждений. В данной ситуации возникают несколько проблемных аспектов, включая возможную субъективность при оценке студентами и учебными материалами, а также взаимодействие преподавателей, что в значительной степени зависит от человеческого фактора. Кроме того, ограничена возможность живой коммуникации между участниками образовательного процесса, так как весь учебный процесс происходит в системе дистанционного обучения (СДО).

Необходимо рассматривать курс в СДО как процесс, в ходе которого анализируются действия пользователей при взаимодействии с учебными материалами и ресурсами. Это позволит достичь следующих целей:

- 1) преподавателям позволит получить более объективное представление о том, как студенты воспринимают учебные материалы и какие трудности они могут испытывать;
- 2) руководству университета □ получить более надежные данные для оценки эффективности образовательных программ и понимания, как аспекты СДО нуждаются в совершенствовании;
- 3) отделу дистанционного образования (ОДОТ) □ более точно оценить эффективность СДО и выявить области, в которых требуются улучшения;

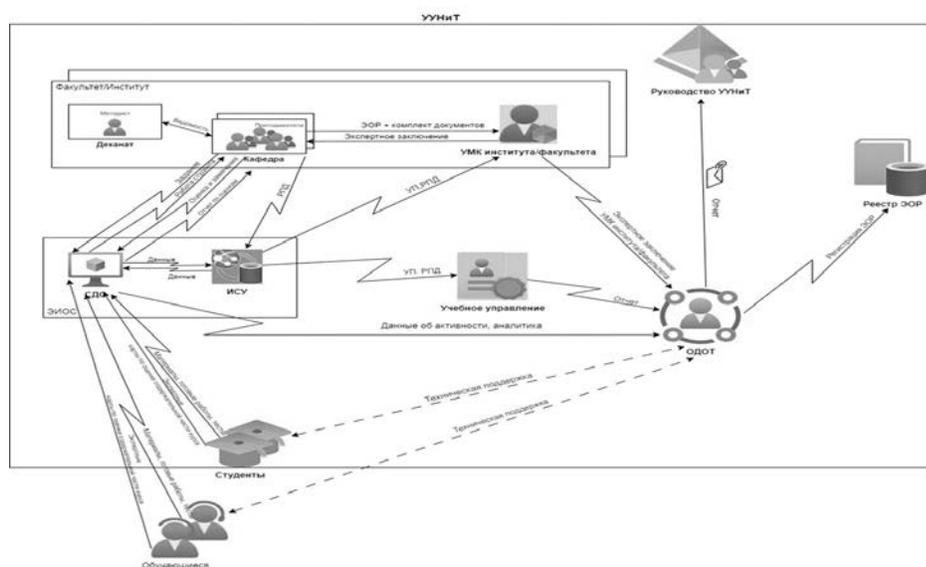


Рис. 1. Мнемосхема существующего учебного процесса в УУНиТ

Рассмотрим более подробно процесс обучения, происходящий в СДО университета УУНиТ:

Преподаватель размещает учебные материалы для обучающихся, получив выполненные работы студентов – оценивает и направляет замечания, рекомендации и комментарии посредством СДО. Студенты выполняют задания, проходят тесты, изучают представленные материалы, а также могут составлять экспертные карты по оценке содержательной части курса, т.е. оценивать наполненность и понятность курсов. Преподавателю необходимо осуществлять мониторинг хода учебного процесса и его результатов. Для этого ему доступен отчет по оценкам с СДО, благодаря которому можно проанализировать результативность освоения курсов, дополнительно необходимо оценить типовые проблемы и ошибки студентов, насколько быстро они справились с работой и как часто они посещали СДО и проявляли активность в отношении выполнения заданий. Тем не менее, существующая система мониторинга образовательного процесса позволяет получать недостаточно подробную аналитику, что существенно может отразиться на качестве принимаемых решений, а также создает барьеры в индивидуализации образовательной траектории.

Предлагаемый бизнес процесс с применением Process Mining представлен на рис. 2, в котором имеются существенные отличия от существующего: происходит автоматизация процесса анализа данных об успеваемости и статистики в области дистанционного образования. Не требуется больше, чтобы преподаватели создавали и предоставляли отчеты оценок из СДО. Вместо этого, внедряется новая информационная система (ИС), которая самостоятельно собирает аналитические данные о студентах, их успехах, а также статистику, связанную с дистанционным обучением, из СДО и информационной системы учебного управления (ИСУ).

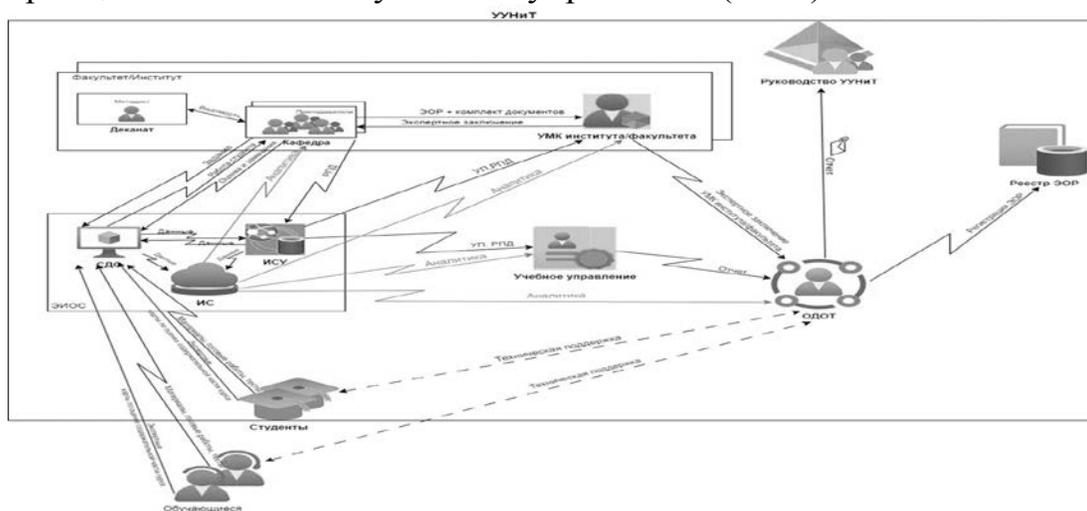


Рис. 2. Мнемосхема предлагаемого учебного процесса в УУНиТ

Данная ИС обрабатывает эти данные и создает более широкий аналитический отчет, который включает в себя информацию о том, как эффективно программа обучения студентов, а также как проходят обучение студенты и обучающиеся. Этот отчет автоматически направляется преподавателям, а также органам управления, таким как учебно-методическая комиссия института/факультета (УМК института/факультета), УУ и ОДОТ.

Это улучшает эффективность мониторинга и оценки процессов обучения и позволяет принимать более обоснованные решения в области образования на основе собранных данных.

На основе проведенного анализа предлагается внедрить новую информационную систему (ИС), которая будет непрерывно собирать данные из системы дистанционного обучения (СДО) и информационной системы университета (ИСУ). Затем, используя полученные данные, данная ИС будет генерировать подробные аналитические отчеты и давать рекомендации по улучшению эффективности учебных дисциплин. Для достижения указанных целей, предлагается воспользоваться технологией Process Mining.

Заключение

Таким образом, использование технологий Process Mining предоставляет значительные возможности для реинжиниринга организации учебного процесса. Ведь согласно исследованию [6], средний процент тех, кто закончил онлайн обучение, составляет примерно 15%, что является очень низким показателем. Process mining позволит повысить процент закончивших онлайн-курсы, выявив проблемные моменты и предложением оптимальных решений для помощи студентам. Также Process Mining оптимизирует курсы, находя лучшие практики для улучшения успеваемости и удовлетворенности студентов.

Библиографический список

1. Van der Aalst W.M.P.: Process Mining: Discovery, Conformance and Enhancement of Business Processes. Springer (2011)
2. Rebeca Cerezo, Alejandro Bogarín, María Esteban & Cristóbal Romero Process mining for self-regulated learning assessment in e-learning // Journal of Computing in Higher Education. - 2020. - №32. - С.74-88.
3. Ana Rodriguez Groba, Borja Vazquez Barreiros, Manuel Lama, Adriana Gewerc and Manuel Mucientes Using a Learning Analytics Tool for Evaluation in Self-Regulated Learning // IEEE Frontiers in Education Conference. - 2014. - С. 2484-2491.

4. Okoye, Kingsley, Tawil, A., Naeem, U. and Lamine, Elyes A Semantic Reasoning Method Towards Ontological Model for Automated Learning Analysis // Advances in Intelligent Systems and Computing (AISC). - 2015. - №7. - С.49-60.

5. Ившин Р.В. Исследование применения технологии process mining к совершенствованию процессов реализации образовательных программ: дис. Амбражей А.Н. экон. наук: 27.03.05. - Санкт-Петербург, 2021. - 50 с.

6. Why no one finishes an online course - and why it doesn't matter // Influencive URL: <https://www.influencive.com/no-one-finishes-online-course-doesnt-matter/> (дата обращения: 29.10.2023).

© Юсупова А.Р., 2023

УДК 004.9

Т.Р. ШАЙХУЛЛИН, Е.А. ЛАВРЕНТЬЕВА, А.Р. НАСЫРОВ

Downhill4x5@mail.ru, lavrkat1@mail.ru, askar.nasyrov@mail.ru

Науч. руковод. – канд. техн.наук, доцент **Т.К. ГИНДУЛЛИНА**

Уфимский университет науки и технологий

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ВЕДЕНИЯ ПРОЕКТА ПРИ РАЗРАБОТКЕ И ВНЕДРЕНИИ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ «ЛИЧНЫЙ КАБИНЕТ» НА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРЕДПРИЯТИИ

Аннотация: в материале рассказывается об опыты ведения разработки и внедрения проекта информационной «Личный кабинет» на одно из машиностроительных предприятий России. Проводится краткий экскурс в концепцию системы и ее необходимость для предприятия. Демонстрируется архитектура созданной системы взаимодействия между фокус-группой и компанией разработчиком. Приводится новизна использования современных технологий ведения IT проекта на машиностроительном предприятии.

Ключевые слова: информационные технологии, ведение проектов, система ведения IT-проекта, машиностроительное предприятие, Agile, канбан, мобильное приложение

Введение

На 2023 год сфера оборонно-промышленного комплекса (далее – ОПК) как никогда актуальна в Российской Федерации. Рост заказов, приход ценных кадров и разработка новых технологий взамен ушедшим, создает крайне

благодарную атмосферу для повышения уровня знаний и умений специалистов отрасли. Так, помимо непосредственного роста производства, растет и ИТ-контур в области ОПК, в частности, в машиностроительной отрасли. Там, где без четких расчетов, моделей и прогнозирования не обойтись.

Машиностроительные предприятия характеризуются достаточно большим количеством сотрудников, трудящихся как в цехах, так и в административных частях предприятий. ИТ применяется на всех уровнях; от прогнозирования ресурсов системными аналитиками, до заполнения заявок на брак от цеховых сотрудников. Над выполнением задач предприятия специалисты трудятся в информационных системах разных классов. Например, системы бухгалтерского учета, крупные ERP системы, системы банковского учета платежей, системы учета персонала, системы кадрового учета так далее.

Например, функции расчета заработной платы (далее – ЗП), учет прохода через турникеты, расчет отпускных выплат и прочие кадровые расчеты производятся во внутренних системах, основанных на платформе FoxPro. Учет оплат/выплат контрагентов, прошедших через банк-эмитент, сопровождает АС ФЗД, основанная на 1С (автоматизированная система управления финансовой и закупочной деятельностью). Для проведения платежей казначеи используют системы по типу Lexema.

Каждая система, применяемая на предприятии – проект, который был инициирован, разработан и внедрен. По ходу роста предприятия и его нужд растет и количество систем, сопровождающих его деятельность. Для корректной работы всего объема систем необходима их интеграция. Таким образом, предприятие состоит из огромной структуры систем, интегрированных между собой.

Тем не менее, имея масштабную структуру информационных систем, сотрудникам все еще приходится физически перемещаться между служб для решения организационных вопросов. Так, например, для подписания заявления на отгул, сотруднику необходимо в письменном виде передать заявление руководителю и после его визы, отнести отгул в табельное бюро (далее – ТБ). Или, например, для получения справки с места работы, сотруднику нужно физически переместиться в бюро труда и заработной платы (далее – БТИЗ) цеха, оставить заявку и спустя неопределенное время вернуться для ее получения.

Подобные ситуации отнимают рабочее время и, как следствие, снижают эффективность служб, не участвующих в расчетах и выдачах справок. Для решения проблемы избыточного физического взаимодействия служб была предложена идея создания проекта информационной системы «Личный

кабинет» (далее – ЛК, приложение), способной снизить объем перемещений, трату рабочего времени и сделать рабочую жизнь сотрудников легче и приятнее.

Концепция системы

Как и писалось выше проект имеет исключительно положительные цели – сделать рабочую жизнь сотрудников предприятия проще, взаимодействие с внутренними службами – удобнее, поднять репутацию предприятия. Для сотрудников предприятия подобная система является отличным примером интеграции предприятия в их зону комфорта.

Например, будучи дома, сотрудник способен просматривать динамику роста ЗП и полученный расчетный лист. Приложение имеет две основные функции:

- комфортно-социальная поддержка сотрудников;
- поддержка сотрудников в рабочей деятельности;

Так, к комфортно-социальной поддержке относится:

- просмотр меню столовых;
- просмотр динамики роста ЗП и расчетных листов;
- заказ пищевой продукции предприятия;
- доска объявлений типа «Попутчики»;
- просмотр актуальных вахтовых маршрутов;
- оперативный просмотр личных данных и тому подобное.

К поддержке рабочей деятельности относится:

- создание и просмотр совещаний;
- просмотр рабочего календаря;
- просмотр телефонного справочника предприятия;
- создание и подписание заявлений;
- создание обращений к службам;
- просмотр времени входа/выхода через турникеты и тому подобное.

Опыт ведения проекта

Ведение реализации подобного проекта на достаточно масштабном машиностроительном предприятии является не простым делом. Необходимо собрать фокус-группу (далее – ФГ), способную создавать, анализировать и выставлять требования разработчику. При этом ФГ должна состоять из специалистов предприятия. Использовать только доступные программные продукты, уложиться в ограниченный срок и бюджет.

Для ведения проекта была выбрана методологическая основа Agile. Agile в свою очередь является подходом управления проектами, предполагающий разбиение проекта на этапы, а также непрерывную связь подгрупп и

совершенствование. В рамках подхода ФГ следует циклу планирования, выполнения и оценки.

Из множества методологий ведения проекта за основу был выбран именно Agile. Agile позволяет вести и развивать проект, имея относительно небольшую команду. Так как ФГ была собрана из действующих сотрудников предприятия и реализация ЛК является второстепенной задачей для них, то запуск спринтов, запись задач на канбан-досках, проведение встреч на определенные темы в определенный период является наиболее подходящим решением для малоопытной команды проекта. Специалисты ФГ в состоянии вести основную деятельность согласно должности и при этом не отставать от графика выполнения задач по реализации проекта.

Для грамотной работы согласно выбранной методологии необходимо разделить собранную фокус группу на подгруппы, каждая из которых имеет собственную зону ответственности. Так, ФГ, собранная на машиностроительном предприятии, состоит из 12 человек, относящихся к департаменту информационных технологий.

Первая подгруппа состоит из трех человек: инициатор проекта – продакт-менеджер, его заместителя и проект-менеджера. Задача этой подгруппы связь с топ-менеджментом предприятия, компанией разработчиком (далее – КР) и остальными подгруппами. Конечное выставление требований КР, работа с договорами и финансовыми потоками проекта.

Вторая подгруппа, состоящая из трех человек – аналитиками, занимается выявлением первичных требований от потенциальных пользователей, их анализом и обработкой. Отправкой первой подгруппе полученных решений от третьей подгруппы.

Третья подгруппа – тестировщики. Состоит из шести человек. Два человека тестируют web-клиент системы, остальные проверяют функционал на мобильных платформах. В их задачи входит; написание тест-кейсов, реализация тест-кейсов, запись результатов тестирования, пожеланий и багов, обнаруженных по ходу работы с приложениями. Учитывая состав ФГ, задачи второй и третьей подгруппы могут незначительно пересекаться при необходимости.

Для слаженной работы и постоянного взаимодействия ФГ и КР была составлена система связей. Система состоит из четырех программных продуктов, преимущественно отечественной разработки. Структура системы отображена на схеме (рис. 1).

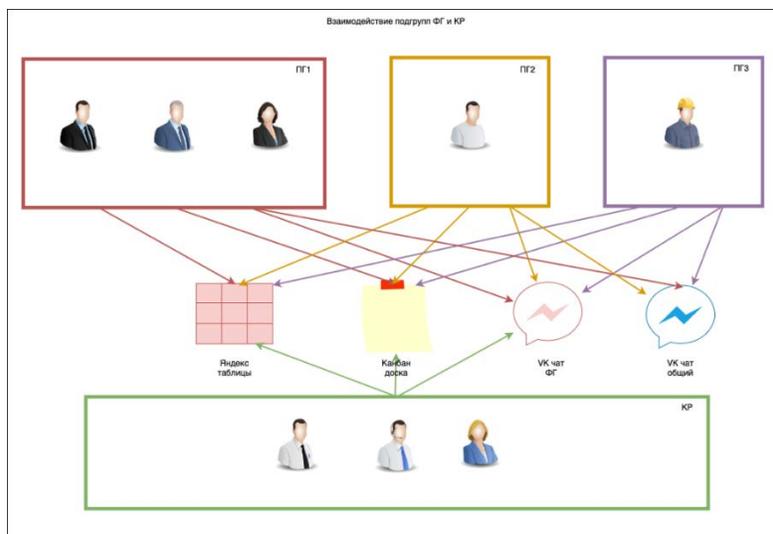


Рис. 1. Взаимодействие ФГ и КР

С помощью Яндекс. Таблицы ведется учет пожеланий, ошибок и багов разрабатываемой системы. Кратко записываются шаги воспроизведения и прикладываются результаты действий. При необходимости в ячейку добавляется ссылка на созданный файл в системе Яндекс. Документы, в котором более детально раскрывается ошибка, пожелание или баг. К системе имеют доступ все участники ФГ и КР.

Канбан доска позволяет расставить задачи по их приоритету и сроку выполнения. Для проекта информационной системы «Личный кабинет» было создано 4 дэшборда:

- «Обдумать»;
- «Сделать»;
- «В процессе»;
- «Сделано».

В столбце «Обдумать» находятся те задачи и вопросы, которые предстоит вынести на обсуждение в указанный срок. В столбце «Сделать» отображаются вопросы, которые были сформулированы в задачи. Их необходимо принять и выполнить к определенному сроку. Столбец «В процессе» отражает задачи, которые находятся в работе и срок их выполнения. «Сделано» показывает закрытые задачи и время, потраченное на выполнение.

VK чаты – беседы с участниками фокус-группы и компании разработчиком. Сеть VK была выбрана не случайно, она покрывает необходимые требования, выставляемые службой информационной безопасности предприятия. Так же VK имеет необходимые функции, например отправка документов, голосовые и видео сообщения, создание голосований и тому подобное. Перечисленные функции крайне полезны при обсуждении плана действия реализации проекта.

В VK создано два чата; для общения ФГ с КР и чат, созданный исключительно для ФГ. Чат только для участников ФГ позволяет проводить внутренние сборы, обсуждать вопросы тестовых решений, требования, аналитику данных системы «Личный кабинет» и так далее.

Завершение проекта информационной системы «Личный кабинет» планируется в течение одного календарного года (см. рис. 2). Именно такой срок был согласован фокус-группой предприятия, компанией разработчиком и топ менеджментом предприятия. Поэтому для максимально быстрой и качественной реализации проекта была применена методологическая основа Agile, собрана и разграничена по компетенциям и опыту фокус-группа и создана архитектура системы взаимодействия специалистов.



Рис. 2. Дорожная карта проекта информационной системы «Личный кабинет»

Вывод

Описанный опыт показывает, что из подручных средств, имея в кадровом резерве предприятия достаточное количество квалифицированных IT специалистов, выход в сеть интернет и открытость к восприятию новой информации, проект-менеджер в силах создать эффективную фокус-группу. Организовать как внутреннее ее взаимодействие, так и внешнее, с компанией разработчиком. Имея такой набор базовых элементов проект реализуется в срок, оправдывая ожидаемые результаты.

Библиографический список

1. Чернова А.О., Красильников И.В. Управление проектами с помощью гибкой методологии канбан // Успехи в химии и химической технологии. 2022. Том 36. №11. С.57-59
2. Лобасев Д.В. Agile-подход к разработке программных продуктов: истоки и перспективы // Инновации и инвестиции. 2022. №11. С.210-214
3. Пешхоев А.А. Применение методологии agile в ведении ит-проектов // Экономика и социум. 2020. №1(68). С.688-690
4. Крылатков П.П., Минеева Т.А. Информационное пространство машиностроительного предприятия // Журнал новой экономики. 2018. Том 19. №5. С.117-128
5. Хорошилова О.В., Журавель А.Ю. Характеристика информационных технологий, используемых в управлении проектами // Территория науки. 2017.

© Лаврентьева Е.А., Насыров А.Р., Шайхуллин Т.Р., 2023

СЕКЦИЯ 5.2. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

УДК 519.6

И.У. Искандаров

iskandaroffiskander@yandex.ru

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

Уфимский университет науки и технологий

АППРОКСИМАЦИЯ ФУНКЦИЙ. МЕТОД НАИМЕНЬШИХ КВАДРАТОВ

Аннотация: в данной статье рассматривается метод аппроксимации функций-метод наименьших квадратов, который находит широкое применение в различных областях науки и техники. Обсуждаются основные принципы метода, его преимущества и недостатки, а также примеры использования.

Ключевые слова: аппроксимация, метод наименьших квадратов, функции, математическая модель, эксперимент, регрессионный анализ.

Ранее были рассмотрены две задачи восстановления функциональных зависимостей: первая – вычисление значений трансцендентных функций, вторая – интерполяция. Решения обеих этих задач представлялись в виде алгебраического многочлена

$$P_n(x) = \sum_{i=0}^n a_i x^i. \quad (1)$$

Исходными данными для определения коэффициентов многочлена в первом случае были значения производных разных порядков, заданных в какой-то одной точке, а во втором случае значения самой функции, заданные в нескольких точках.

При решении задачи аппроксимации также задаются значения функции в разных точках в виде таблицы $x_j, y_j, j=1, \dots, m$. Однако в этом случае считается, что значения функции содержат значительную долю случайной погрешности. Самих значений задается, как правило, больше, чем при решении задачи интерполяции (рис.1). Поэтому в результате решения задачи аппроксимации

полученная функция может не пройти ни через одну из заданных точек. Она должна пройти между ними наилучшим (в каком-либо смысле) образом.

Очевидно, что решать задачу интерполяции в случае, рассмотренном на рис.1, не имеет смысла.

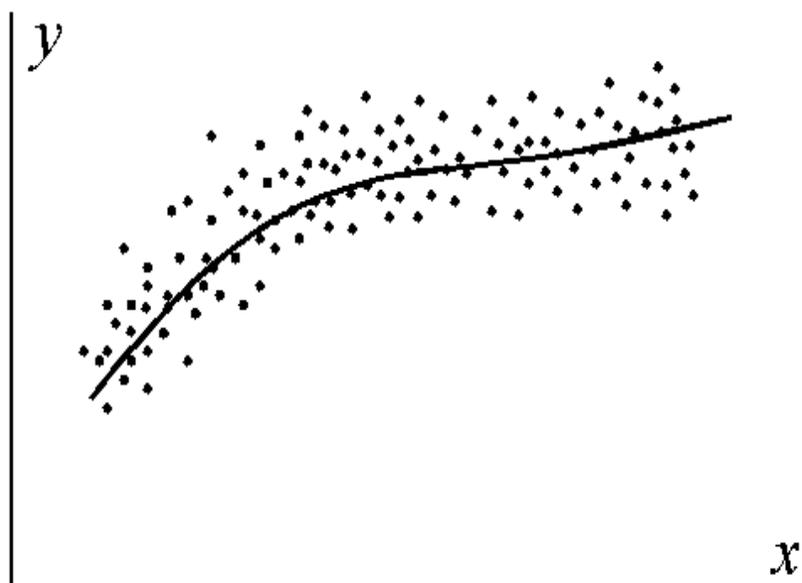


Рис. 1. К задаче аппроксимации функций

Переходим к математической постановке задачи. Для этого нужно математически определить критерий качества аппроксимации. Один из подходов к формированию критерия качества сводится к построению так называемой функции штрафа.

В начале необходимо решить, что является нарушением, которое может вызвать штрафование, и от чего зависит размер штрафа. Очевидно, что в данной задаче нарушением может быть непрохождение кривой, соответствующей аппроксимирующей функции, через одну из заданных точек. Причем, можно считать, что эти нарушения независимы, т.е. величины штрафов, накладываемые за каждое из нарушений в отдельности, не зависят друг от друга. Отсюда следует первый важный вывод, что функцию штрафа следует искать в виде суммы штрафов за каждое отдельное нарушение

$$\Phi = \sum_{j=1}^m \varphi_j.$$

Остается найти вид функции локального штрафа. Нужно решить от какого параметра зависит величина штрафа. На этот вопрос ответить легко, поскольку взаимное расположение кривой и точки удобнее всего характеризовать расстоянием по оси ординат, то есть

$$\rho_j = |P_n(x_j) - y_j|.$$

Теперь перейдем к построению зависимости $\varphi_j(\rho_j)$, т.е. локальных штрафов.

При этом необходимо учитывать два условия:

- задача, которая получится в результате нашего выбора, должна иметь достаточно простое решение;

- полученное решение должно быть разумным с общей точки зрения, (например, кривая не должна проходить вне всей группы точек и т.п.).

В связи с этим поиск подходящей функциональной зависимости следует начинать с наиболее простых. Самыми простыми являются зависимости вида $y = \text{const}$, $y = x$. Первая нас, очевидно, не устраивает. Попробуем представить функцию локального штрафа в виде

$$\varphi_j(\rho_j) = \rho_j = |P_n(x_j) - y_j|. \quad (2)$$

Проанализируем последствия этого выбора.

Во-первых, наличие абсолютной величины в зависимости (2) приводит к ее негладкости (разрыву первой производной). Поэтому для минимизации штрафа невозможно применять методы, основанные на поиске стационарных точек ($\partial\Phi/\partial a_j = 0$) Это серьезно усложняет задачу.

Во вторых, рассмотрим ситуацию, изображенную на рис.2. Одному и тому же значению $x = x_i = x_j$ соответствуют разные значения y_i и y_j . Такая ситуация очень часто случается при проведении повторных экспериментов с целью уменьшения влияния случайной составляющей погрешности. В данном случае

$$\Phi = \varphi_i(\rho_i) + \varphi_j(\rho_j) = \rho_i + \rho_j = |y_i - y_j|.$$

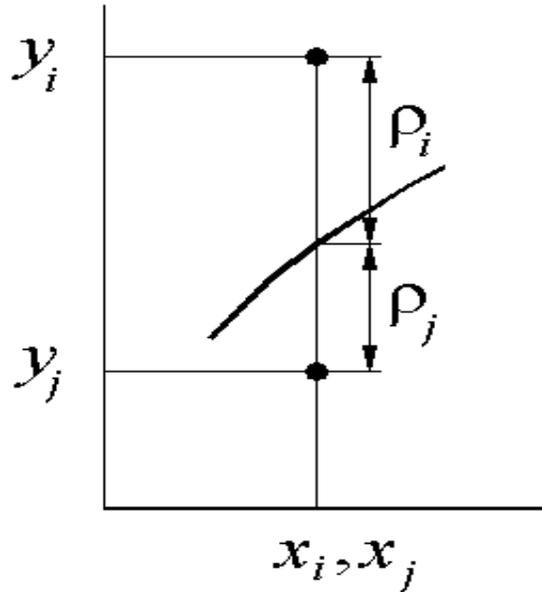


Рис. 2. Расположение кривой между точками

Таким образом, функция штрафа не зависит от положения кривой относительно этих двух точек. Мы пришли к некорректной задаче, что дополнительно осложняет ее решение. К тому же, исходя из здравого смысла, в этой ситуации наилучшим может быть только одно решение, когда кривая проходит точно посередине между двумя точками.

Значит, выбор $\varphi_j = \rho_j$ следует отвергнуть.

Следующей по уровню сложности функциональной зависимостью является функция вида $y = x \cdot x = x^2$. Тогда

$$\varphi_j(\rho_j) = \rho_j^2 = |P_n(x_j) - y_j|^2 = (P_n(x_j) - y_j)^2.$$

Данная функция является гладкой, и, следовательно, этот способ выбора $\varphi_j(\rho_j)$ не препятствует применению методов, связанных с дифференцированием.

Теперь найдем решение задачи в ситуации, показанной на рис.2.

$$\Phi = \varphi_i(\rho_i) + \varphi_j(\rho_j) = \rho_i^2 + \rho_j^2 = (P - y_i)^2 + (P - y_j)^2,$$

где P – значение полинома $P_n(x_j)$.

Продифференцируем это выражение по P

$$\frac{\partial \Phi}{\partial P} = 2(P - y_i) + 2(P - y_j) = 0.$$

Отсюда имеем: $P = (y_i + y_j)/2$, что соответствует решению, которое было получено из соображений здравого смысла.

В результате этого анализа мы приходим к заключению, что данный выбор удовлетворяет нашим требованиям.

Теперь окончательно сформулируем задачу в виде *метода наименьших квадратов*: минимизировать функцию

$$\Phi = \sum_{j=1}^m (P_n(x_j) - y_j)^2.$$

При этом значение Φ зависит только от значений коэффициентов многочлена (1), то есть $\Phi = \Phi(a_0, a_1, \dots, a_n)$. Тогда с учетом (1)

$$\Phi(a_0, \dots, a_n) = \sum_{j=1}^m \left(\sum_{i=0}^n a_i x_j^i - y_j \right)^2.$$

Для минимизации этой функции необходимо найти решение системы уравнений

$$\frac{\partial \Phi}{\partial a_k} = 2 \sum_{j=1}^m \left(\sum_{i=0}^n a_i x_j^i - y_j \right) x_j^k = 0, \quad k = 0, \dots, n.$$

Преобразуем это выражение

$$\sum_{i=0}^n a_i \sum_{j=1}^m x_j^{i+k} = \sum_{j=1}^m y_j x_j^k, \quad k = 0, \dots, n.$$

Эта система уравнений имеет вид

$$\sum_{i=0}^n c_{ki} a_i = b_k, \quad c_{ki} = \sum_{j=1}^m x_j^{i+k}, \quad b_k = \sum_{j=1}^m y_j x_j^k,$$

т.е. решение задачи методом наименьших квадратов сводится к решению системы линейных алгебраических уравнений.

Если число различных точек x_j $m > n$, то матрица системы не вырождена и решение системы существует и единственно. Это означает, что найденное решение доставляет функции Φ именно минимум, поскольку функция, имеющая вид суммы квадратов некоторых величин с положительными коэффициентами не может иметь единственной стационарной точки другого типа максимума.

При практическом применении метода наименьших квадратов степень многочлена n не следует выбирать слишком большой, так как это может привести к появлению осциллирующего характера у искомой функции $P_n(x)$.

Поскольку, при постановке задачи предполагалось наличие значительной доли случайной погрешности (эта погрешность относится к погрешности исходных данных), то для оценки погрешности результата решения можно применить статистические способы, например, оценку среднеквадратичной погрешности $\sigma = \sqrt{\Phi/m}$.

Библиографический список

1. Бахвалов Н.С., Жидков Н.П., Кобельков Г.М. Численные методы. М.: Наука, 2004. 636 с.
2. Волков Е.А. Численные методы. 2-е изд. испр. и доп. М.: Наука, 1988. 248 с.
3. Житников В.П., Шерыхалина Н.М. Методы верификации математических моделей в условиях неопределенности // Вестник УГАТУ. 2000. № 2. – С. 53–60.
4. Житников В.П., Шерыхалина Н.М. Многокомпонентный анализ численных результатов // LAP LAMBERT Academic Publishing, Germany, 2012. 389 с.

© Искандаров И.У., 2023

УДК 004.946

О.В. ЩЕРБАКОВ, А.В. ПЕНЗИН

shov2003@yandex.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук **Е.В. ДРУЖИНСКАЯ**

Уфимский государственный нефтяной технический университет

АРХИТЕКТУРА ПРИЛОЖЕНИЯ «ВИРТУАЛЬНЫЙ РЕМОНТНЫЙ ЦЕХ»

Аннотация: в рамках совместной работы кафедр «Вычислительной техники и инженерной кибернетики» и «Машины и оборудование нефтегазовых промыслов» УГНТУ была создана архитектура приложения виртуальной реальности «Виртуальный ремонтный цех», благодаря человеко-машинному взаимодействию воссоздающего процессы реальных ремонтных мероприятий по обслуживанию нефтегазового оборудования в рамках техники промышленной безопасности.

Ключевые слова: программирование, виртуальная реальность, приложение, разработка, архитектура приложения, Unity

Стандартные методы обучения производственной безопасности персонала не всегда бывают достаточными и эффективными. Во многих случаях обучение опирается на бумажные материалы, которые совершенно не способствуют вовлеченности в изучение материала. Одним из способов поддержки вовлеченности в обучении являются приложения виртуальной реальности, симулирующие нахождение на предприятии и воссоздающие реальные процессы.

Существует множество типов производственных объектов повышенной опасности и для некоторых из них существуют тренажеры, в том числе и в виртуальной реальности. Большинство из них нацелены исключительно на следование инструкции по выполнению определенных действий, не предусматривая требования промышленной безопасности. Во многих случаях это обосновано видом выполняемых работ. Но те тренажеры, которые следят за выполнением требований безопасности пользователем, делают на этом серьезный акцент [1]. А потому при создании виртуальных тренажеров,

разработчик должен не только делать упор на воссоздание реалистичных окружения и процессов, но и предусмотреть выполнение требований техники безопасности.

Задачей данной работы является создание архитектуры приложения виртуальной реальности «Виртуальный ремонтный цех», симулирующего нахождение на производственном предприятии и предусматривающий требования промышленной безопасности [2].

Задачей тренажера «Виртуальный ремонтный цех» является, прежде всего, точное воссоздание последовательности сборки, разборки и ремонтных мероприятий нефтегазового оборудования. А потому приоритет при разработке программной архитектуры приложения отдавался именно на плавное и интуитивное взаимодействие оборудования и деталей с пользователем. В решении данной проблемы ключевым стало изучение библиотеки для среды разработки игр Unity – OpenXR, что является библиотекой с открытым исходным кодом, предоставляющей широкий API для взаимодействия с множеством устройств как виртуальной реальности, так и дополненной реальности. Библиотека предоставляет удобный доступ к функционалу устройств виртуальной реальности, что сильно упрощает разработку человеко-машинного взаимодействия.

Следующим шагом в разработке было воссоздание процесса сборки и разборки деталей оборудования. Плавные анимации соединения повысили реалистичность процесса установки, однако анимацию, прежде всего, нужно было запустить в момент поднесения нужной детали к предусмотренному месту. Была разработана следующая система взаимодействия:

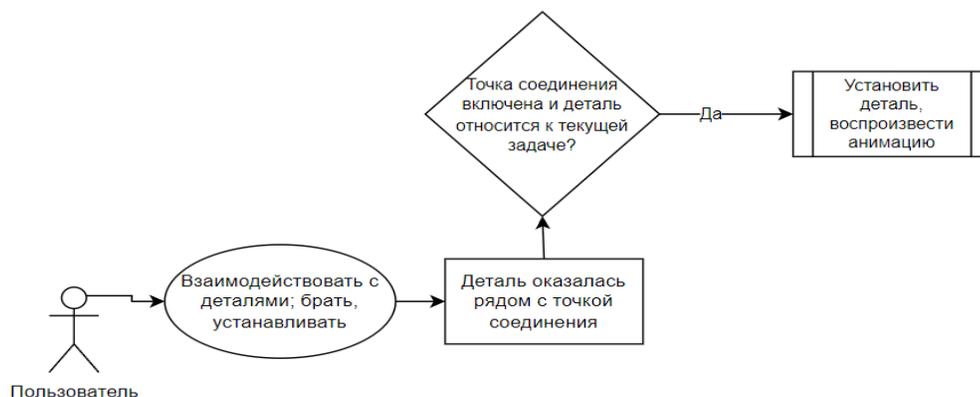


Рис. 1. Диаграмма системы взаимодействия

Пользователь мог брать в руки детали и переносить их, а когда он подносил деталь к точке соединения, которая соответствовала текущей задаче, деталь устанавливалась, проигрывая анимацию. Хотя у пользователя и не так много вариантов взаимодействия, в системе, состоящей из пользователя и детали, не было связности: пользователь мог установить любую деталь в любой момент, игнорируя обязательную последовательность действий. А потому нужно было создать связную систему из деталей и некой сущности, которой было известно о текущей задаче поставленной перед игроком для проверки точности следования сборочному процессу.

Так как основная логика в Unity завязана на Компонентной модели объектов, то достаточно было определить компоненты, которые будут относиться к конкретным объектам на сцене и взаимодействовать уже с ними: включать, выключать, позволять рассчитываться каждый кадр и так далее.

В процессе проектирования удалось выделить три модели: Деталь (Part), Точка соединения (JointPoint) и Контроллер этапов (StageController). Класс StageController в каждый момент времени знал о текущей задаче игрока, находил и активировал необходимую точку соединения. Игрок подносил нужную деталь к включенной точке соединения, проигрывалась анимация и StageController получал сообщение о успешной установке детали. Затем он переходил к следующей задаче и так до тех пор, пока установка не будет полностью завершена.

На этапе ранней разработки было подмечено, что в таких условиях каждая деталь должна иметь ссылку на StageController, а он, в свою очередь, должен знать о каждой детали. Так образовывалась сильная связь двух типов сущностей, поэтому было решено разделить ответственность этих сущностей и выделить функционал передачи друг другу сообщения в отдельные сущности, которые близки к этим классам-сущностям, а также которые имеют общего посредника. На основе этого в системе был использован паттерн проектирования Посредник (Mediator). Итоговая схема системы получилась следующая:

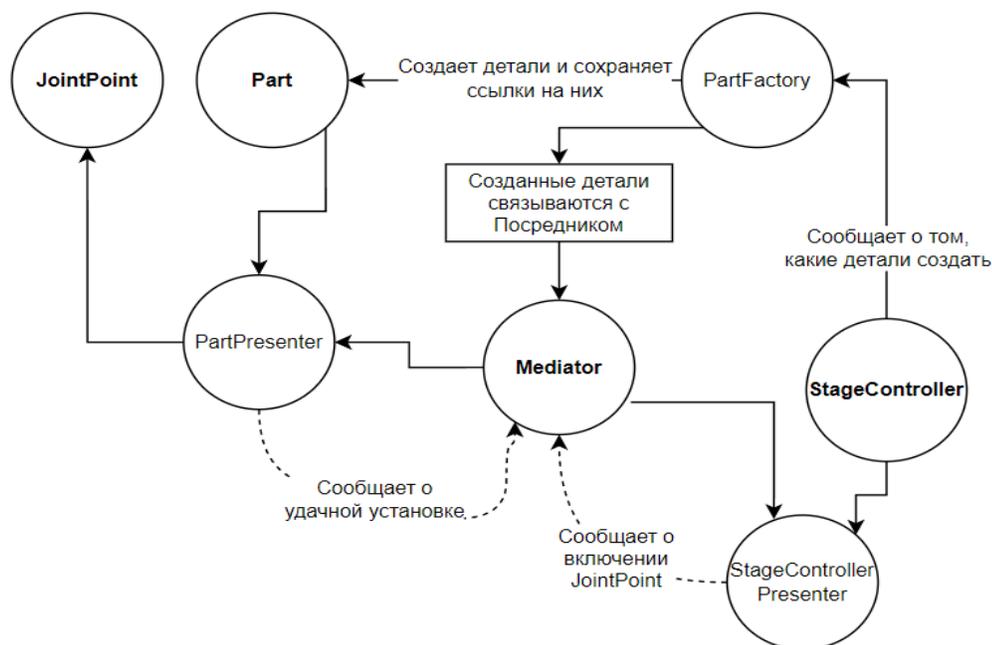


Рис. 2. Диаграмма системы с Посредником

У двух самых главных сущностей – у Part и StageController добавились сущности-представители (PartPresenter и StageControllerPresenter) которые отвечали за передачу сообщения друг другу через сущность-посредника Mediator. Эту связь обеспечивала сущность PartFactory, которая создавала объекты деталей, задавая им начальную связь с посредником. Реализовав данную систему на практике, были пройдены несколько тестов сценария сборки, которые подтвердили ее работоспособность.

Дополнительно изучая различные аналоги приложения, существующие на рынке, было решено сделать акцент на учете промышленной безопасности, что является действительно важным фактором в обучении персонала.

Были добавлены следующие аспекты техники безопасности:

- Обязательное надевание средств индивидуальной защиты (каска и очки);
- Запрет на перемещение пользователя по областям, несущих повышенную опасность;
- Запрет на бросание (падение с большой высоты) деталей.

Первые два пункта являются ситуативными, то есть происходят лишь раз за одно прохождение сценария, поэтому они были внесены в последовательность как отдельные этапы. И так как StageController должен получать сообщения о нарушении пользователем данных пунктов, то было добавлено несколько сущностей – ActionHandler (отвечает за абстрактные действия пользователя, такие как подборание предметов, прохождение к какой-либо зоне и тому подобное) и ActionHandlerPresenter (отвечает за сообщение ActionHandler с общей системой). Так же была добавлена возможность отправления сообщения через посредника о допущенной пользователем ошибке.

Хотя и добавление в существующую систему нового элемента не стало серьезной проблемой, по мере возрастания числа используемых объектов в сценарии возрастала и требуемая вычислимая мощность. Таким образом возникала большая система из нескольких десятков объектов, которые были связаны между собой и передавали сообщения через почти десяток вызовов методов.

Проведя исследование на производительность системы, был сделан вывод, что хоть структурно эта система и является довольно интуитивной, но на практике же огромное количество посредников лишь вредило конечной производительности всей системы в целом. Было принято решение о проведении оптимизации существующей архитектуры.

При анализе возможных шагов по оптимизации было замечено, что сама система посредников в подавляющем большинстве прохождения сценария используется лишь для передачи сообщений StageController. То есть эту связь можно было упростить до связи один ко многим, потому что на сцене мог существовать одновременно лишь один экземпляр сущности StageController. Данный вывод сначала натолкнул на мысль о использовании паттерна Одиночки (Singleton), но идея была быстро забракована в связи с нестабильной работой многопоточкового доступа объектов в Unity [3]. В итоге была реализована идея о вызове статических событий.

Идея состоит в том, что StageController в самом начале подписывается на события по установке детали, совершения ошибки или совершения определенного действия. Затем, так как эти события являются статическими, любой объект будет иметь простой доступ к вызову этого события без необходимости иметь прямую ссылку на объект, с возможностью простой

передачи информации через структуры-контейнеры. StageController же в свою очередь будет обрабатывать вызванные события и совершать необходимые действия.

Итоговая система выглядит следующим образом:

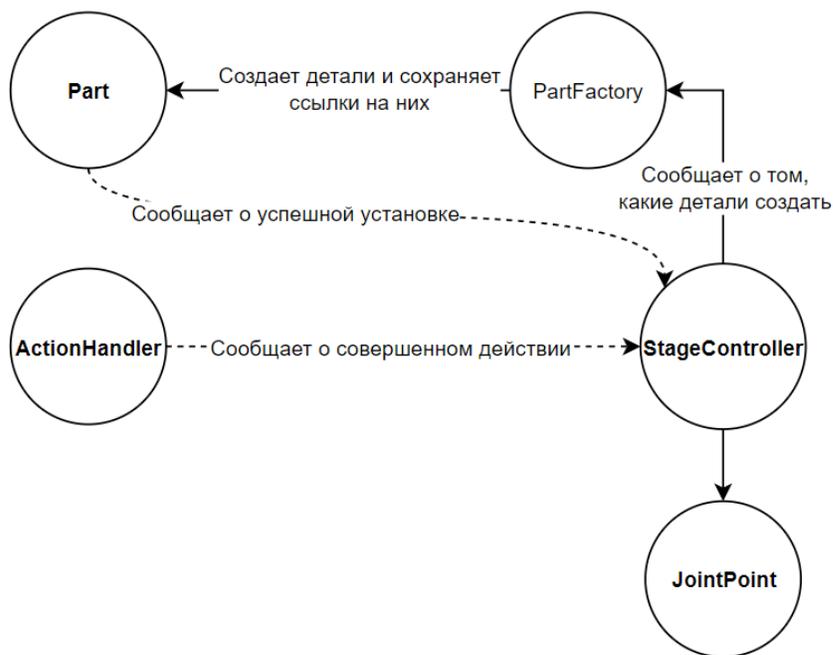


Рис. 3. Диаграмма оптимизированной системы

Таким образом, между экземплярами классов Part и StageController почти не образуется никаких связей, даже косвенных, однако возможность отправлять сообщения осталась неизменной. Такого рода оптимизация помогла не только снизить вычислительную нагрузку, но и уменьшила связь между компонентами системы, сильно упростив процесс отладки приложения.

Разработанная архитектура взаимодействия пользователя с деталями и взаимодействия деталей с окружением согласно последовательности, позволила довольно четко воссоздать процесс сборки и ремонта нефтегазового оборудования. Проведенный опрос среди студентов нефтегазовой специальности, которые проходили сценарии созданного виртуального тренажера, подтверждают успешность проектирования системы человеко-машинного взаимодействия (Рис. 4). А простота добавления в тренажер режима разборки оборудования в последующем доказала оправданность произведенных оптимизаций.

КАКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ БЫЛИ САМЫМИ ПРОСТЫМИ

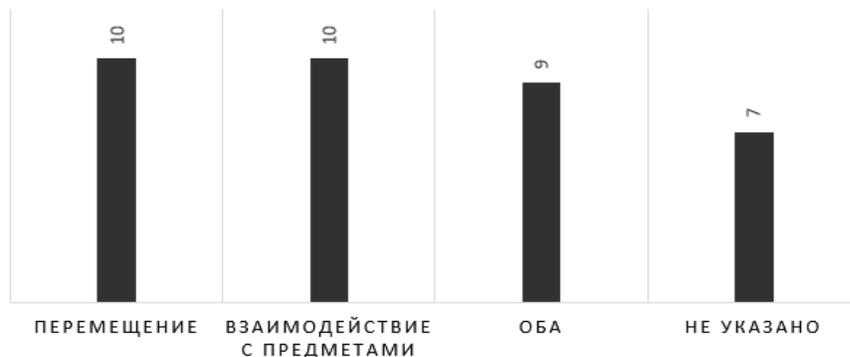


Рис. 4. Результат опроса тестируемых

Библиографический список

1. Ананенко, А.А. Создание приложения виртуальной реальности «газорегуляторный пункт VR: разработка 3D-моделей и скриптов логики приложения» / А.А. Ананенко // Электронный сборник трудов молодых специалистов Полоцкого государственного университета / Полоцкий государственный университет; ред. кол.: Д.Н. Лазовский (пред.) [и др.] . – Новополоцк: ПГУ, 2018. – Вып. 25 (96): Промышленность. – С. 113-116.

2. Корсак, И.А. Инновационное применение технологий виртуальной реальности в подготовке специалистов газовой промышленности / И.А. Корсак, А.А. Ананенко, И.М. Перельгин [и др.] // Информационные технологии в науке, образовании и производстве (ИТНОП-2018): VII Международная научно-техническая конференция. Сборник трудов конференции, Белгород, 17–19 октября 2018 года. – Белгород: ООО ГиК, 2018. – С. 265-271.

3. Линовес, Дж. Виртуальная реальность в Unity / Дж. Линовес М.: ДМК Пресс, 2016. – 316 с.

© Щербаков О.В., Пензин А.В., 2023

УДК 004

Н.Г. ДОРОФЕЕВ

ponytred@yandex.ru

Науч. руковод. – д-р техн наук, профессор кафедры ВМиК **А.Ф. ВАЛЕЕВА**

Уфимский университет науки и технологий

БИБЛИОТЕКА ПОДСИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РЕСУРСАМИ ДЛЯ ИГРОВЫХ ДВИЖКОВ

Аннотация: в статье приводится пример построения архитектуры подсистемы управления ресурсами игровых движков с возможностью гибкого расширения функциональных возможностей подсистемы, асинхронной многопоточной загрузки ресурсов, подмены ресурсов во время исполнения. Описаны базовые сущности подсистемы, процесс выполнения запросов к подсистеме.

Ключевые слова: компьютерные игры, игровой движок, игровые ресурсы, подсистема управления ресурсами.

Введение

Современные игровые проекты можно условно разделить на кодовую составляющую, состоящую из игрового движка и специфической логики игры, и наборы внешних зависимостей – массивов данных, называемых ресурсами.

Игровой движок – специализированное ПО, являющееся основой для создания игрового проекта. Движки состоят из набора взаимосвязанных подсистем, отвечающих за различные аспекты функционирования игры. В процессе исполнения игры подсистемы используют ресурсы для выполнения своей функциональности. Обеспечить доступ к ресурсам можно различными способами в зависимости от особенностей создаваемого проекта.

Ресурсы, как правило, хранятся в отдельных файлах в наиболее подходящих для этого форматах на внешних носителях. Все эти данные занимают намного больше места, чем исходный код движка или исполняемый exe-файл с библиотеками. Ресурсы создаются людьми в специализированных

программах (текстовые, 2D-, 3D- графические редакторы, аудио- и видео-редакторы), экспортируются в финальные форматы данных, которые движок может обработать, и загружаются движком во время работы.

У ресурсов можно выделить следующий ряд особенностей:

- они занимают достаточно большой объем памяти как на жестком диске, так и в оперативной памяти (довольно часто все ресурсы не могут быть загружены одновременно во время исполнения игрового движка);

- ресурсы хранятся в форматах данных отличных от тех, которые непосредственно использует игровой движок во время исполнения;

- подготовка ресурса перед его использованием может занять много процессорного времени, что приводит к неравномерному времени кадра и долгим загрузкам игры.

Как правило, игровой движок имеет отдельную подсистему – подсистему управления ресурсами, которая отвечает за обеспечение доступа к ресурсам для других подсистем движка.

Подсистема управления ресурсами отвечает за:

- минимизацию задержек на операции с ресурсами;

- поддержку множества форматов представления ресурсов;

- политики управления ресурсами.

Подсистемы управления ресурсами есть во многих программных продуктах, не имеющих связи с игровым ПО, что логично, так как основная обязанность этих подсистем – управление данными, получаемыми извне, дабы упростить код, который их использует.

Постановка задачи

Требуется разработать подсистему управления ресурсами для игровых движков в виде библиотеки со следующим набором особенностей:

1. Загружать ресурсы различных типов единым образом.

2. Ускорять обработку ресурсов и минимизировать задержки на запросы за счет использования многопоточных асинхронных операций создания ресурсов.

3. Динамически управлять состоянием ресурсов (загружать, выгружать).

4. Архитектура подсистемы должна быть адаптирована для упрощенного внедрения поддержки иных типов ресурсов и политик управления ими.

Библиотека разработана на языке программирования Java 8 с использованием графической библиотеки LWJGL 2.9.3.

Интерфейсы подсистемы. Для реализации подсистемы выделены следующие базовые сущности, представленные на *рис. 1*:

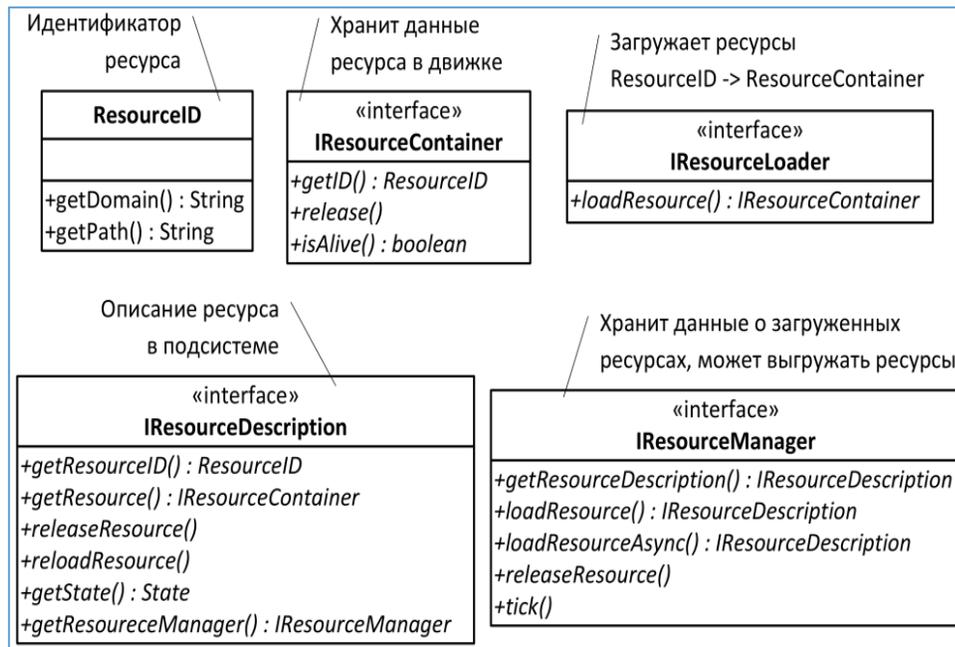


Рис. 1. Базовые сущности подсистемы

- ResourceID – идентификатор ресурса в подсистеме. Идентификаторы используются для выполнения запросов на доступ к ресурсам.

- IResourceContainer (далее – контейнер) – объекты, реализующие интерфейс контейнера, хранят данные ресурсов в процессе игры в пригодном для использования игровым движком виде. Конкретный тип контейнера зависит от типа хранимого ресурса, поэтому в интерфейс выделены лишь самые общие методы. Другими словами контейнеры – представление данных ресурса в игровом движке.

- IResourceLoader (далее – загрузчик) – объекты, реализующие интерфейс загрузчика, отвечают за подготовку контейнера ресурсов. Как правило,

подготовка заключается в загрузке ресурса из файла и трансформации данных под формат конкретного контейнера.

- `IResourceDescription` (далее – дескриптор) и `IResourceManager` (далее - менеджер) представляют собой две стороны управления ресурсами. Наследники интерфейса `IResourceDescription` отвечают за отдельный ресурс. Они хранят данные о состоянии соответствующего ресурса, имеют набор методов для простого управления ресурсом. Объекты, реализующие интерфейс `IResourceManager`, реализуют политики управления наборами ресурсов. Они могут самостоятельно обновлять состояние ресурсов, которые были загружены через них.

Состояние ресурсов. Представление ресурса в игровом движке может находиться в одном из 4 состояний, представленных на *рис. 2*.

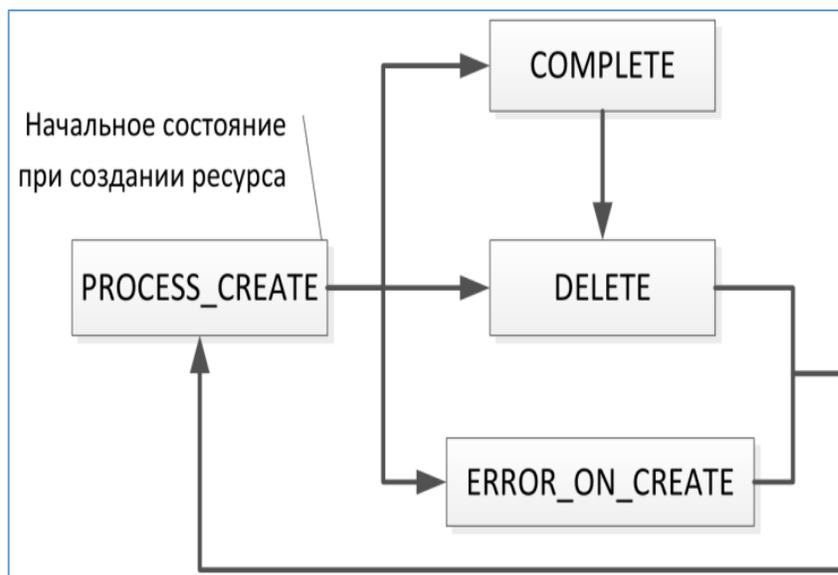


Рис. 2. Диаграмма состояний ресурсов

Состояние ресурса хранится в соответствующем дескрипторе, откуда может быть извлечено внешней подсистемой для проверки возможности использования контейнера ресурсов. Состояние ресурса может меняться согласно переходам на диаграмме динамически во время исполнения движка. Описание:

- `PROCESS_CREATE` – контейнер ресурса находится в процессе создания;

- `COMPLETE` – контейнер готов к использованию;

- DELETE – контейнер когда-либо существовал, но был удален;
- ERROR_ON_CREATE – ошибка при создании контейнера.

Взаимодействие с подсистемой управления ресурсами

Для подсистем движка, использующих ресурсы, интерес представляют два ключевых объекта: контейнер и дескриптор ресурсов. При загрузке ресурса выполняется следующая последовательность операций (представлена на *рис. 3*):

1. Внешняя подсистема делает запрос на получение ресурса к одному из менеджеров.
2. Менеджер создает дескриптор ресурса и получает контейнер путем вызова загрузчика.
3. Данные о контейнере записываются в дескриптор.
4. Готовый дескриптор выдается в качестве ответа на запрос внешней подсистеме.

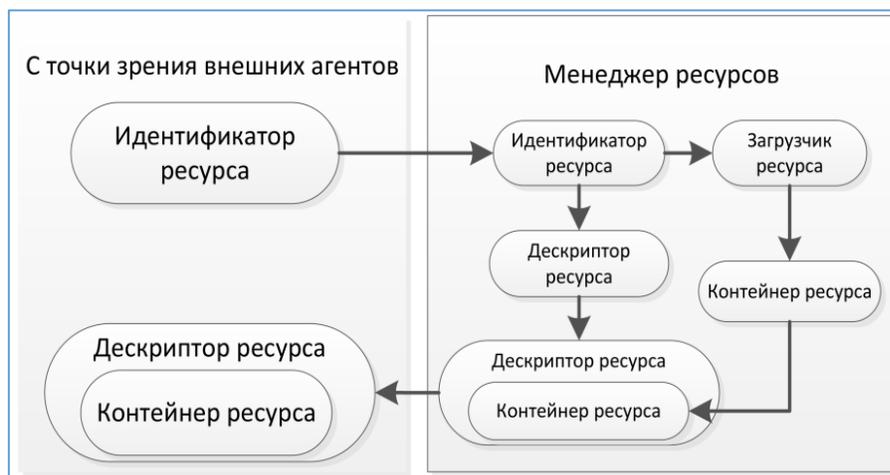


Рис. 3. Диаграмма исполнения запроса на загрузку ресурса

Важно отметить, что внешняя подсистема получает именно дескриптор, откуда может быть извлечен контейнер с данными ресурса.

Дескрипторы, помимо описания состояния, выполняют еще одну важную функцию – они служат косвенным указателем на контейнер ресурсов. Это необходимо для динамического управления состоянием контейнеров, к примеру: освобождение (удаление) контейнера при долгом неиспользовании. При этом, если данные ресурса снова понадобятся, ресурс может быть заново загружен и помещен в новый объект контейнера, но ссылка на него будет храниться в том же дескрипторе.

С помощью дескрипторов также можно реализовать подмену контейнеров ресурсов. Данный прием можно использовать для тех типов ресурсов, где хранимые данные не влияют на то, как они будут обрабатываться (примером может служить текстуры). Исходный контейнер с ресурсом может быть удален (или получена ошибка при создании контейнера), в таком случае в дескриптор помещается ссылка на контейнер «по умолчанию», «заглушка».

На *рис. 4* представлена диаграмма исполнения запроса асинхронной загрузки ресурса:



Рис. 4. Диаграмма исполнения запроса асинхронной загрузки ресурса

Асинхронная загрузка может быть полезна для тех случаев, когда требуется минимизировать задержку тяжелой операции создания ресурса для основного потока игры путем ее исполнения в отдельном потоке. При асинхронном запросе внешняя подсистема получает дескриптор без контейнера или с контейнером-заглушкой. Требуемый контейнер автоматически помещается в дескриптор после создания.

Удаление контейнера также выполняется с замещением контейнера, этот процесс представлен на *рис. 5*:



Рис. 5. Диаграмма исполнения запроса на удаление контейнера ресурса

Пример взаимодействия с подсистемой управления ресурсами

Наглядный пример взаимодействия с ресурсами представлен на рис. 6:

```

IResourceManager<TextureResource> rManager = ClientConstants.DDS_TEXTURE_RM;

ResourceID rID = ResourceID.getResourceID( domain: "root", path: "mods/some_texture.dds");
IResourceDescription<TextureResource> rDescription = rManager.loadResource(rID);

TextureResource textureContainer = rDescription.getResource();

//код, использующий текстуру

rDescription.releaseResource();

```

Рис. 6. Пример использования ресурсов

Здесь выполнены следующие операции:

1. Получение объекта менеджера ресурсов.
2. Формирование идентификатора ресурса.
3. Получение дескриптора ресурса через менеджер.
4. Использование ресурса.

Далее приведен пример добавления поддержки новых типов ресурсов (рис. 7):

```

IResourceLoader<TextureResource> loader = new DDSTextureLoader();
IResourceLoader<TextureResource> asyncLoader = new GLThreadedLoaderDecorator<>(loader);

IResourceManager<TextureResource> ddsTextureManager = new CommonResourceManager<>(loader, asyncLoader, defaultTexture, CommonConstants.config);
ResourceManagerAPI.registerResourceManager(ddsTextureManager);

```

Рис. 7. Пример добавления нового типа ресурса в подсистему

В примере описаны следующие операции:

1. Создание объекта синхронного загрузчика;
2. Создание объекта асинхронного загрузчика (опционально);
3. Создание объекта менеджера ресурсов, инициализировав его:
 - загрузчиком;
 - асинхронным загрузчиком (опционально);
 - ресурсом по умолчанию (опционально);
 - объектом с данными конфигурации;
4. Регистрация менеджера ресурсов.

Заключение

В статье рассмотрен пример архитектуры подсистемы управления ресурсами для игровых движков, разработанной под требования динамического управления ресурсами, многопоточных асинхронных операций загрузки и простоты добавления нового функционала. Итоговая подсистема состоит из 5 базовых сущностей, интерфейсы которых формируют логику ее использования. Сторонние подсистемы игровых движков с помощью разработанной подсистемы могут взаимодействовать с ресурсами с минимальным количеством операций и полным абстрагированием от деталей процесса их получения.

Библиографический список

1. Грегори Джейсон. Игровой движок. Программирование и внутреннее устройство. 3-е издание. / Грегори Джейсон. – СПб.: Питер, 2021. – 1136 с. ISBN 978-5-4461-1134-3.
2. Менеджер ресурсов. URL: <https://habr.com/ru/articles/51403/>.
3. Timo Luukkonen. Resource Management in Game Engine Development. URL: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/101246/Luukkonen_Timo.pdf
4. Шилдт, Герберт. Java 8. Полное руководство, 9-е изд. / Герберт Шилдт. – М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2015. – 1376 с. ISBN 978-5-8459-1918-2.
5. Гетц, Брайан. Java Concurrency на практике. / Брайан Гетц, Тим Пайерлс и другие. – СПб.: Питер, 2020. – С. 155-238. ISBN 978-5-4461-1314-9.

© Дорофеев Н.Г., 2023

Р.О. САЙФУЛЛИН, Е.Р. ШАЙМАРДАНОВА

ugatu.saifullin@gmail.com, shaymardanova.ekaterina.04@gmail.com

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

Уфимский университет науки и технологий

БИКУБИЧЕСКАЯ ИНТЕРПОЛЯЦИЯ

Аннотация: в статье приведено описание задачи интерполяции и одного из методов ее решения, а именно кубического многочлена Лагранжа. Показано, как происходит обобщение кубической интерполяции на трёхмерное пространство, и решается задача бикубической интерполяции. Рассмотрены области использования метода бикубической интерполяции, которые достаточно разнообразны. Описано возможное применение этого метода для масштабирования изображений.

Ключевые слова: математическое моделирование, численные методы, интерполяция, кубическая интерполяция, бикубическая интерполяция.

Введение

Бикубическая интерполяция является обобщением кубической. Она используется при решении обширного списка задач. Например, бикубическая интерполяция применяется в механике твёрдого тела для аппроксимации его поверхности на основе геометрических параметров. Это позволяет определить напряжения и деформации в конкретных точках на поверхности.

Также бикубическая интерполяция используется в аэродинамике для аппроксимации расчета параметров потока воздуха на поверхности объекта. С помощью данного метода определяют коэффициенты лобового сопротивления и другие параметры, влияющие на аэродинамические свойства объекта.

В кристаллографии бикубическая интерполяция находит применение в расчетах кристаллических структур на основе их геометрических параметров, что необходимо для определения свойства кристаллических материалов, такие как теплопроводность и оптические свойства.

Кроме того, бикубическая интерполяция используется в оптике для аппроксимации параметров линз и других оптических элементов, что дает возможность определить свойства оптических систем, такие как фокусное расстояние и аберрации.

Бикубическая интерполяция применяется в медицинской томографии для восстановления трехмерной модели органов и тканей на основе снимков. Это позволяет определить размеры и форму органов, а также обнаружить патологии и другие аномалии.

В геоинформатике бикубическая интерполяция используется для предсказания свойств земной поверхности на основе её геометрических параметров. Таким образом создаются карты высот, предсказываются месторождения и проводятся другие геоинформационные исследования.

Бикубическая интерполяция используется в астрономии для расчёта параметров астрономических объектов при определении расстояний, размеров и других величин.

В метеорологии бикубическая интерполяция применяется для аппроксимации параметров моделирования атмосферы. Это позволяет определить температуру, давление и другие параметры атмосферы в конкретных точках.

Бикубическая интерполяция также применяется в фотографии для увеличения или уменьшения размера изображения. Это дает возможность сохранить качество изображения при изменении его размера, заполняя пропущенные пиксели на основе соседних пикселей.

Описание метода бикубической интерполяции

Одним из решений задачи интерполяции является интерполяционный многочлен Лагранжа

$$P_n(x) = L_n(x) = \sum_{j=k}^{k+n} y_j \prod_{\substack{i=j \\ i \neq k}}^{k+n} \frac{x-x_i}{x_j-x_i}. \quad (1)$$

Согласно формуле (1), интерполяционный полином Лагранжа третьей степени выглядит следующим образом

$$L_3(x) = \frac{(x-x_{k+1})(x-x_{k+2})(x-x_{k+3})}{(x_k-x_{k+1})(x_k-x_{k+2})(x_k-x_{k+3})} y_k + \frac{(x-x_k)(x-x_{k+2})(x-x_{k+3})}{(x_{k+1}-x_k)(x_{k+1}-x_{k+2})(x_{k+1}-x_{k+3})} y_{k+1} +$$

$$\begin{aligned}
& \frac{+(x-x_k)(x-x_{k+1})(x-x_{k+3})}{(x_{k+2}-x_k)(x_{k+2}-x_{k+1})(x_{k+2}-x_{k+3})} y_{k+2} \\
& + \frac{(x-x_k)(x-x_{k+1})(x-x_{k+2})}{(x_{k+3}-x_k)(x_{k+3}-x_{k+1})(x_{k+3}-x_{k+2})} y_{k+3}
\end{aligned}$$

Нетрудно заметить, что структура многочлена Лагранжа такова, что для каждой узловой точки $x=x_j$ из входящих в набор используемых формулой узловых точек, только одно слагаемое отлично от нуля и именно то, в которое входит y_j . Кроме того, дробь, входящая в это отличное от нуля слагаемое, равна единице. Поэтому $L_n(x_j) = y_j$.

Обобщение кубической интерполяции на трехмерное пространство осуществляется следующим образом.

- 1) Искомая точка вычисляется на сетке из 16 точек Q_{ij} при $i, j = 1, 2, 3, 4$.
- 2) Применяется кубическая интерполяция для нахождения точек R_i при

$$i = 1, 2, 3, 4.$$

- 3) Применяется кубическая интерполяция для отыскания искомой точки P по вспомогательным точкам.

Графическая интерпретация бикубической интерполяции представлена рисунке 3.

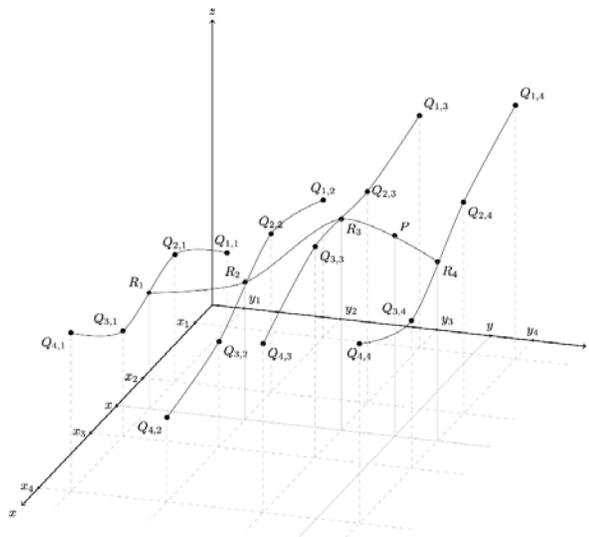


Рис. 3. Бикубическая интерполяция

Масштабирование изображений

Интерполяция является одним из простых и часто используемых инструментов для обработки изображений.

Интерполяция изображений происходит на определённом этапе во всех цифровых растровых фотографиях. Она необходима при изменении размера, при развёртке изображения из одной сетки пикселей в другую и т.д.

Итерация расчёта промежуточных точек на основе бикубической интерполяции работает с 16 точками и поэтому этот алгоритм интерполяции даёт более плавные изображения, чем билинейная, и является оптимальной по соотношению времени обработки и качества на выходе.

Заключение

Таким образом, на основе общей формулы интерполяционного многочлена Лагранжа был построен полином третьей степени. Далее было осуществлено обобщение кубической интерполяции на трехмерное пространство, что позволило применить интерполяцию для масштабирования изображений.

Библиографический список

1. Бахвалов Н.С., Жидков Н.П., Кобельков Г.М. Численные методы. М.: Наука, 2004. 636 с.
2. Волков Е. А. Численные методы. 2-е изд. испр. и доп. М.: Наука, 1988. 248 с.
3. Житников В.П., Шерыхалина Н.М. Методы верификации математических моделей в условиях неопределенности // Вестник УГАТУ. 2000. № 2. – С. 53–60.
4. Житников В.П., Шерыхалина Н.М. Многокомпонентный анализ численных результатов // LAP LAMBERT Academic Publishing, Germany, 2012. 389 с.
5. 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.
6. Марчук Г.И. Методы вычислительной математики. М.: Наука, 1977. 456 с.
7. Математический энциклопедический словарь. М.: Сов.энцикл. 1988. – 847 с.
8. Шерыхалина Н.М. Методы обработки результатов численного эксперимента для увеличения их точности и надежности // Вестник УГАТУ (сер. Управление, вычислит.техника и информатика), 2007. Т. 9, №2 (20). – С. 127–137.

9. 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.

10. 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.

11. Житников В.П., Шерыхалина Н.М. Повышение достоверности численных результатов // Управление в сложных системах: Межвуз. науч. сб. –Уфа: УГАТУ, 2002. – С. 233–244.

12. Кулиш У., Рац Д., Хаммер Р., Хокс М. Достоверные вычисления. Базовые численные методы: Пер. с англ. Москва-Ижевск: РХД, 2005. – 495 с.

© Сайфуллин Р.О., Шаймарданова Е.Р., 2023

УДК 004.42

Э.Р. ГАБДРАХМАНОВ

erikgab01@gmail.com

Науч. руковод. – д-р техн. наук, доцент **М.Р. БОГДАНОВ**

Уфимский университет науки и технологий

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ СОВМЕСТНОГО ПРОСЛУШИВАНИЯ МУЗЫКИ

Аннотация: данная статья посвящена описанию разработке веб-приложения для совместного прослушивания музыки. В статье отражена постановка задачи, структура её решения, разработка алгоритма синхронизация, представлен интерфейс приложения.

Ключевые слова: программное обеспечение; веб-приложение; музыка; синхронизация пользователей; Python; Django; jQuery; WebSocket.

Введение

Медиа и индустрия развлечений играют важную роль в формировании культуры и предоставляют людям способы расслабиться и пообщаться с друзьями.

С развитием технологий, всё больше людей находят друзей по всему миру и общаются виртуально, не имея возможности встретиться вживую.

Для таких людей было разработано веб-приложение, позволяющее совместно прослушивать музыку.

Постановка задачи и структура решения

Формальной постановке задачи соответствует контекстная диаграмма методологии IDEF0, приведенная на рисунке 1.



Рисунок 1 – Формальная постановка задачи

На вход поступают логин и пароль пользователя для авторизации / регистрации, информация о действиях пользователя для работы системы. Управляющее воздействие оказывают список событий системы и закон РФ о защите персональных данных. Механизмами для работы с событиями являются программно-технические средства и пользователь. На выходе получаем статистику по комнате и список комнат.

Структуре решения поставленной задачи соответствует ее разбиение на подзадачи, представленное на диаграмме методологии IDEF0, изображенной на рисунке 2.

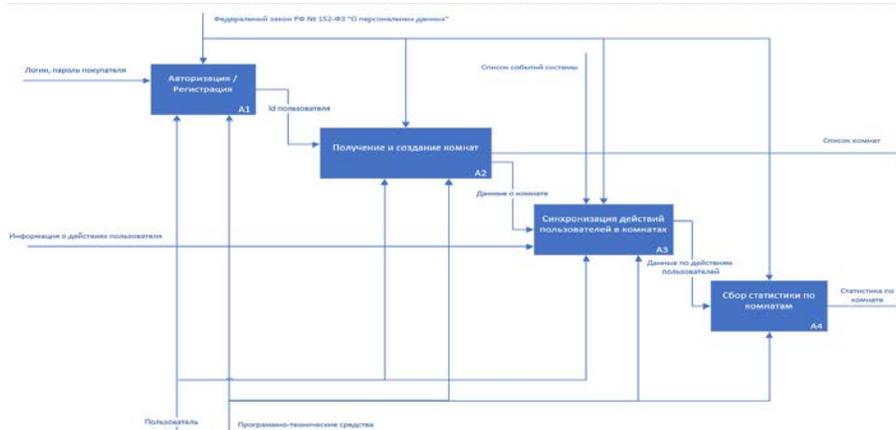


Рисунок 2 – Структура решения задачи

На первом этапе происходит авторизация / регистрация пользователя ранее введенными данными.

Далее пользователь получает список комнат и может создать новую комнату.

Затем все действия пользователей в комнате синхронизируется, обеспечивает возможность совместного прослушивания музыки.

В конце, после удаления комнаты, собирается статистика по данной комнате: сколько пользователей заходило, какие треки загружали и т.д.

Алгоритм синхронизации

Для описания алгоритма синхронизации пользователей в комнате была составлена диаграмма последовательности нотации UML.

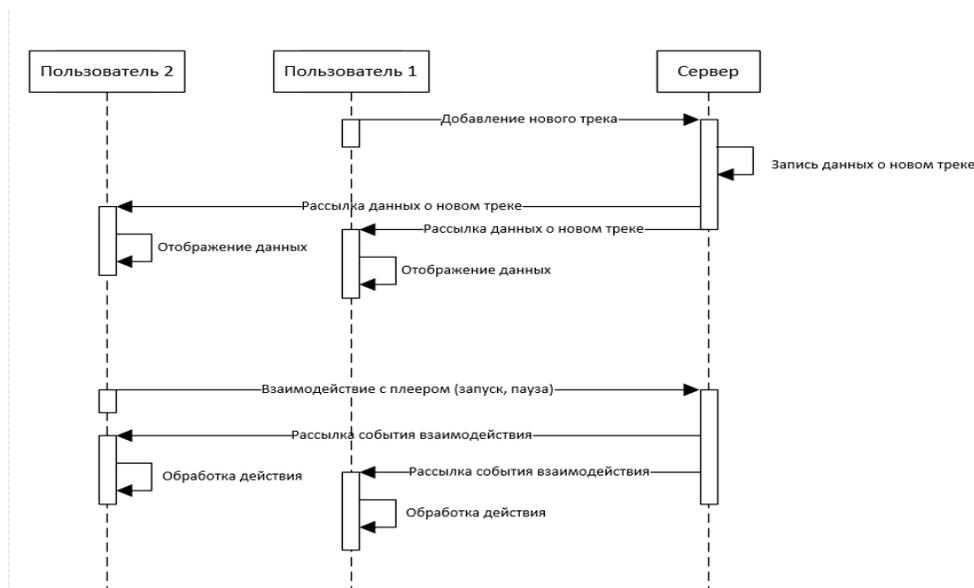


Рисунок 3 – Диаграмма последовательности синхронизации пользователей в комнате

Предусловие – созданная комната с пользователями

Языки программирования и инструментальные средства разработки

В качестве языков программирования был выбран JavaScript для клиентской части и Python для серверной. Выбор JavaScript обусловлен более простой сборкой и запуском приложения, т.к. все остальные альтернативы так или иначе транпилируются в JavaScript, что добавляет дополнительный этап в сборку проекта. К тому же, функциональности JavaScript достаточно для решения данной задачи. Python прост в изучении и предоставляет достаточно средств для разработки серверных решений.

Библиотека для клиентской части – jQuery, т.к. она легковесная, а это значит, что для её работы не требуется много ресурсов. Это делает её хорошим

выбором, поскольку приложение должно быстро загружаться и работать, особенно на мобильных устройствах [2]. Фреймворк для серверной части – Django, т.к. он предоставляет необходимую функциональность “из коробки” и позволяет быстро и эффективно разрабатывать серверные решения [6].

В качестве СУБД был выбран PostgreSQL, т.к. он имеет удобные утилиты для управления базой данных (pgAdmin) [3].

Среда разработки Visual Studio Code. Выбор по большей части зависит от предпочтений разработчика [4].

Для синхронизации пользователей стандартный веб протокол HTTP не подходит, т.к. необходимо постоянное двустороннее соединение между клиентом и сервером, а HTTP работает по принципу "запрос-ответ", причем только от клиента к серверу. Поэтому был использован протокол WebSocket.

WebSocket

WebSocket – это протокол, обеспечивающий двустороннюю связь между клиентом и сервером в режиме реального времени через одно долгоживущее соединение. Он предназначен для обеспечения более эффективного и оперативного способа передачи данных между веб-клиентом (например, браузером) и сервером (рис. 4).

В отличие от традиционных HTTP-запросов, которые не имеют состояния и требуют установки нового соединения для каждого цикла запроса/ответа, WebSocket создают постоянное соединение между клиентом и сервером. Это позволяет передавать данные в режиме реального времени без необходимости постоянного или длительного опроса (polling, long-polling) [5].

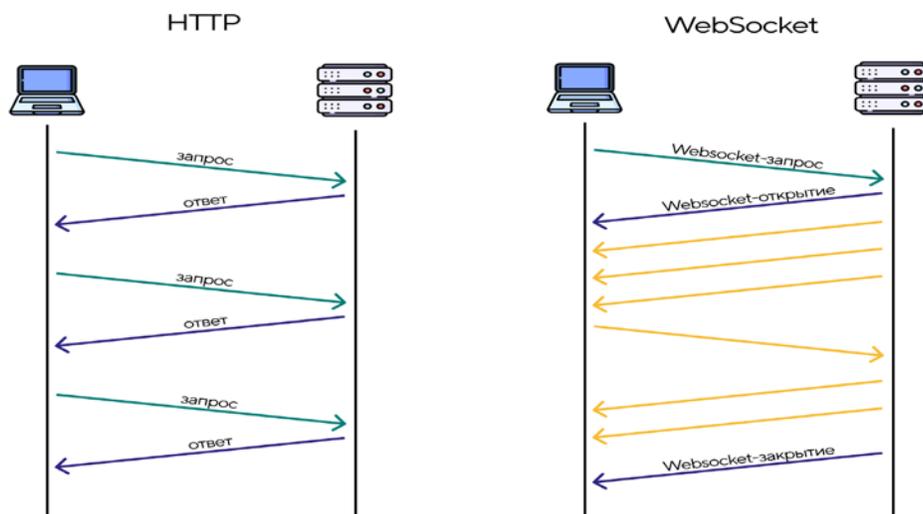


Рисунок 4 – Схема работы WebSocket протокола

В приложении WebSocket необходимы для синхронизации пользователей в комнате.

Для работы с WebSocket будем использовать библиотеку Django Channels на сервере и стандартный объект WebSocket на клиенте (рис. 5 - 6)[1].

```
// connect function is called only when player is ready
function connect() {
  roomSocket = new WebSocket(connectionString);
  roomSocket.onopen = () => {
    showContent();
    console.log("WebSocket connection created.");
    roomSocket.send(
      JSON.stringify({
        event: "CONNECT",
        message: users.username,
      })
    );
  };
};
```

Рисунок 5 – Пример открытия WebSocket соединения на клиенте

```
async def connect_user(self):
    """
    Removes old connections of the same user and adds them as listener.
    """
    if self.user.is_authenticated:
        # Remove all previous connections of the same user if they exist
        await self._remove_old_connections()
        # Join groups
        for group_name in [self.room_group_name, self.user_group_name]:
            await self.channel_layer.group_add(group_name, self.channel_name)
        # Add new listener
        await RoomRepository.add_listener(self.room_id, self.user.id)
```

Рисунок 6 – Пример открытия WebSocket соединения на сервере

Интерфейс приложения

Комната состоит из четырех частей: элементы управления плеером, чат для общения внутри комнаты, управление плейлистом комнаты, список пользователей в комнате (рис. 7).

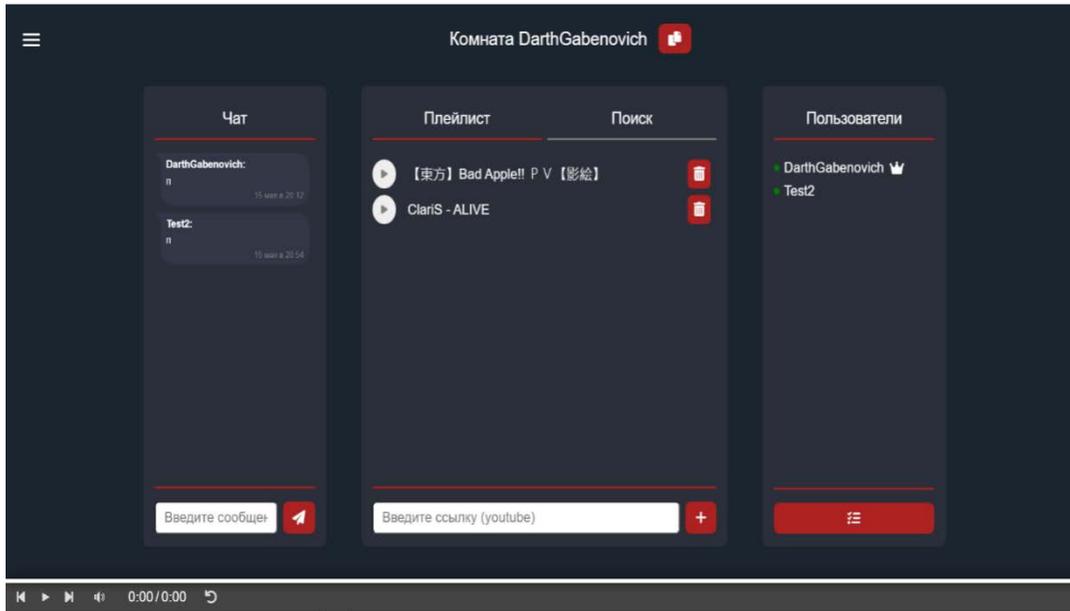


Рисунок 7 – Интерфейс комнаты

Библиографический список

1. Django Channels documentation // Django Channels: [сайт]. – 2023. – URL: <https://channels.readthedocs.io/en/latest/>
2. jQuery documentation // jQuery: [сайт]. – 2023. – URL: <https://jquery.com/>
3. PostgreSQL: The world's most advanced open source database// PostgreSQL: [сайт]. – 2023. – URL: <https://www.postgresql.org/>
4. Visual Studio Code - Code Editing. Redefined// VisualStudio: [сайт]. – 2023. – URL: <https://code.visualstudio.com/>
5. WebSocket // Javascript.ru: [сайт]. – 2023. – URL: <https://learn.javascript.ru/websocket>
6. Руководство по Django // Metanit: [сайт]. – 2023. – URL: <https://metanit.com/python/django/>

© Габдрахманов Э.Р., 2023

УДК 519.6

А.Ю. СИЛЕЗНЕВА

silezneva.anastasia@gmail.com

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

Уфимский университет науки и технологий

**ВОССТАНОВЛЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ.
ВЫЧИСЛЕНИЕ ЗНАЧЕНИЙ МНОГОЧЛЕНА. СХЕМА ГОРНЕРА.
ВЫЧИСЛЕНИЕ ТРАНСЦЕНДЕНТНЫХ ФУНКЦИЙ**

Аннотация: в данном тексте рассматривается метод вычисления значений алгебраических многочленов с использованием схемы Горнера. Этот метод позволяет вычислять значения многочлена при определенном значении переменной с минимальным количеством арифметических операций. Для четных многочленов используется специальная форма вычислений, а для вычисления трансцендентных функций, таких как $\sin(x)$, используются ряды Тейлора с учетом периодичности функций и методы уменьшения погрешности.

Ключевые слова: схема Горнера, алгебраический многочлен, трансцендентные функции, ряды Тейлора, погрешность вычислений, округление чисел.

Схема Горнера.

Рассмотрим алгебраический многочлен

$$P_n(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_nx^n, \quad (1)$$

где a_0, a_1, \dots, a_n - числовые коэффициенты, n – степень многочлена. Для вычисления значения многочлена при определенном значении $x = a$ существует несколько подходов.

Можно начать, например, с вычисления степеней числа a с использованием $n - 1$ умножений, получив тем самым, значения a, a^2, \dots, a^n . Затем, согласно формуле (1), где $x = a$, выполнить еще n умножений и n сложений, получить $P_n(a)$. Этот метод, который на первый взгляд кажется самым естественным, обычно требует выполнения $3n - 1$ арифметических действий в общем случае при $n \geq 1$.

Однако более экономно значения многочлена находятся, если его записать следующим образом:

$$P_n(x) = a_0 + x(a_1 + x(a_2 + \dots + x(a_{n-2} + xa_n) \dots)). \quad (2)$$

Согласно формуле (2), вычисление значения $P_n(a)$ сводится к последовательному нахождению следующих величин (3):

$$\begin{aligned} b_n &= a_n, \\ b_{n-1} &= a_{n-1} + ab_n, \\ b_{n-2} &= a_{n-2} + ab_{n-1}, \\ &\dots\dots\dots \\ b_1 &= a_1 + ab_2, \\ b_0 &= a_0 + ab_1 = P_n(a). \end{aligned} \quad (3)$$

Способ вычисления значения многочлена с использованием формулы (3), известный как схема Горнера (по формуле (2)), позволяет выполнить расчеты с помощью n умножений и n сложений, всего за $2n$ арифметических операций. Можно доказать, что в общем случае нет способа вычислить алгебраический многочлен степени n с меньшим числом арифметических операций, чем $2n$. Схема Горнера также удобна для компьютерной реализации из-за цикличности вычислений. Ей достаточно хранить только коэффициенты многочлена и значение аргумента, и всего лишь одну промежуточную величину, такую как b_i или ab_i при текущем $i = n, n - 1, \dots, 0$.

Ручные вычисления значения многочлена по схеме Горнера обычно сопровождаются следующей таблицей:

$$\begin{array}{cccccc} & a_n & a_{n-1} & a_{n-2} & \dots & a_0 \\ + & & ab_n & ab_{n-1} & \dots & ab_1 \\ \hline b_n = a_n & b_{n-1} & b_{n-2} & \dots & b_0 = P_n(a) & \end{array}$$

Если заданный многочлен есть четная функция, то есть $n = 2k$ и $P_{2k}(x) = a_0 + a_2x^2 + \dots + a_{2k}x^{2k}$, то его удобно вычислять по формуле

$$P_{2k}(x) = a_0 + x^2(a_2 + x^2(a_4 + \dots + x^2(a_{2k-4} + x^2(a_{2k-2} + x^2a_{2k})) \dots)), \quad (4)$$

а если многочлен является нечетной функцией, то есть $n = 2k + 1$ и $P_{2k+1}(x) = a_1x + a_3x^3 + \dots + a_{2k+1}x^{2k+1}$, то для вычислений его следует привести к виду

$$P_{2k+1}(x) = x(a_1 + x^2(a_3 + \dots + x^2(a_{2k-3} + x^2(a_{2k-1} + x^2a_{2k+1})) \dots)). \quad (5)$$

В заключение стоит отметить, что при вычислении многочленов с очень большими коэффициентами на компьютере по схеме Горнера (с использованием формул (2), (4) или (5)) могут возникнуть значительные ошибки из-за округления больших чисел при вычитаниях. Иногда можно избежать потери точности, применяя рекуррентные формулы. Это позволяет улучшить точность вычислений и обеспечить более надежные результаты, особенно при работе с высокими степенями многочленов и большими числами.

Вычисление трансцендентных функций

Любая функция может быть приближенно представлена в виде алгебраического многочлена. Для этого нужно решить три задачи:

- 1) найти коэффициенты многочлена;
- 2) найти оценку погрешности (разницы между точным значением искомой функции и полученным значением многочлена);
- 3) найти способ управления параметрами алгоритма для получения решения с заданной точностью.

Для функций типа $\sin x$ и $\cos x$ все три задачи одновременно решаются с помощью формулы Тейлора:

$$f(x) = f(x_0) + \frac{f'(x_0)}{1!}(x - x_0) + \frac{f''(x_0)}{2!}(x - x_0)^2 + \dots + \frac{f^{(n)}(x_0)}{n!}(x - x_0)^n + \frac{f^{(n+1)}(\xi)}{(n+1)!}(x - x_0)^{n+1},$$

где ξ - некоторая точка, лежащая между x и x_0 при $x \neq x_0$.

Совокупность всех слагаемых, кроме последнего представляет собой алгебраический многочлен относительно разности. Последнее слагаемое - остаточный член формулы Тейлора в форме Лагранжа - может служить оценкой погрешности, если известна верхняя оценка модуля $|f^{(n+1)}(\xi)|$.

Для $\sin x$ и $\cos x$ любая производная по модулю не превосходит единицы. Поэтому при $n \rightarrow \infty$ для $\sin x$ и $\cos x$ остаточный член стремится к нулю при любых x и x_0 . Поэтому за счет выбора n можно достичь любой заданной точности.

Таким образом, чтобы определить искомую функцию, нужно найти значение самой этой функции и ее производных в некоторой точке x_0 . Кажется, что эта задача сложнее, чем исходная, но решается она просто. Нужно выбрать x_0 так, чтобы значение функции и всех ее производных в этой

точке были известны. Например, для функции $\sin x$ в точке $x_0 = 0$: $f(x_0) = 0$, $f'(x_0) = 1$, $f''(x_0) = 0$, $f'''(x_0) = -1$ и так далее. Разложение функции $\sin x$ по формуле Тейлора имеет вид:

$$\sin x = x - \frac{x^3}{3!} + \frac{x^5}{5!} - \frac{x^7}{7!} + \dots$$

Алгоритм вычисления $\sin x$:

```

sin:=0; u:=x; k:=1;
while abs(u)>ε do
begin
  sin:=sin+u;
  u:=-u*x*x/(2*k*(2*k+1));
  k:=k+1;
end;

```

Однако, вычисления по этому алгоритму не всегда приводят к хорошему результату. Например, при использовании одинарной точности получаем $\sin 25 \approx 25$. Результат абсурдный, так как погрешность во много раз превосходит сам результат.

С точки зрения математического анализа все сказанное выше верно. Причину ошибки надо искать в накоплении погрешности округления, связанной с ограниченной разрядностью мантииссы.

Рассмотрим порядок вычислений по этой формуле:

$$\sin 25 = 25 - 25 \frac{625}{6} + 25 \frac{625}{6} \frac{625}{20} - 25 \frac{625}{6} \frac{625}{20} \frac{625}{42} + \dots$$

То есть модуль слагаемого в начале очень быстро растет, достигает максимума примерно равного 10^{10} при $k=12$, затем начинает убывать и стремится к нулю. Но при одинарной точности длина мантииссы в условном десятичном представлении не превышает восьми разрядов. Двух десятичных разрядов не хватает даже для представления целой части суммы. Поэтому погрешность и представляется двузначным десятичным числом.

Чтобы уменьшить погрешность, можно использовать свойства искомой функции, в данном случае периодичность:

$$\sin 25 = \sin(25 - 8\pi) \approx \sin(-0,132741)$$

Разница $(25 - 8\pi)$ по модулю меньше 1. Поэтому с возрастанием номера слагаемого происходит его быстрое убывание, так как числитель уменьшается, а знаменатель растет. Достаточно точный результат получается при малом числе слагаемых, и погрешность округления мала, поскольку малы сами слагаемые.

Для уменьшения значения аргумента в других случаях можно использовать известные тригонометрические формулы:

$$\sin(\pi \pm x) = \mp \sin x, \quad \sin\left(\frac{\pi}{2} \pm x\right) = \mp \cos x,$$

что позволяет всегда вычислять суммы от аргументов $|x| \leq \frac{\pi}{4} < 1$.

Однако, разность $(25 - 8\pi)$ имеет погрешность на два порядка превышающую единицу последнего разряда. Поясним это на схеме:

$$\begin{array}{r} + \\ - \\ = \end{array} \begin{array}{l} \boxed{+} \boxed{2} \boxed{5} \boxed{0} \boxed{0} \boxed{0} \boxed{0} \boxed{0} \boxed{0} \boxed{0} + \boxed{0} \boxed{2} \\ \boxed{+} \boxed{2} \boxed{5} \boxed{1} \boxed{3} \boxed{2} \boxed{7} \boxed{4} \boxed{1} + \boxed{0} \boxed{2} \\ \boxed{-} \boxed{0} \boxed{0} \boxed{1} \boxed{3} \boxed{2} \boxed{7} \boxed{4} \boxed{1} + \boxed{0} \boxed{2} \end{array}$$

В нормализованном виде

$$\boxed{-} \boxed{1} \boxed{3} \boxed{2} \boxed{7} \boxed{4} \boxed{1} \boxed{0} \boxed{0} + \boxed{0} \boxed{0}$$

Два последних разряда вносят погрешность, которую следует отнести к погрешности исходных данных. Добавление периодов к аргументу не прибавляет информации, но требует наличия дополнительных разрядов.

Для непериодических функций существуют другие приемы, позволяющие избежать суммирования степенных рядов с большими значениями модуля аргумента. Например, для вычисления e^x можно использовать следующий прием:

$$e^x = e^{[x]} e^{\{x\}} = e * e * e * \dots * e * e^{\{x\}},$$

где $[x]$ и $\{x\}$ – целая и дробная части числа ($x = [x] + \{x\}$).

Библиографический список

1. Волков Е.А. Численные методы: Учеб.пособие для вузов. – 2-е изд., испр. – М: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987.– 248 с.
2. Н.С. Бахвалов, Н.П. Жидков, Г.М. Кобельков. Численные методы –7-е изд. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. – 636 с

© Силезнева А.Ю., 2023

УДК 519.6

А.А. Шабрин

MarselineTWD@lshabrin.ru

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

Уфимский университет науки и технологий

ИНТЕРПОЛЯЦИЯ С ПОМОЩЬЮ МНОГОЧЛЕНА ЛАГРАНЖА

Аннотация: данная статья сосредотачивается на интерполяции с помощью многочлена Лагранжа. Этот материал может быть полезен как для студентов, изучающих интерполяцию или ее методы, так и для практикующих инженеров, применяющих интерполяцию в своей работе.

Ключевые слова: интерполяция, многочлен Лагранжа, интерполяция с помощью многочлена Лагранжа.

Интерполяция-метод нахождения неизвестных промежуточных значений некоторой функции по имеющемуся дискретному набору ее известных значений. Задача интерполяции-найти функцию $F(x)$, принимающую в точка x_i те же значения $y_i \Rightarrow$ условие интерполяции $F(x_i) = y_i$.

Точки x_i называются узлами интерполяции.

Многочлен Лагранжа

Одна из формул записи интерполяционного многочлена для интерполяции является многочлен Лагранжа:

$$L^n(x) = \sum y_i - l_i(x)$$

Данное выражение применимо как для равноотстоящих, так и для не равноотстоящих узлов. Погрешность интерполяции методом Лагранжа зависит от свойств функции $f(x)$, от расположения узлов интерполяции и точки x . Полином Лагранжа имеет малую погрешность при небольших значениях n ($n < 20$). При больших n погрешность начинает расти, что свидетельствует о том, что метод Лагранжа не сходится (то есть его погрешность не убывает с ростом n).

$l_i(x)$ -базисные многочлены степени n :

$$l_i(x) = \prod_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \frac{x - x_j}{x_i - x_j} = \frac{(x - x_0)(x - x_1) \cdots (x - x_{i-1})(x - x_{i+1}) \cdots (x - x_n)}{(x_i - x_0)(x_i - x_1) \cdots (x_i - x_{i-1})(x_i - x_{i+1}) \cdots (x_i - x_n)}$$

Многочлен $l_i(x)$ удовлетворяет условию: $l_i(x) = \begin{cases} 1, & i = j \\ 0, & i \neq j \end{cases}$

Это условие означает, что многочлен равен нулю при каждом x_j кроме x_i , то есть $x_0, x_1, \dots, x_{i-1}, x_{i+1}, \dots, x_n$.

То есть многочлен Лагранжа можно записать в следующем виде:

$$L^n(x) = \sum_{i=1}^{k+n} y_i \prod_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \frac{x - x_j}{x_i - x_j}$$

Многочлен Лагранжа в явном виде содержит значения функций в узлах интерполяции, поэтому он удобен, когда значения функций меняются, а узлы интерполяции остаются неизменными.

Число арифметических операций, необходимых для построения многочлена Лагранжа, пропорционально n^2 и является наименьшим для всех форм записи.

Кусочно-линейная и кусочно-квадратичная локальные интерполяции являются частными случаями интерполяции многочлена Лагранжа.

Пример 1. Пусть $k=1$ и $n=1$:

$$L(x) = \sum_{j=1}^2 y_j \prod_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^2 \frac{x - x_i}{x_j - x_i} = y_1 \frac{x - x_2}{x_1 - x_2} + y_2 \frac{x - x_1}{x_2 - x_1}$$

Пример 2. Пусть $k=1$ и $n=2$:

$$L(x) = \sum_{j=1}^3 y_j \prod_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^3 \frac{x - x_i}{x_j - x_i}$$

$$= y_1 \frac{x - x_2}{x_1 - x_2} \frac{x - x_3}{x_1 - x_3} + y_2 \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} \frac{x - x_3}{x_2 - x_3} + y_3 \frac{x - x_1}{x_3 - x_1} \frac{x - x_2}{x_3 - x_2}$$

Структура этих формул такова, что для каждой узловой точки $x = x_j$, из входящих в набор, только одно слагаемое отлично от 0 и именно то, в которое входит y_j . Кроме того дробь, входящая в это отличное от 0 слагаемое, равна 1, поэтому $L^n(x_j) = y_j$

Таким образом метод многочлена Лагранжа позволяет интерполировать данные с точностью до n , где n - количество заданных точек данных. Также он позволяет более равномерно распределить точки интерполяции, что может быть полезным для избегания особенностей, возникающих при использовании других методов интерполяции.

Библиографический список

1. Волков Е.А. Численные методы: учеб. пос. для вузов. – 2-е изд., испр. – М: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987.– 248 с.
2. Учебное пособие «Численные методы»: Университет ИТМО

Шабрин А.А., 2023

УДК 519.6

П.Ю. КНУТОВА

plnkvrnn@gmail.ru

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

Уфимский университет науки и технологий

ИНТЕРПОЛЯЦИЯ ФУНКЦИЙ С ПОМОЩЬЮ СПЛАЙНА

Аннотация: в данном тексте представлено объяснение понятия кубических сплайнов в интерполяции, их свойств и условий для обеспечения непрерывности и производной. Рассмотрены алгоритмы построения интерполяционного кубического сплайна, представляющего функциональную

зависимость в виде непрерывных кусочных многочленов. Обсуждаются условия, которым должны удовлетворять числа m_i , чтобы обеспечить непрерывность первой производной на всем интервале.

Ключевые слова: кубические сплайны, интерполяция, непрерывность, производная, интерполяционный сплайн, алгоритм, математическая интерполяция.

Известны два способа представления функций: аналитический и табличный. Первый требует сравнительно длительного времени вычисления, но небольшого объема памяти. Второй – наоборот. Существует промежуточный способ.

Пусть отрезок $[a, b]$ разбит на n частичных отрезков $[x_i, x_{i+1}]$, где $x_i < x_{i+1}$, $i=0, 1, \dots, n-1$, $x_0=a$, $x_n=b$. Обозначим $h_i=x_i-x_{i-1}$. В случае равномерного разбиения $h=(b-a)/n$, $x_i=a+ih$.

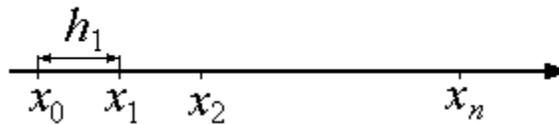


Рис. 2.4.1. Разбиение интервала при интерполяции сплайном

Сплайном называется функция, которая вместе с несколькими производными непрерывна на всём заданном отрезке $[a, b]$, а на каждом частичном отрезке $[x_i, x_{i+1}]$ в отдельности является некоторым алгебраическим многочленом.

$$y(x) = \begin{cases} f_1(x), & x \in [x_0, x_1], \\ f_2(x), & x \in [x_1, x_2], \\ \text{L} & \text{L} \\ f_n(x), & x \in [x_{n-1}, x_n] \end{cases}$$

Максимальная по всем численным отрезкам степень многочленов называется *степенью сплайна*, а разность между степенью сплайна и порядком наивысшей непрерывной на $[a, b]$ производной – *дефектом сплайна*.

Например, непрерывная кусочно-линейная функция (ломанная) является сплайном первой степени с дефектом, равным единице, т.к. непрерывна только сама функция (нулевая производная), а первая производная уже разрывна.

На практике наиболее широкое распространение получили сплайны третьей степени, имеющие на $[a, b]$ непрерывную, по крайней мере, первую производную. Эти сплайны называются *кубическими* и обозначаются через $S_3(x)$. На каждом отрезке кубический сплайн имеет вид

$$S_3(x) = a_{i0} + a_{i1}(x - x_i) + a_{i2}(x - x_i)^2 + a_{i3}(x - x_i)^3, \quad x \in [x_i, x_{i+1}], \quad (2.4.1)$$

и удовлетворяет условиям

$$S_3(x_i) = f(x_i), \quad i = 0, \dots, n. \quad (2.4.2)$$

Сплайн (2.4.1) на каждом из отрезков $[x_i, x_{i+1}]$, $i = 0, \dots, n-1$ определяется четырьмя коэффициентами, и поэтому для его построения на всем промежутке $[a, b]$ необходимо определить $4n$ коэффициентов. Для их однозначного определения необходимо задать $4n$ уравнений.

Условие (2.4.2) дает $2n$ уравнений, т.к. каждый многочлен должен проходить через две заданные точки: начало и конец отрезка. При этом функция $S_3(x_i)$, удовлетворяющая этим условиям, будет непрерывна во всех внутренних узлах.

Условие непрерывности производных сплайна $S_3^{(r)}(x)$, $r = 1, 2$ во всех внутренних узлах x_i , $i = 1, \dots, n-1$ сетки дает $2(n-1)$ равенств.

Вместе получается $4n-2$ уравнений.

Два дополнительных условия обычно задаются в виде ограничений на значение производных сплайна на концах промежутка $[a, b]$ и называются *краевыми условиями*.

Алгоритм построения интерполяционного кубического сплайна

Пусть каждому значению аргумента x_i , $i = 0, \dots, n$ соответствуют значения функции $f(x_i) = y_i$ и требуется найти функциональную зависимость в виде сплайна (2.4.1), удовлетворяющего перечисленным ниже требованиям:

а) функция $S_3(x)$ непрерывна на отрезке $[a, b]$ вместе со своими производными до второго порядка включительно;

б) $S_3(x_i) = y_i$, $i = 0, 1, \dots, n$;

в) $S_3''(x_0) = m_0$, $S_3''(x_n) = m_n$.

Сформулированная выше задача имеет единственное решение.

Вторая производная $S_3''(x)$ непрерывна и, как видно из выражения (2.4.1), линейна на каждом отрезке $[x_{i-1}, x_i]$, ($i = 1, \dots, n$), поэтому представим ее в виде

$$S_3''(x) = m_{i-1} \frac{x_i - x}{h_i} + m_i \frac{x - x_{i-1}}{h_i}, \quad (2.4.3)$$

где $h_i = x_i - x_{i-1}$, $m_i = S_3''(x_i)$. Эта кусочно-линейная функция частного вида непрерывна, поэтому в формуле (2.4.3) учтено $n-1$ условие непрерывности второй производной сплайна.

Проинтегрируем обе части равенства (2.4.3)

$$S_3(x) = m_{i-1} \frac{(x_i - x)^3}{6h_i} + m_i \frac{(x - x_{i-1})^3}{6h_i} + A_i \frac{x_i - x}{h_i} + B_i \frac{x - x_{i-1}}{h_i}, \quad (2.4.4)$$

где A_i и B_i - постоянные интегрирования.

Пусть в (2.4.4) $x=x_i$ и $x=x_{i-1}$, тогда используя условия б), получим

$$y_i = m_i \frac{h_i^2}{6} + B_i, \quad y_{i-1} = m_{i-1} \frac{h_i^2}{6} + A_i, \quad i=1, \dots, n.$$

Из этих уравнений находим A_i и B_i , и окончательно формула (2.4.4) принимает вид

$$S_3(x) = \frac{x_i - x}{h_i} y_{i-1} + \frac{x - x_{i-1}}{h_i} y_i + \frac{(x_i - x)^3 - h_i^2(x_i - x)}{6h_i} m_{i-1} + \frac{(x - x_{i-1})^3 - h_i^2(x - x_{i-1})}{6h_i} m_i. \quad (2.4.5)$$

Функция (2.4.5) непрерывна, проходит через заданные точки, ее вторая производная имеет одинаковые односторонние пределы в узловых точках. Однако первая производная этой функции в общем случае имеет разрывы первого рода при $x=x_i$.

Найдем условия, которым должны удовлетворять числа m_i , чтобы первая производная была непрерывной, т.е. чтобы во всех внутренних узловых точках выполнялись равенства

$$S_3'(x_i - 0) = S_3'(x_i + 0).$$

Согласно (2.4.5)

$$S_3'(x) = -\frac{y_{i-1}}{h_i} + \frac{y_i}{h_i} + \frac{-3(x_i - x)^2 + h_i^2}{6h_i} m_{i-1} + \frac{3(x - x_{i-1})^2 - h_i^2}{6h_i} m_i. \quad (2.4.6)$$

Из формулы (2.4.6) можно найти левый односторонний предел $S'_3(x_i - 0)$ подстановкой $x=x_i$

$$S'_3(x_i - 0) = \frac{h_i}{6} m_{i-1} + \frac{h_i}{3} m_i + \frac{y_i - y_{i-1}}{h_i}. \quad (2.4.7)$$

На отрезке $[x_i, x_{i+1}]$ (2.4.6) принимает вид

$$S'_3(x) = -\frac{y_i}{h_{i+1}} + \frac{y_{i+1}}{h_{i+1}} + \frac{-3(x_{i+1} - x)^2 + h_{i+1}^2}{6h_{i+1}} m_i + \frac{3(x - x_i)^2 - h_{i+1}^2}{6h_{i+1}} m_{i+1}.$$

Отсюда подстановкой $x=x_i$ находим правый односторонний предел

$$S'_3(x_i + 0) = -\frac{h_{i+1}}{3} m_i - \frac{h_{i+1}}{6} m_{i+1} + \frac{y_{i+1} - y_i}{h_{i+1}}. \quad (2.4.8)$$

Приравнявая выражения (2.4.7) и (2.4.8) для $i=1, \dots, n-1$, получим $n-1$ уравнение

$$\frac{h_i}{6} m_{i-1} + \frac{h_i + h_{i+1}}{3} m_i + \frac{h_{i+1}}{6} m_{i+1} = \frac{y_{i+1} - y_i}{h_{i+1}} - \frac{y_i - y_{i-1}}{h_i} \quad (2.4.9)$$

с $n-1$ неизвестными m_i ($i=1, \dots, n-1$). Согласно условию в) m_0 и m_n заданы.

Система линейных алгебраических уравнений (2.4.9) имеет трехдиагональную матрицу с диагональным преобладанием. Такие матрицы являются неособенными. Поэтому неизвестные m_1, m_2, \dots, m_{n-1} находятся из системы (2.4.9) однозначно. Они могут быть найдены итерационными и прямыми методами решения систем линейных алгебраических уравнений, в том числе и методом прогонки. После определения m_i функция $S_3(x)$ восстанавливается по формуле (2.4.5).

Библиографический список

1. Волков Е.А. Численные методы: учеб. пособие для вузов. – 2-е изд., испр. – М: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987. – 248 с.
2. Н.С. Бахвалов, Н.П. Жидков, Г.М. Кобельков. Численные методы – 7-е изд. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 201. – 636 с

© Кнутова П.Ю., 2023

УДК 519.6

А.Ю. ИВАНОВ

kinologprofe2003d@gmail.com

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

Уфимский университет науки и технологий

ИСТОЧНИКИ И КЛАССИФИКАЦИЯ ПОГРЕШНОСТИ

Аннотация: в данной статье освещаются источники и классификация погрешности, включая погрешность математического моделирования, погрешность численного метода, погрешность округления, погрешность исходных данных, а также погрешность «неидеальности» исполнителя. Данный материал предоставляет базовые знания, которые могут быть полезными в широком спектре дисциплин, где численные методы играют важную роль.

Ключевые слова: погрешность; источники погрешности; классификация погрешности; численные методы; неисправимая погрешность; погрешность метода; погрешность вычисления.

Погрешность математического моделирования. Погрешность математического моделирования проистекает из того факта, что для изучения различных процессов и явлений с использованием компьютерных методов мы вынуждены представлять их в виде абстрактных математических моделей, которые в своей сути являются упрощенными приближениями реальности.

Эти модели, хотя и не могут точно охватить бесконечное многообразие характеристик реальных объектов и процессов, должны быть достаточно простыми для использования. Следовательно, целью при создании математической модели не является идеальное воспроизведение всех характеристик объекта. Вместо этого, модель должна предоставить адекватное представление для конкретных исследовательских задач, которые обычно предполагают использование этой модели в дальнейшем.

Погрешности исходных данных. Погрешности исходных данных, полученных при использовании измерительных приборов, существенно зависят от класса точности самих приборов. В случае, когда числа не являются результатом измерений, погрешности могут возникнуть из-за ограниченной разрядности представления чисел в компьютере.

Для иллюстрации рассмотрим некоторое число $A = 0.3141592653 \cdot 10^1 \approx \pi$, представленное в компьютере в формате с плавающей точкой.

Знак числа	Мантисса (M разрядов)							Порядок p		
+	3	1	4	1	5	9	2	+	01	
								6	5	3

M разрядов недостаточно, чтобы уместить последние цифры 6, 5, 3, следовательно, они усекаются. В худшем случае, если все усеченные цифры равны 9, то погрешность числа не превышает единицы последнего разряда

$$\Delta_A \leq 10^{-M} \cdot 10^P. \quad (1)$$

Относительная погрешность

$$\delta = \frac{\Delta_A}{|A|} \leq \frac{10^{-M} 10^P}{|A|} \leq \frac{10^{-M} 10^P}{0.1 \cdot 10^P} = 10^{-M+1}. \quad (2)$$

Здесь используется правило представления числа в нормализованном виде с плавающей точкой. Согласно этому правилу, для представления числа выбирается способ, при котором старшая значащая цифра размещается непосредственно сразу после точки (десятичной или двоичной), что позволяет экономить память, так как не требуется хранить незначащие нули и позицию точки.

Отметим, что в компьютерах используется двоичная система счисления, поэтому на самом деле

$$\delta \leq 2^{-M_2+1},$$

где M_2 - количество двоичных разрядов в мантиссе.

Погрешность округления при проведении арифметических операций.

При сложении и вычитании двух чисел $A \pm B$ разного порядка

A	+		2	3	5	4	8	6	8	+		02
---	---	--	---	---	---	---	---	---	---	---	--	----

±

B	+		3	8	9	5	9	7	3	-		01
---	---	--	---	---	---	---	---	---	---	---	--	----

производится выравнивание порядков операндов по большему:

B'	+		0	0	0	3	8	9	5	+		02	
											9	7	3

При этом последние разряды меньшего по порядку числа теряются и возникает погрешность, которая оценивается аналогично (1)

$$\Delta_{A \pm B} \leq 10^{-M} \cdot 10^p,$$

где в качестве p используется порядок большего по модулю числа.

Относительная погрешность

$$\delta_{A \pm B} = \frac{\Delta_{A \pm B}}{|A \pm B|} = \frac{|A| + |B|}{|A \pm B|} \frac{\Delta_{A \pm B}}{|A| + |B|} \leq \frac{|A| + |B|}{|A \pm B|} \frac{10^{-M} 10^p}{0.1 \cdot 10^p} = \frac{|A| + |B|}{|A \pm B|} 10^{-M+1}. \quad (3)$$

Если порядки чисел A и B различаются, то дробь в правой части (3) близка к 1 и оценка (3) практически совпадает с (2). Тогда абсолютная погрешность

$$\Delta_{A \pm B} \leq 10^{-M+1} \cdot (|A| + |B|).$$

Рассмотрим теперь пример вычитания двух близких чисел:

A	+		2	3	5	4	8	6	8	+		02
---	---	--	---	---	---	---	---	---	---	---	--	----

—

B	+	2	3	5	4	8	5	6	+	02
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

=

A-B	+	0	0	0	0	0	1	2	+	02
-----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Результат операции, преобразованный в нормализованную форму:

A-B	+	1	2	0	0	0	0	0	-	03
-----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Пять нулей, записанные после цифр результата операции введены произвольно. Поскольку каждое число A и B могло быть усечено, то вместо нулей на самом деле могли бы стоять любые цифры, в том числе и девятки. Формула (3) дает реальную оценку и в этом случае, хотя выравнивания порядков не производится. Причиной погрешности результата операции при этом является погрешность исходных данных.

Погрешность численного метода. При использовании численных методов для решения задач возникают погрешности, причиной которых является, приближенность самих методов. Например, при дифференцировании мы заменяем производные разностными отношениями, а при интегрировании используем суммирование. Эти приближения могут вносить погрешности в результаты вычислений. Чтобы управлять этими погрешностями, необходимо уметь оценивать и настраивать параметры, которые определяют, как работает алгоритм, так, чтобы погрешность была меньше, чем заданная величина.

Погрешность, вызванная «неидеальностью» исполнителя. На каждом этапе численного моделирования, начиная с постановки математической задачи и заканчивая выполнением вычислений процессором, существует вероятность возникновения ошибок. Допущенные ошибки могут серьезно исказить результаты исследований. Важно отметить, что оценка величины погрешности, вызванной этими ошибками, может быть невозможной.

Даже при использовании наиболее продвинутых методов проверки и контроля, нельзя полностью гарантировать абсолютную точность в каждом этапе моделирования. Это связано с тем, что ни исполнители, ни проверяющий не являются идеальными исполнителями. Поэтому основной целью

становится не исключением ошибок, а минимизация вероятности их незамеченного возникновения.

Для повышения достоверности измерений и вычислений часто используются дополнительные методы. Это может включать в себя повторные измерения или применение нескольких различных методов для решения одной и той же задачи. Важные параметры часто измеряют несколькими независимыми датчиками, что позволяет сравнить полученные результаты. Если возникают расхождения в результатах, то проводится анализ, чтобы найти и устранить причину противоречия. Тем не менее, даже этот подход не гарантирует полной достоверности оценок из-за потенциальных системных ошибок и ограничений методов.

Библиографический список

1. Волков Е.А. Численные методы: Учеб. пос. для вузов. – 2-е изд., испр. – М: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987.–248 с.
2. Н.С. Бахвалов, Н.П. Жидков, Г.М. Кобельков. Численные методы – 7-е изд. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. – 636 с.

© Иванов А.Ю., 2023

УДК 004.023

И.Ж. РАХИМОВ

rahimov0608@mail.ru

Науч. руковод. – д-р техн. наук профессор **А.Ф. ВАЛЕЕВА**

Уфимский университет науки и технологий

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ПОИСКА НАИЛУЧШЕГО МАРШРУТА ДОСТАВКИ ГРУЗОВ С УЧЕТОМ ВРЕМЕННЫХ ОКОН

Аннотация: в статье рассматривается задача разработки модуля веб-приложения, которое обеспечит поиск наилучшего маршрута доставки грузов с учетом временных окон.

Ключевые слова: задача маршрутизации; временные окна; алгоритм имитации отжига.

Введение. Российский рынок логистических услуг активно развивается и имеет большой потенциал. В стране есть мощная база транспортной инфраструктуры, которая позволяет осуществлять транспортировку грузов различного типа и объема внутри страны и за ее пределами. При этом хотя логистический рынок России является весьма динамичным, не все компании, особенно малые и средние, могут полностью использовать преимущества современных технологий или иметь свой собственный логистический парк. Однако несмотря на большой потенциал российского рынка логистических услуг, он нуждается в дальнейшем развитии и модернизации. Качество логистической сети напрямую влияет на себестоимость продукции, занимая в ней долю от 20% до 60% [1]. В этом контексте цифровизация как логистических процессов, так и самой отрасли в целом является ключевой задачей для дальнейшего развития рынка логистических услуг в России.

В современной логистике для выбора оптимальных маршрутов необходимо учитывать множество факторов, таких как:

- географические особенности местности и дорожной инфраструктуры;
- доступность и удобство складов и транспортных узлов;
- временные ограничения;
- стоимость перевозки;
- безопасность груза;
- количество грузов;
- техническая готовность транспортных средств.

Для поиска оптимального маршрута в задаче можно использовать специальные программы и сервисы, которые учитывают все эти факторы и позволяют сократить время и стоимость доставки грузов [2].

Постановка задачи

Формальной постановке задачи соответствует диаграмма стандарта IDEF0, представленная на рисунке 1.

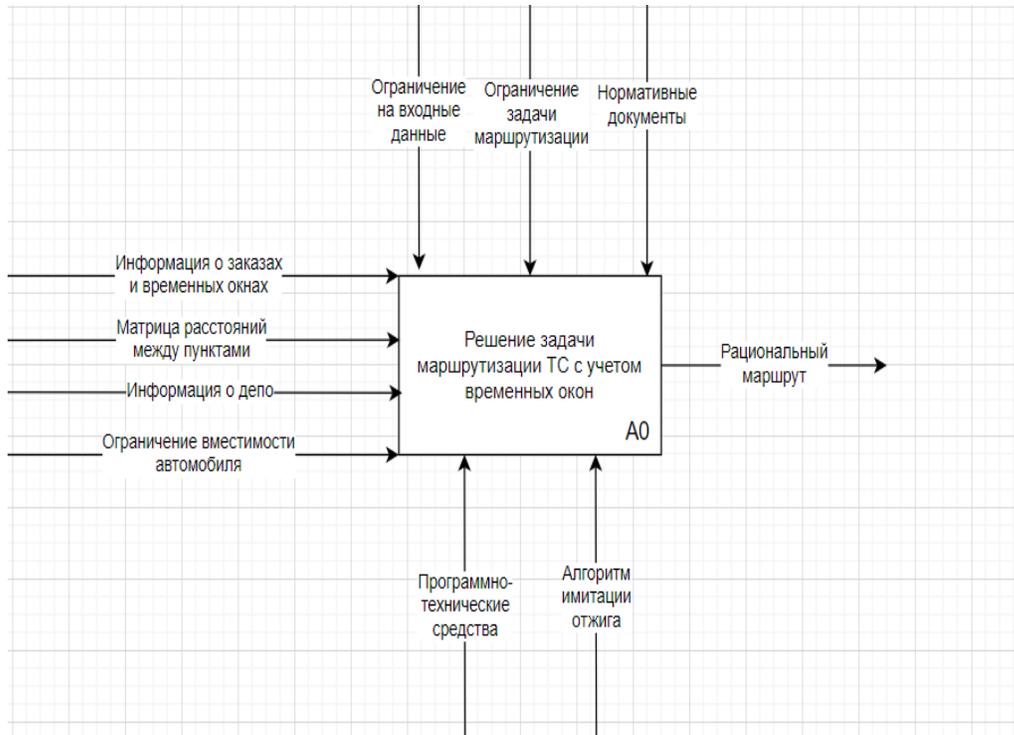


Рисунок 1 – Формальная постановка задачи

Декомпозиции задачи соответствует диаграмма стандарта IDEF0, представленная на рисунке 2.

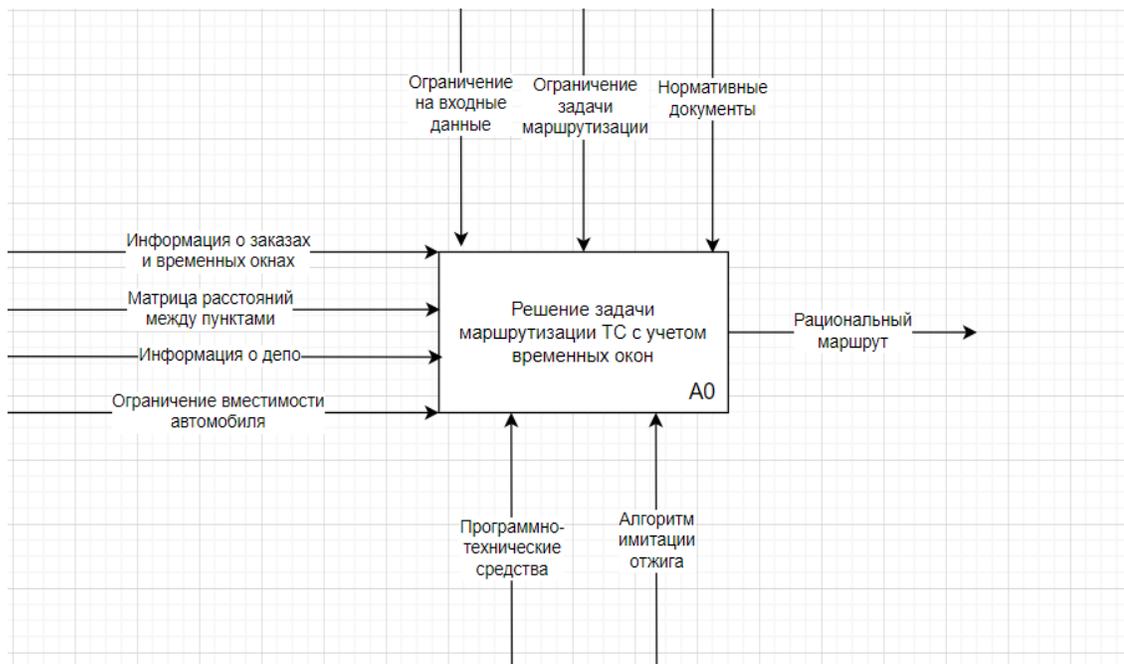


Рисунок 2 – Декомпозиция задачи

Математическая модель

Сгенерируем математическую модель задачи, которая учитывает ограничения, указанные в содержательной постановке задачи, включая временные окна. Для решения задач используются следующие обозначения:

Дано:

$G = (V, E)$ - взвешенный граф с множеством вершин V и множеством ребер E

Ребро e_{ij} - участок пути между клиентами i и j ;

$V = V_C \cup V_0$, где $V_C = \{1, \dots, n\}$ – множество клиентов, V_0 - депо

Каждому ребру $e_{ij} \in E$ присваивается вес - $cost_v$, стоимость пути между клиентами i и j , пройденным ТС v , $v = \{1, \dots, m\}$;

q_i - спрос в заказе клиента $i = \{1, \dots, n\}$, $i \in V_C$;

$[a_i; b_i]$ – временные окна для клиента, $i \in V_C$;

Введем следующие переменные:

w_{iv} - время начала обслуживания клиента $i \in V_C$ ТС v из депо V_0 ; $i = \{1, \dots, n\}$; $v = \{1, \dots, m\}$;

$$x_{ijv} = \begin{cases} 1, & \text{если ТС } v \text{ из депо } V_0 \text{ перемещается от клиента } i \text{ к клиенту } j; \\ 0, & \text{иначе;} \end{cases}$$

u_{iv} - количество заказов, доставляемых i -му клиенту ТС v из депо V_0 .

Математически задача VRPTW формулируется следующим образом [8]:

$$\sum_{v=1}^m \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n cost_v \cdot x_{ijv} \rightarrow \min, \quad (1)$$

{Требуется минимизировать транспортные расходы}

При выполнении следующих условий:

$$\sum_{i=1}^n x_{izv} - \sum_{j=1}^n x_{zjv} = 0, \quad z = \{1, \dots, n\}; \quad v = \{1, \dots, m\}, \quad (2)$$

{Для каждой вершины количество входящих дуг должно быть равно количеству исходящих}

$$\sum_{i=1}^n y_{iv} \leq Q_v, \quad v = \{1, \dots, m\}, \quad (3)$$

{Количество заказов, размещенных в ТС v , не должно превышать вместимость ТС v }

$$a_i \leq w_{iv} \leq b_i, \quad i = \{1, \dots, n\}; v = \{1, \dots, m\}, \quad (4)$$

{Учитываются временные окна}

Алгоритм решения

Алгоритм имитации отжига – это стохастический метод оптимизации, который используется для решения задач оптимизации, когда классические методы неэффективны или невозможны. Он основан на аналогии с физическим процессом отжига металла, когда нагретый металл охлаждается до комнатной температуры, что вызывает изменение его структуры и свойств [3].

Основная идея алгоритма имитации отжига заключается в создании начального решения и последующем изменении этого решения путем случайных изменений. Изменения могут быть направлены на улучшение решения, но также могут привести к ухудшению. В отличие от других методов оптимизации, алгоритм имитации отжига может принимать ухудшающие изменения с некоторой вероятностью.

Алгоритм имитации отжига работает в несколько этапов. На первом этапе создается начальное решение, которое может быть получено случайным образом. Затем начинается процесс оптимизации, который состоит из следующих шагов:

1. Выбор случайного изменения решения.
2. Оценка влияния этого изменения на качество решения.
3. Принятие решения о применении изменения на основе вероятности, которая зависит от изменения качества решения и текущей температуры.
4. Повторение шагов 1–3 до тех пор, пока не будет достигнуто определенное условие остановки.

На начальных этапах температура высока, что позволяет принимать большое количество ухудшающих изменений. По мере того, как алгоритм продолжает работу, температура постепенно снижается, что уменьшает вероятность принятия ухудшающих изменений и способствует устойчивости решения [4].

Алгоритм имитации отжига широко применяется в различных областях, включая инженерию, экономику, финансы, биотехнологии и другие. Он может использоваться для решения задач оптимизации, таких как проектирование систем, распределение ресурсов, оптимизация производственных процессов и многих других [5].

Программная реализация

Вход:

- депо, матрица расстояний между клиентами, список заказов, временные окна, спрос клиента, вместимость ТС.

Выход:

- лучший маршрут, найденный алгоритмом.

1. Инициализация:

1.1. T – задать начальную температуру, значительно отличающуюся от минимальной температуры в большую сторону;

1.2. T_{min} – задать минимальную температуру, близкую к нулю;

1.3. $cooling_factor$ – задать величину охлаждения;

1.4. $State_{best} = null$ – обозначение лучшего решения задачи, найденного алгоритмом;

1.5. $State_{new} = null$ – обозначение нового решения полученного, внесением случайных изменений в предыдущее решение.

2. $State_{best} =$ генерация начального решения.

3. $StateCost = Cost(State_{best})$ – получаем стоимость начального состояния.

4. Пока $T > T_{min}$, делать:

4.1. $State_{new} =$ генерируем новое решение

ЕСЛИ $random(0,1) < 0.5$ И $a_i \leq w_{iv} \leq b_i$ то

$State_{new}Cost = Cost(\text{Замена случайных элементов из одного ТС})$
{Стоимость нового маршрута}

ИНАЧЕ ЕСЛИ $a_i \leq w_{iv} \leq b_i$

то $State_{new}Cost = Cost(\text{Замена случайных элементов из разных ТС})$
{Стоимость нового маршрута}

4.2. $\Delta E = StateCost - State_{new}Cost$ {Находим разницу между стоимостями нового и предыдущего решения}

4.3. ЕСЛИ $\Delta E \leq 0$, то

$State_{best} = State_{new}$ {Принимаем новое решение}

ИНАЧЕ

ЕСЛИ $random(0,1) < \frac{1}{e^{\frac{\Delta E}{T}}}$, то

$State_{best} = State_{new}$ {Принимаем новое решение}

4.4. $T = T * cooling_factor$; {Понижаем температуру}

5. Возвращаем решение $State_{best}$.

Заключение

В ходе выполнения работы был проведен анализ условий, возникающих при решении задачи составления рациональных маршрутов доставки заказов автомобильными транспортными средствами различным клиентам, выделены основные ограничения и сформулирована содержательная постановка задачи маршрутизации ТС с учетом временных окон.

Результатом данной работы является программное решение для поиска наилучшего маршрута доставки грузов с учетом временных окон.

Библиографический список

1. Калуга Астрал, Цифровизация логистики: планы и перспективы: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.klerk.ru/blogs/astral/562252/>

2. Toth P., Vigo D. The Vehicle Routing Problem. – Philadelphia: Society for Industrial and Applied Mathematics. – 2002. – 386 p.

3. Little J.D.C., Murty K.G., Sweeney D.W., Karel C. An algorithm for the traveling salesman problem // Operations Research. – 1963. – V. 11. – P. 972-989.

4. Vigo D.A. heuristic algorithm for the asymmetric capacitated vehicle routing problem // European Journal of Operational Research. – 1996. – № 89. – P. 108–126.

5. Гладков Л.А., Гладкова Н.В. Особенности и новые подходы к решению динамических транспортных задач с ограничением по времени // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2013. – № 7 (144). – С. 178-185.

© Рахимов И.Ж., 2023

УДК 004.021

Р.Н. САЛИХОВ

salihov-rashit@yandex.ru

Науч. руковод. – канд. физ.-мат. наук, доцент **Р.П. АБДРАХМАНОВА**

Уфимский университет науки и технологий

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЗАДАЧИ РАНЖИРОВАНИЯ В ТЕМАТИЧЕСКОМ БЛОКЕ ПРИЛОЖЕНИЙ

Аннотация: в данной статье рассматриваются и анализируются методы построения релевантного упорядоченного множества, которые можно использовать для решения поставленной задачи.

Ключевые слова: поисковые системы; алгоритмы обработки языка; релевантное упорядоченное множество; методы оценки.

Введение

Поисковая система [1] – средство для репрезентации доступных в интернете ресурсов так, чтобы удовлетворить запрос пользователя. В связи с этим, для обретения конкурентного преимущества многие компании модифицируют поисковую выдачу с целью охватить максимальный контингент пользователей.

В связи с этим возникает потребность в существовании дополнительных компонент поисковой выдачи, которые могут максимально эффективно отвечать на узкий спектр запросов, ограниченных определенной тематикой.

В рамках данной статьи рассматриваются и анализируются подходы для решения поставленной задачи в тематическом блоке мобильных приложений.

Актуальность рассматриваемой задачи обусловлена необходимостью модификации пользовательских сервисов для улучшения пользовательского опыта и повышения качества продукта.

Анализ предметной области

Интернет [2] – всемирная информационная система объединенных компьютерных сетей, предназначенная для быстрой передачи информации на большие расстояния. Это сеть, которая объединяет миллиарды людей со всего мира и предоставляет им доступ к огромному объему информации и

возможностям коммуникации. Интернет проник во все сферы нашей жизни, существенно изменив их.

Поисковая система – это программные инструменты, разработанные для поиска, организации и предоставления пользователю информации, которая находится в сети интернет или в локальных базах данных. Они играют важную роль в облегчении доступа к информации в огромном объеме данных, которые существуют в онлайн-пространстве.

Работа поисковых систем основана на использовании автоматизированных алгоритмов и поисковых роботов, которые проходят по множеству страниц веб-сайтов и индексируют их содержимое, извлекая огромные объемы данных, содержащие информацию о миллиардах различных ресурсов. Когда пользователь вводит запрос в систему, она анализирует индекс и возвращает результаты, соответствующие запросу, в виде списка ссылок на релевантные веб-страницы.

Поисковая выдача [3], также известная как результаты, представляет собой список веб-страниц и другого контента, который поисковая система отображает в ответ на запрос пользователя. Это результат работы поискового алгоритма, который анализирует множество факторов для определения релевантности и порядка отображения результатов.

Порядок отображения результатов в поисковой выдаче основан на ряде факторов, включая релевантность содержимого страницы, авторитетность домена, популярность и репутацию сайта, а также различные технические аспекты оптимизации для поисковых систем. Алгоритмы поисковых систем постоянно совершенствуются для предоставления более точных и релевантных результатов для пользователей.

Поисковая выдача может содержать также дополнительные элементы, такие как выделенные выдачи, изображения, видео, карты, отзывы и другие информационные блоки, которые обогащают и улучшают пользовательский опыт.

Постановка задачи

Тематический блок в поисковой выдаче – это сегмент или секция, которая содержит информацию, специфическую для определенной темы или категории запроса пользователя. Тематические блоки могут быть добавлены в поисковую выдачу с целью предоставить дополнительную и контекстно связанную информацию, помочь пользователям быстро найти нужную информацию или улучшить пользовательский опыт.

Данная статья посвящена одному из тематических блоков – тематическому блоку мобильных приложений. Его функция заключается в том, чтобы агрегировать информацию из магазинов приложений и найти среди них наиболее релевантные запросу пользователя.

Формальной постановке задачи соответствует контекстная диаграмма методологии IDEF0 (Рисунок 1).

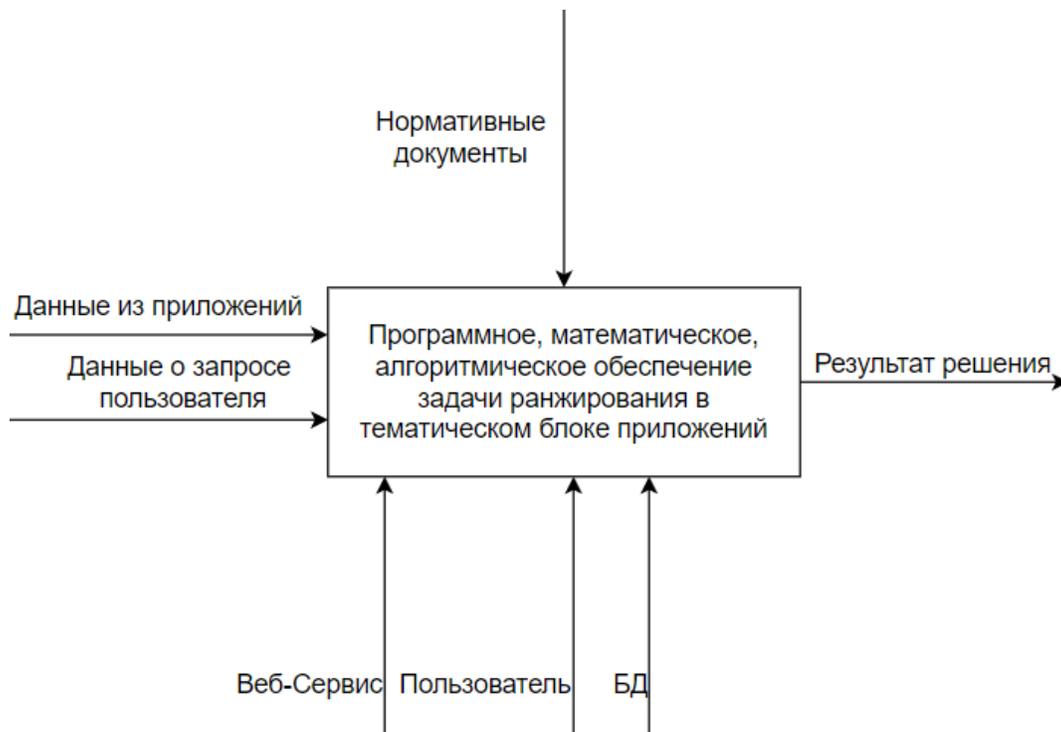


Рисунок 1 – Формальная постановка задачи

Вход:

– Данные из приложений (информация из магазинов приложений, информация из сторонних источников: отзывы, средняя оценка и т.д.);

– Данные о запросе пользователя.

Управление:

– Нормативные документы, содержащие в себе руководство по эксплуатации сервиса.

Механизмы исполнения:

- БД – база данных;
- Пользователь – пользователь системы, который задает запрос;
- Веб-Сервис – программа для выхода в интернет.

Выход:

- Результат выполнения запроса.

Рассматриваемые методы

Существует три подхода к решению задачи ранжирования [4]:

1. Подход «Pointwise» [5] или «поточечный» заключается в рассмотрении релевантности как абсолютной меры. Модель обучается предсказывать релевантность для каждого документа, а затем документы сортируются по предсказанной релевантности, в результате чего получается упорядоченное множество. Таким образом, задача ранжирования сводится к задаче многомерной регрессии, что значительно упрощает задачу, но ухудшает качество конечного результата. Ухудшение происходит за счет того, что при обучении модели не используется информация о взаимном расположении документов.

$$\sum_{i=1}^N (a(x_i) - y_i)^2 \rightarrow \min$$

Преимущества подхода:

- Простота реализации;
- Низкая требовательность к вычислительным ресурсам;
- Хороший результат на большинстве запросов.

Недостатки подхода:

- Более низкое качество, чем при других подходах.

2. Подход «Pairwise» [6] или «попарный» заключается в сравнении документов друг с другом. В обучающей выборке имеется два документа, и мы знаем, какой из них более релевантный для данного запроса. Затем мы наказываем модель, если она неправильно упорядочила пару документов, то

есть если она предсказала более релевантному документу более низкую релевантность, чем менее релевантному.

$$\sum_{x_i < n_j} L(a(x_j) - a(x_i)) \rightarrow \min$$

Преимущества подхода:

- Высокое качество результата.

Недостатки подхода:

- Высокие требования к вычислительным ресурсам.

3. Подход «Listwise» [7] или «списочный» основан на относительной релевантности, но не внутри пар документов, а в рамках целого множества. В этом подходе мы ранжируем всю выдачу моделью и оцениваем результат. В качестве функции потерь выступает суммарная ошибка для всего множества, поэтому модель учится предсказывать лучшее состояние этого множества, и при обучении улавливает больше информации о взаимной релевантности документов.

Преимущества подхода:

- Очень высокое качество результата.

Недостатки подхода:

- Высокие требования к вычислительным ресурсам;

- Высокие требования к размеру данных;

- Сложность разметки данных;

- Качество результата на практике может не сильно превышать аналогичное при Pairwise подходе.

Заключение

В ходе анализа методов построения релевантного упорядоченного множества, которые можно использовать для решения поставленной задачи, наилучшим выбором в решении задачи будет Pointwise подход. Он достаточно прост в реализации и нетребователен к ресурсам, что позволяет использовать разные типы данных и проводить исследования в большом объеме с целью подобрать оптимальный таргет для пользователя.

Библиографический список

1. Поисковая система [Электронный ресурс]. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Поисковая_система
2. Сеть интернет [Электронный ресурс]. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Интернет>
3. Поисковая выдача [электронный ресурс]. – URL: <https://www.unisender.com/ru/glossary/chto-takoe-serp/>
4. Ранжирование [Электронный ресурс]. – URL: <https://neerc.ifmo.ru/wiki/index.php?title=Ранжирование>
5. Pointwise [Электронный ресурс]. – URL: <https://habr.com/ru/companies/prequel/articles/573880/>
6. Pairwise [Электронный ресурс] URL: <https://habr.com/ru/companies/vk/articles/461927/>
7. Listwise [Электронный ресурс]. – URL: <https://neerc.ifmo.ru/wiki/index.php?title=Ранжирование>

© Салихов Р.Н., 2023

УДК 519.6

Е.Р. ШАЙМАРДАНОВА, Р.О. САЙФУЛЛИН

shaymardanova.ekaterina.04@gmail.com, ugatu.saifullin@gmail.com

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

Уфимский университет науки и технологий

БИЛИНЕЙНАЯ ИНТЕРПОЛЯЦИЯ

Аннотация: в статье приведено описание постановки задачи интерполяции и одного из методов ее решения, а именно, линейной интерполяции. Показано, как происходит обобщение линейной интерполяции на трёхмерное пространство, и решается задача билинейной интерполяции. Рассмотрены

области использования метода билинейной интерполяции, которые достаточно разнообразны. Описано возможное применение этого метода, востребованное в широком круге задач.

Ключевые слова: математическое моделирование, численные методы, интерполяция, линейная интерполяция, билинейная интерполяция.

Постановка задачи интерполяции

Если некоторая функция $f(x)$ задана своими значениями $y_j=f(x_j)$ на дискретном множестве точек $x_j, j=0, \dots, m$ и требуется приближенно определить аналитический вид этой функции, чтобы получить возможность вычислять эту функцию в промежуточных точках $x \in (x_j, x_{j+1})$, то в качестве интерполирующей функции обычно используют алгебраический многочлен $P_n(x) = \sum_{i=0}^n a_i x^i$. А так как многочлен $P_n(x)$ в узловых точках должен совпадать с заданными значениями функции $y_j=f(x_j)$, то задача сводится к решению системы линейных алгебраических уравнений

$$\sum_{i=0}^n a_i x_j^i = y_j, j = k, \dots, k+n \quad (1)$$

относительно неизвестных a_i , где k – номер начальной узловой точки, используемой в данном расчете. Решением системы (1) является, в частности, известная формула интерполяционного многочлена Лагранжа:

$$P_n(x) = L_n(x) = \sum_{j=k}^{k+n} y_j \prod_{\substack{i=j \\ i \neq k}}^{k+n} \frac{x-x_i}{x_j-x_i}. \quad (2)$$

Согласно формуле ((2) интерполяционный полином Лагранжа первой степени выглядит следующим образом

$$L_1(x) = \frac{x-x_{k+1}}{x_k-x_{k+1}} y_k + \frac{x-x_k}{x_{k+1}-x_k} y_{k+1}.$$

Графическая интерпретация линейной интерполяции представлена на рис. 4.

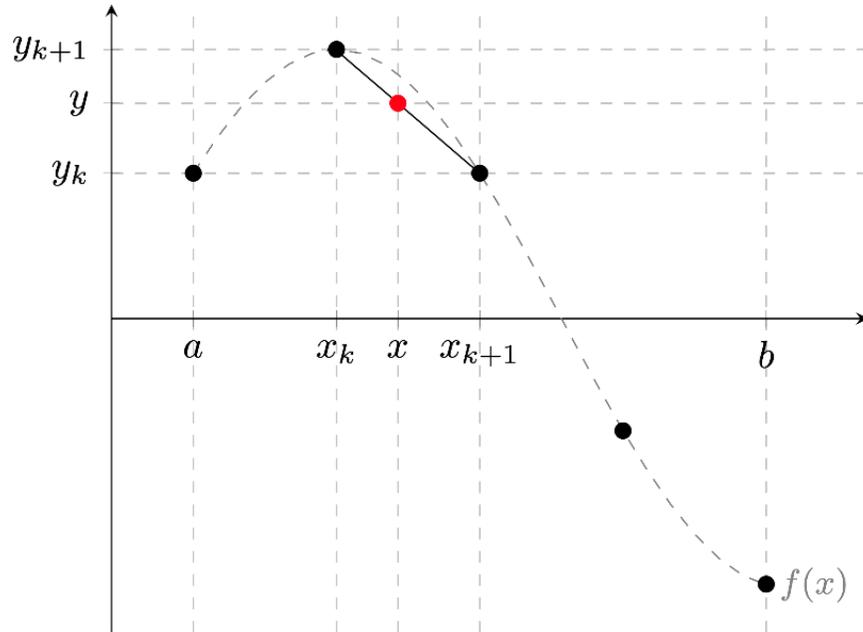


Рис. 4. Линейная интерполяция

Билинейная интерполяция

Билинейная интерполяция является обобщением линейной на трёхмерное пространство. Области применения метода билинейной интерполяции достаточно разнообразны. Метод применяется в компьютерной графике и физических дисциплинах. В компьютерной графике метод используется для увеличения или уменьшения разрешения изображений. Во встроенных системах управления метод используется для извлечения значений из наборов данных. В естественнонаучных дисциплинах используется при обработке числовых данных.

Суть данного метода заключается в следующем.

- 1) Искомая точка вычисляется по сетке из четырех точек:
 $Q_{1,1} = (x_1, y_1)$, $Q_{1,2} = (x_1, y_2)$, $Q_{2,1} = (x_2, y_1)$, $Q_{2,2} = (x_2, y_2)$.
- 2) Применяется линейная интерполяция по окружающим точкам для отыскания вспомогательных точек R_1 , R_2 :

$$f(R_1) \approx \frac{x_2 - x}{x_2 - x_1} \cdot f(Q_{1,1}) + \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} \cdot f(Q_{2,1}),$$

$$f(R_2) \approx \frac{x_2 - x}{x_2 - x_1} \cdot f(Q_{1,2}) + \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} \cdot f(Q_{2,2}).$$

3) Применяется интерполяция для отыскания искомой точки по вспомогательным:

$$f(P) \approx \frac{y_2 - y}{y_2 - y_1} \cdot f(R_1) + \frac{y - y_1}{y_2 - y_1} \cdot f(R_2).$$

Графическая интерпретация билинейной интерполяции представлена на рис. 5.

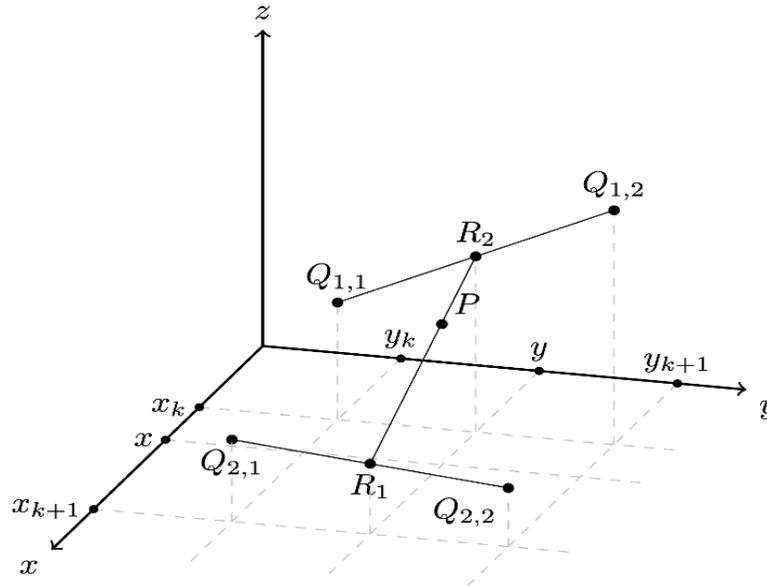


Рис. 5. Билинейная интерполяция

Разные методы интерполяции можно применять на разных подмножествах множества исходных точек для достижения оптимальных результатов решения задачи. Все алгоритмы для решения задачи интерполяции можно разделить на две категории: адаптивные и неадаптивные.

Выгодное сочетание методов называется адаптивной интерполяцией. Стоит отметить, что среди неадаптивных методов билинейная интерполяция - один из самых простых и быстрых. Соответственно он не может конкурировать по качеству с бикубическим методом или с методами машинного обучения.

Заключение

Таким образом было проведено описание постановки задачи интерполяции и самого простого из методов ее решения, а именно, линейной интерполяции. Показано, как происходит обобщение линейной интерполяции на трёхмерное пространство, и решается задача билинейной интерполяция. Рассмотрены

области применения метода билинейной интерполяции, которые достаточно разнообразны. Описано возможное применение этого метода, востребованное в широком круге задач.

Библиографический список

1. Бахвалов Н.С., Жидков Н.П., Кобельков Г.М. Численные методы. М.: Наука, 2004. 636 с.
2. Волков Е.А. Численные методы. 2-е изд. испр. и доп. М.: Наука, 1988. 248 с.
3. Житников В.П., Шерыхалина Н.М. Методы верификации математических моделей в условиях неопределенности // Вестник УГАТУ. 2000. № 2. – С. 53–60.
4. Житников В.П., Шерыхалина Н.М. Многокомпонентный анализ численных результатов // LAP LAMBERT Academic Publishing, Germany, 2012. 389 с.
5. 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.
6. Марчук Г.И. Методы вычислительной математики. М.: Наука, 1977. 456 с.
7. Математический энциклопедический словарь. М.: Сов.энцикл. 1988. – 847 с.
8. Шерыхалина Н.М. Методы обработки результатов численного эксперимента для увеличения их точности и надежности // Вестник УГАТУ (сер. Управление, вычислит.техника и информатика), 2007. Т. 9, №2 (20). – С. 127–137.
9. 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.
10. 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.
11. Житников В.П., Шерыхалина Н.М. Повышение достоверности численных результатов // Управление в сложных системах: Межвуз. науч. сб. –Уфа: УГАТУ, 2002. – С. 233–244.
12. Кулиш У., Рац Д., Хаммер Р., Хокс М. Достоверные вычисления. Базовые численные методы: Пер. с англ. Москва–Ижевск: РХД, 2005. – 495 с.

© Шаймарданова Е.Р., Сайфуллин Р.О., 2023

УДК 519.6

Е.Р. ШАЙМАРДАНОВА

shaymardanova.ekaterina.04@gmail.com

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

Уфимский университет науки и технологий

О НЕКОРРЕКТНОСТИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ ЗАДАЧ

Аннотация: в статье описаны проблемы, возникающие при решении вычислительных задач при математическом моделировании. Приведено понятие корректности задачи по Адамару. Рассмотрены проблемы, возникающие при решении задачи ускорения сходимости численных последовательностей. Описан метод численной фильтрации и проанализированы методы регуляризации для оценки погрешности.

Ключевые слова: математическое моделирование, ускорение сходимости, оценка погрешности, численная фильтрация, корректность вычислительной задачи.

Введение

Корректно поставленная задача в математике — это прикладная задача, математическое решение которой существует, единственно и устойчиво. Такая постановка вопроса происходит от определения, данного Жаком Адамаром, согласно которому математические модели физических явлений должны иметь следующие свойства: Решение существует. Решение единственно.

Существует мнение, что определение корректности по Адамару относится, скорее, к точному решению задач и не всегда эквивалентно проблеме некорректности численных решений. Например, задача решения квадратного уравнения является некорректной, но решается просто. Наряду с этим имеют место существенно некорректные задачи, например, задача приближенного определения предела по поведению конечных подпоследовательностей, задача интерполяции и др.

Кроме того, дополнительный элемент некорректности вносит решение задачи на ЭВМ, так как на этапе программирования может быть сделана ошибка, которая приведет к неизвестной погрешности результата вычислений.

Ускорения сходимости численных последовательностей

Известные методы ускорения сходимости численных последовательностей в некоторых случаях они позволяют существенно увеличить точность определения предела, используя конечную подпоследовательность. В других случаях (или с некоторого момента) увеличения точности не происходит или она ухудшается. Остается открытым вопрос о некорректности задачи приближенного определения предела по конечной подпоследовательности.

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.

Метод численной фильтрации

Идея метода фильтрации как аппарата многокомпонентного анализа основана на априорном знании (или предположении с последующей проверкой) закона изменения исследуемой величины от некоторого параметра в виде суммы нескольких слагаемых известного вида с неизвестными коэффициентами и заключается в поочередном или групповом подавлении (исключении) этих компонент погрешности, что может облегчить определение других составляющих. Целью фильтрации является разложение зависимости, заданной своими значениями на конечном дискретном множестве аргумента, на составляющие, т.е. решение задачи полной или частичной идентификации математической модели. Существенную роль играет наличие составляющей погрешности с неизвестной величиной и неизвестным законом изменения, подлежащей определению.

Оценка погрешности

При вычислениях одинаковую важность имеют как разработка и обоснование эффективности численных методов, так и оценка погрешности результатов, полученных посредством этих методов. Проблема оценки погрешности описана в [1-5]. 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).

Следует отметить методы регуляризации [7-11], 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.

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.

В последнее время активно развиваются подходы, основанные на доказательных вычислениях, например, интервальный анализ [13]. 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.

Заключение

Таким образом, в статье описаны проблемы, возникающие при решении вычислительных задач при математическом моделировании. Приведено понятие корректности задачи по Адамару. Рассмотрены проблемы, возникающие при решении задачи ускорения сходимости численных последовательностей. Описан метод численной фильтрации и проанализированы методы регуляризации для оценки погрешности.

Можно сделать вывод, что повышение достоверности результатов математического моделирования осуществляется с помощью соответствующих численных методов и комплексов программ, а также оценки эффективности этих методов при решении прикладных задач. А в связи с указанными выше ограничениями на ресурсы характеристики реального вычислительного процесса могут существенно отличаться от «идеального».

Библиографический список

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. Повышение достоверности численных результатов // Управление в сложных системах: Межвуз. науч. сб. –Уфа: УГАТУ, 2002. – С. 233–244.
5. 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.
6. Зверев Г.Н. Оптимальные решения неопределенных и вырожденных систем линейных уравнений / ВИНТИ М., 1979. –35 с. Деп. в ВИНТИ 12.06.79 №572.
7. Зверев Г.Н., Дембицкий С.И. Оценка эффективности геофизических исследований скважин. М.: Недра, 1982. – 224 с.
8. Морозов, В.А. Регулярные методы решения некорректно поставленных задач. М.: Наука, 1987. – 240 с.
9. Тихонов, А.Н., Гончарский, А.В., Степанов, В.В., и др. Численные методы решения некорректных задач. М.: Наука, 1990. – 290 с.
10. Тихонов, А.Н., Леонов, А.С., Ягола, А.Г. Нелинейные некорректные задачи. М.: Наука, 1995. –312 с.
11. Федотов, А.М. Некорректные задачи со случайными ошибками в данных. – Новосибирск: Наука, 1990. – 280 с.

12. Кулиш У., Рац Д., Хаммер Р., Хокс М. Достоверные вычисления. Базовые численные методы: Пер. с англ. Москва–Ижевск: РХД, 2005. – 495 с.

© Шаймарданова Е.Р., 2023

УДК 519.6

В.А. БЕСПОЯСОВА

v.markutsaa@mail.

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

Уфимский университет науки и технологий

ОБЗОР БАЗОВЫХ ВИДОВ ТЕСТИРОВАНИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Аннотация: в статье представлены необходимые аспекты ручного и автоматизированного тестирования. Рассматриваются три базовых подхода к тестированию программного обеспечения, описываются их достоинства и недостатки.

Ключевые слова: тестирование ПО, UNIT тестирование, API тестирование, GUI тестирование.

Введение

Тестирование программного обеспечения – неотъемлемая часть создания любого приложения. На протяжении десятилетий к разработке ПО для тестирования подходили по-разному, можно выделить несколько основных этапов:

- в 1950–60-х гг. существовало «исчерпывающее тестирование» – проверка абсолютно всех путей выполнения кода, однако, выяснилось, что оно невозможно, так как количество возможных путей очень велико. [1]

- в 1970-х гг. появились две фундаментальные идеи тестирования, показывающие, что программа соответствует требованиям и помогающие определить условия, в которых программа ведет себя некорректно. [1]

- в 1980-х гг. тестирование стали применять не на одной из финальных стадий разработки проекта, а на протяжении всего цикла. [1]

- в 2000-е гг. тестирование продолжалось в контексте поиска новых методологий и технологий. [2]

В реальном времени это сравнение ожидаемого результата от работы программы с реальным. Тестирование может проводиться как на этапе создания продукта, так и после его завершения, в зависимости от того, на какой стадии находится разработка.

Тесты в общем случае выступают индикаторами плохого кода. Они необходимы сразу в нескольких случаях. Во-первых, после написания новой функции разработчик должен протестировать ее с разными тестовыми данными, чтобы убедиться в корректности кода. Во-вторых, после рефакторинга, кода некоторый функционал может сломаться, без запуска тестов не всегда можно сразу найти сломанный метод. [2]

Тестирование можно классифицировать по 4 направлениям [3]:

По объекту тестирования

Здесь выделяют тестирование

- по удобству использования (usability), так называемая проверка на дружелюбный интерфейс,
- по безопасности (data security),
- тестирование интерфейса, то есть проверка на работоспособность всех модулей интерфейса

По степени автоматизации

- ручное (manual). Тестировщики проходят все шаги тест-кейса самостоятельно кликая на нужные компоненты системы.
- автоматизированное (automated). Тестировщики реализуют код выполняемый браузером, такие тесты можно запускать неоднократно.

Связанные с изменениями

- дымчатое тестирование (smoke). Целью такого тестирования является выявление дефектов на ранних стадиях разработки, это делается для того, чтобы в дальнейшем не исправлять глобальные ошибки, а сразу отловить их. [9]

• регрессионное тестирование (regression). Применяется для обнаружения ошибок в уже протестированном коде.

- функциональное тестирование (functional). Проверяет продукт на соответствие спецификациям и бизнес-требованиям.

По признаку позитивности сценариев

- позитивное тестирование (positive testing). Проверяются функции, заявленные в требованиях.

- негативное тестирование (negative testing). Проверяется поведение системы в случае ошибок.

По доступу к коду [4]

- тестирование черного ящика. Тестирование проходит без доступа к коду со стороны обычного пользователя, тестировщик не знает, как устроена система. [6]

- тестирование белого ящика. Тестирование проходит с доступом к исходному коду программы, тестировщик знает входные данные для всех функций и понимает, каким должен быть ответ. [8]

- тестирование серого ящика. Включает в себя два предыдущих подхода, основывается на частичном понимании тестировщиком базового дизайна и способа реализации системы. [7]

Это далеко не полная классификация тестирования программного обеспечения, с каждым годом их становится лишь больше и нередко возникает вопрос «Стоит ли применять все подходы или возможно ограничиться несколькими?». Ответ на него дал Майк Кон. Он ввел абстрактное понятие «пирамида тестирования». [10]

Существует пирамида тестирования, состоящая из четырех основных видов тестирования, каждое из них применяется в определенный момент и реализуется с помощью выбранных разработчиком технологий.

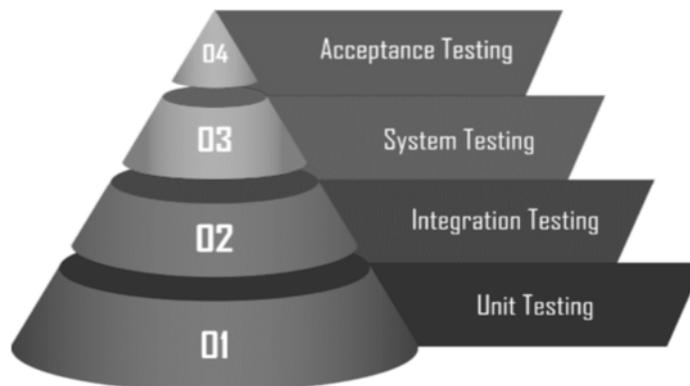


Рисунок 2 - пирамида тестирования

UNIT тестирование.

Или модульное тестирование, это проверка отдельных функций и методов программы на корректную работу. UNIT тестирование должно охватить максимально возможное количество функций и покрыть их, если 80 или более процентов кода покрыты тестами, то это считается хорошей практикой и дает гарантии на надежную работу программы.

Подведем итоги, UNIT тестирование это самый большой раздел из пирамиды тестирования, тут пишется больше всего тестов, которые помогут

- найти и исправить ошибки работы отдельных модулей на ранних стадиях и в дальнейшем сократить затраты на разработку ПО
- использовать тесты как проектную документацию для разработчиков не знакомых с кодом
- улучшить понимание разработчиками базового кода проекта

API тестирование.

Это тип тестирования программного обеспечения, который включает тестирование интерфейсов прикладного программирования, и в рамках интеграционного тестирования для определения их соответствия ожиданиям в отношении функциональности, надёжности, производительности и безопасности. Из-за того, что в API отсутствует программный интерфейс тестирование проходит на уровне сообщений. Оно используется для определения того, возвращает ли запрос правильный ответ при различных тестовых данных.

Данный вид тестирования включает в себя массу преимуществ:

- для автоматизации тестирования требуется меньше кода чем для автоматизации графического интерфейса, это может повысить скорость тестирования и понизить затраты.
- позволяют получить доступ разработчикам к проекту без пользовательского интерфейса, благодаря этому можно выявить ошибки на ранних стадиях продукта.
- тесты API не зависят от технологий, требуется отправить HTTP-запрос и получить ответ в одном из популярных форматов, таких как JSON или XML.

Кроме того, используя API тестирование можно проводить нагрузочное тестирование, отправляя большое количество однотипных запросов с целью получения информации о производительности системы, другими словами,

можно узнать сколько пользователей системы может одновременно пользоваться одним и тем же функционалом не ломая систему.

GUI тестирование.

GUI- графический интерфейс. GUI тестирование считается одним из самых сложных, разработчику тестов требуется эмулировать работу браузера, что сделать достаточно тяжело, а после этого анализировать полученные результаты, вместе с этим данный вид тестирования важен.

Реализовать тест может быть сложно не только из-за симуляции работы браузера, нередко front приложения написан некорректно, отсутствуют уникальные идентификаторы элементов или необходимые атрибуты элемента, к примеру, пользователь может переместить карточку товара в корзину используя мышку, но так как у элемента карточка дополнительного атрибута, отвечающего за перемещение, реализовать такой функционал будет сложно, потребуется использовать дополнительный функционал, метод, который раньше состоял из одной строчки теперь будет содержать в себе в разы больше.

Используя этот вид тестирования, разработчик пишет сценарий теста, в нем содержится информация о том, какие кнопки нужно нажать, на какие страницы перейти и т.д., после этого так же в коде нужно сравнить ожидаемый результат с реальным. Здесь необходимо проверить не только работающий функционал, а также интерфейс на дружелюбность, корректное отображение и расположение объектов.

К преимуществам можно отнести:

- интерфейс тестируется с точки зрения клиента
- способствует проверке соответствия спецификациям дизайна
- повышает надежность и качество продукта

Такое тестирование напрямую зависит от разработчиков интерфейса системы, если он написан архитектурно правильно и каждый элемент содержит в себе все необходимые локаторы, то не будет проблем с реализацией тестовых кейсов. Вместе с тем не стоит забывать о том, что сценарий пишут люди, он не всегда бывает полным и может упускать некоторые проверки.

Приемочное тестирование

Часто называемое как E2E или сквозное. Тестирование проводят на основе приемочных тестов, которые были собраны в момент тестирования по предыдущим трем пунктам, данный вид тестирования проводится в том случае, если система достигла необходимого уровня качества и приемочные

тесты согласованы с заказчиком. Не столь важно кто проводит такое тестирование, но стоит заметить, что данный пункт стоит у вершины пирамиды, это говорит о том, что тестов должно быть как можно меньше, так как они требуют больших затрат на реализацию.

Заключение

Автором статьи был проведен анализ основных видов тестирования программного обеспечения, выявлены достоинства каждого из них и указаны недостатки.

Для полного тестирования системы требуется комбинировать все четыре подхода к тестированию так как каждый несет в себе одну конкретную проверку: сначала проверяются программные функции, каждая из которых ответственна только за один функционал, потом с помощью отправки запросов проверяется модуль, содержащий несколько функций, ответственных за несколько действий сразу, далее тестируется интерфейс, взаимодействующий с несколькими модулями, после тестируется финальная версия системы и согласуется с заказчиком.

Библиографический список

1. Бакенов, Р.И. Тестирование программного обеспечения: учебник для вузов / Р. И. Бакенов. – СПб.: Питер, 2020. - 528 с.
2. Болтон, М. Использование тестирования при разработке и сопровождении программных систем / М. Болтон. - М.: Техносфера, 2015. – 656 с.
3. ГОСТ 7.0.5-2008 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись: составление, правила. – Введ. 2008-01-01.
4. Гуссиенко, А.С. Распределенное тестирование программного обеспечения / А.С. Гуссиенко, Г.Р. Демьянов, Е.В. Кекчеев. – СПб.: БХВ – Петербург, 2019. - 464 с.
5. Давыдов, А.Н. Тестирование программного обеспечения / А.Н. Давыдов. - М.: Издательский дом МЭИ, 2018. – 334 с.
6. Канер, К. Мыслить как тестировщик: искусство практического анализа / К. Канер, Б. Фолк, Д. Шмидт. - М.: Вильямс, 2014. – 576 с.
7. Князев, Ю.А. Тестирование качества программного обеспечения / Ю.А. Князев. – М.: БХВ-Петербург, 2011. – 396 с.
8. Кобельский, В.В. Тестирование программного обеспечения: учебное пособие / В.В. Кобельский. – М.: Финансы и статистика, 2014. – 576 с.

9. Мылын, В. Тестирование программного обеспечения / В. Мылын, К. Пауэлл. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. –464 с.
10. Кон, Майк. K64 Scrum: гибкая разработка ПО.: Пер. с англ. – М. : ООО “И.Д. Вильямс”, 2011. – 576 с.

© Беспясова В.А., 2023

УДК 519.6

Е.В. САВИН

n778hr@mail.ru

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

Уфимский университет науки и технологий

ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТИ ИНТЕРПОЛЯЦИИ С ПОМОЩЬЮ РЕКУРРЕНТНОГО СООТНОШЕНИЯ ЭЙТКЕНА

Аннотация: данная статья сосредотачивается на анализе погрешностей, связанных с методами интерполяции, и исследует рекуррентное соотношение Эйткена, представляя его как ключевой инструмент для улучшения точности интерполяции функций. Этот материал может быть полезен как для студентов, изучающих численные методы, так и для практикующих инженеров, применяющих интерполяцию в своей работе.

Ключевые слова: погрешности интерполяции, рекуррентное соотношение Эйткена, интерполяция, точность интерполяции, численные методы, функции.

Интерполяционный многочлен Лагранжа.

Возникает задача приближенного восстановления функции f в произвольной точке x . Часто для решения этой задачи строится алгебраический многочлен $L_n(x)$ степени n , который в точках x_i принимает заданные значения, то есть

$$L_n(x_i) = f_i, i = 0, 1, \dots, n,$$

И называется интерполяционным. Точки $x_i, i = 0, 1, \dots, n$, называются узлами интерполяции.

Для оценки погрешности интерполяции можно использовать формулу, выражающую некоторое значение $f(x)$ и имеющую $n+1$ непрерывную

производную в виде суммы интерполяционного алгебраического многочлена n -степени.

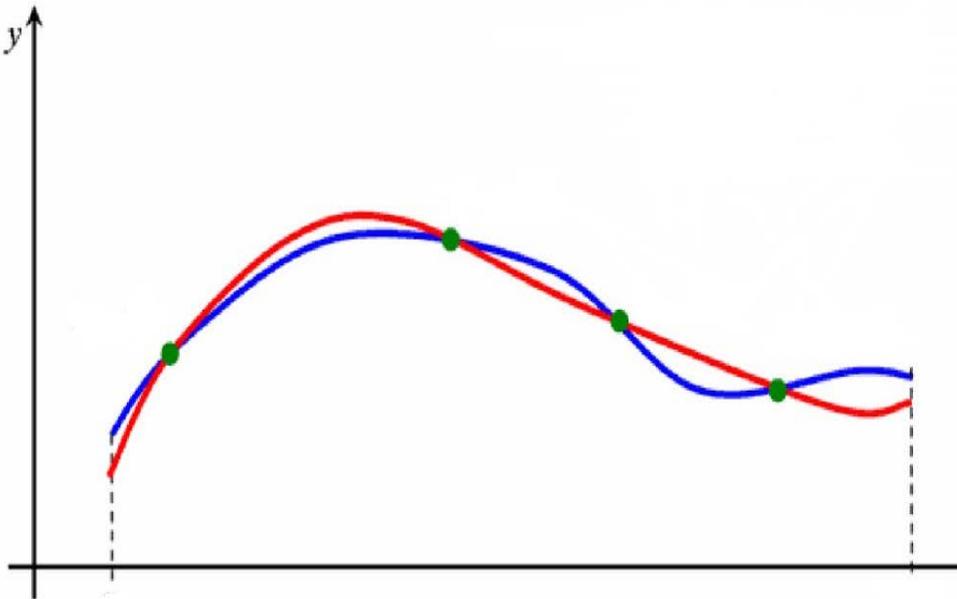
$$f(x) = P_n + \frac{\prod_{j=k}^{k+n} (x - x_j)}{(n+1)!} f^{n+1}(\xi)$$

$$\xi \in [x, x_n]$$

Если речь идет о интегральной функции по её табличным значениям, такая оценка называется аналитической. Например, производная любого порядка $\sin x$ или $\cos x$ не превышает 1.

Оценка погрешности интерполяции по результатам численного метода.

В случае, когда интерполируемая функция является результатом численного решения некоторой задачи, информация об искомой функции исчерпывается её значениями угловых точек, задачей интерполяции при этом является уникальной поскольку существует сколько угодно много функций проходящих через заданные точки, то есть решение может быть получено до произвольной аддитивной составляющей, имеющей нулевые значения во всех заданных точках.



На основании последней формулы можно представить математическую модель:

$$P_n^1(x) - f(x) = c_j \prod_{j=k_1}^{k_1+n} (x - x_j) + \partial_1(x)$$

x_j – узлы некоторой сетки.

$j=0, \dots, N_1$

c – величина предполагаемая независимо от положения узлов.

k_1 – номер начального узла, используемого в интерполяционной формуле.

Изменим сетку и введем новые узлы- x^2 .

$\partial_1(x)$ – дополнительная часть погрешности, полагаемая малой величиной по сравнению с первым слагаемым.

$j = 0, \dots, N_2$ и получим второе уравнение.

$$P_n^2(x) - f(x) = c_j \prod_{j=k_2}^{k_2+n} (x - x_j^2) + \partial_2(x)$$

Решаем систему двух данных уравнений, пренебрегаем ∂_1 и ∂_2 и вычитаем из второго уравнение первое, находим C .

$$\begin{cases} P_n^1(x) - f(x) = c_j \prod_{j=k_1}^{k_1+n} (x - x_j) + \partial_1(x) & (1) \\ P_n^2(x) - f(x) = c_j \prod_{j=k_2}^{k_2+n} (x - x_j) + \partial_2(x) & (2) \end{cases}$$

$$\Pi_i = \prod_{j=k_i}^{k_i+n} (x - x_j)$$

$$P_n^2(x) - P_n^1(x) = C(\Pi_2 - \Pi_1)$$

$$C = \frac{P_n^2(x) - P_n^1(x)}{\Pi_2 - \Pi_1}$$

Полученное C подставим в 1 уравнение.

$$P_n^1(x) - f(x) = \frac{P_n^2(x) - P_n^1(x)}{\Pi_2 - \Pi_1} \Pi_1$$

$$f(x) = \frac{P_n^2(x) - P_n^1(x)}{\Pi_2 - \Pi_1} \Pi_1 + P_n^1(x)$$

$$f(x) = \frac{P_n^1(x)\Pi_2 - P_n^2(x)\Pi_1}{\Pi_2 - \Pi_1}$$

Формулировать разные сетки можно различными способами, например уменьшение шага в два раза, выбором закона распределения узлов.

Рассмотрим случай, когда набор узлов состоит от k до $k+n$, а второй от $k+1$ до $k+n+1$.

$$P_n^1 - f(x) = \frac{[P_n^2(x) - P_n^1(x)] \times \prod_{j=k}^{k+n} (x - x_j)}{\frac{\prod_{j=k+1}^{k+n+1} (x - x_j) - \prod_{j=k}^{k+n} (x - x_j)}{x - x_{k+n+1} - x - x_k}}$$

$$P_n^1 - f(x) = \frac{[P_n^2(x) - P_n^1(x)] \times (x - x_k)(x - x_{k+1}) \dots (x - x_{k+n})}{(x - x_{k+1}) \dots (x - x_{k+n})(x - x_{k+n+1}) - (x - x_k) \dots (x - x_{k+n})}$$

$$P_n^1 - f(x) = \frac{[P_n^2(x) - P_n^1(x)] \times (x - x_k)}{x - x_{k+n+1} - x - x_k}$$

$$P_n^1 - f(x) = \frac{[P_n^2(x) - P_n^1(x)] \times (x - x_k)}{-x_{k+n+1} - x_k}$$

$$f(x) = \frac{x_{k+n+1} - x}{x_{k+n+1} - x_k} P_n^1(x) + \frac{x - x_k}{x_{k+n+1}} P_n^2(x) = P_{n+1} \quad (3)$$

Формула (3) называется рекуррентное соотношение Эйткена. Данная функция представляет собою интерполяционный член степени $n+1$, так как, во-первых, $P_{n+1}(x)$ является алгебраическим многочленом степени $n+1$, во-вторых в узлах с номера от $k+1$ до $k+n$ оба многочлена P_n^1 и P_n^2 , а следовательно и $P_{n+1}(x)$ совпадают с известными значениями $f(x)$, в-третьих

$$P_{n+1}(x_k) = P_n^1(x_k) = f(x)$$

И также в-четвертых

$$P_{n+1}(x_{k+n+1}) = P_n^2(x_{k+n+1}) = f(x_{k+n+1})$$

Таким образом данный способ оценки погрешности интерполяции сводится к построению интерполяционного многочлена $P_n(x)$ и сравнению проверяемого значения $P_n^1(x)$ и $P_n^2(x)$ с $P_{n+1}(x)$ как более точной интерполяционной функцией.

Библиографический список

1. Волков Е.А. Численные методы: учеб. пос. для вузов. – 2-е изд., испр. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987. – 248 с.
2. Н. С. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков. Численные методы – 7-е изд. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. – 636 с

© Савин Е.В., 2023

УДК 004.95

Г.О. ОРЛОВ

orlovgleb99@mail.ru

Научный руководитель – д-р техн.наук, проф., Воробьева Г.Р.

Уфимский университет науки и технологий

ПОДХОД К ВИЗУАЛИЗАЦИИ ТЕНЗОРА ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЛИФОВ

Аннотация: статья 5с., 3 рис., 5 источников. Цель работы: разработать подход к визуализации тензорных геомагнитных полей без потерь информации. Объектом исследования работы является визуализация магнитного поля Земли. Предметом исследования работы является реализация подхода к тензорному исчислению параметров геомагнитного поля, хранению, обработке и визуализации этих параметров, при котором эти параметры отображались бы наглядно, детально и в полном виде. Проведен анализ наиболее актуальных методов визуализации геомагнитных полей. Предложен подход к визуализации, который сочетает в себе основные достоинства всех

известных методов, основанный на визуализации геомагнитного поля в каждой точке пространства посредством глифа-суперэллипса.

Ключевые слова: тензор, геомагнитное поле, глиф, суперэллипс, геоинформационные системы, визуализация.\

Введение

Цель нашей исследовательской работы заключается в том, чтобы разработать подход к визуализации тензорных геомагнитных полей Земли без потери необходимой для дальнейших исследований информации.

Анализ уже существующих подходов показал, что они не подходят для визуализации тензорных полей. В данной связи основными задачами нашей работы являются выявление преимуществ существующих решений и разработка на основе их лучших практик собственной концепции, учитывающей тензорную специфику и отображающей геофизические данные не покомпонентно, как это было принято раньше, а комплексно

Анализ методов визуализации геомагнитных полей

1) 3D визуализация отдельных компонент векторов

Применение данного метода предполагает отдельную визуализацию каждой из компонент векторов как скалярного поля с последующей компиляцией этих трех изображений в общую картину [1]. Данный метод может быть в достаточной мере информативным, однако его наглядность снижена из-за наложения нескольких разных изображений.

2) Визуализация тензоров как геометрических объектов – глифов

Данный способ более экономичный, так как тензор визуализируется только посредством одного изображения вместо 3-х отдельных изображений, как это происходит при покомпонентной скалярной визуализации. Геометрическое представление тензора дает представление о векторе напряженности магнитного поля Земли, как о цельном объекте, как о единой сущности, в то же время скалярное покомпонентное представление зависит от базиса, в котором выбраны компоненты вектора.

3) Текстурные методы

Используется некая заготовленная текстура, которая накладывается на модель земного шара, а затем она искажается в соответствии с изменениями параметров геомагнитного вектора напряженности в каждой конкретной точке. Характеристики геомагнитного поля отображаются при помощи изменения как самой текстуры, так и её цвета (рис. 1). К достоинствам этого класса методов стоит отнести высокую производительность (используется только графический чип), а также хорошую наглядность.

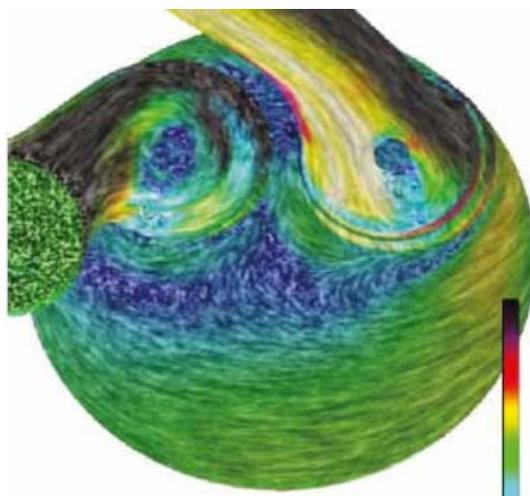


Рис. 1. Пример текстурной визуализации геомагнитного поля [2]

Метод визуализации геомагнитного поля Земли посредством глифов сочетает в себе информативность покомпонентного скалярного представления, а также экономичность и наглядность текстурного метода, что делает его наиболее пригодным для визуализации поля.

Предлагаемый метод визуализации

Для выполнения поставленных задач предлагается использовать тензорный глиф эллипсоидного типа (рис. 2).

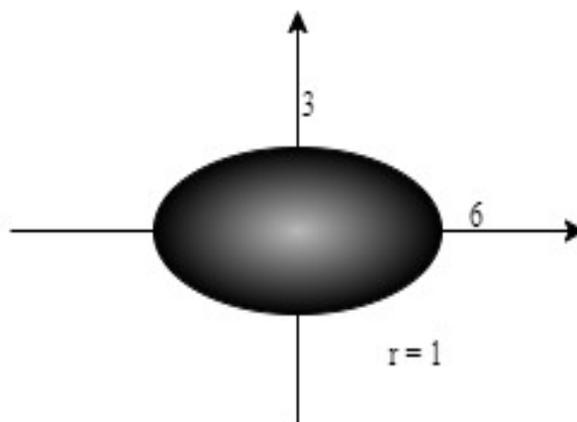


Рис. 2. Пример эллипсоидного глифа для тензора первого ранга

Целесообразным является использование суперэллипсоида. По каждой оси суперэллипса представляется значение определенного ранга тензора, выраженное монохромным градиентом [3]. Таким образом предлагается визуализировать параметры геомагнитного поля в каждой конкретной точке пространства (рис. 3). Такой подход сочетает в себе как наглядность, так и полноту отображаемой информации, поскольку данные глифы являются

цельными объектами и при этом содержат информацию обо всех необходимых параметрах.

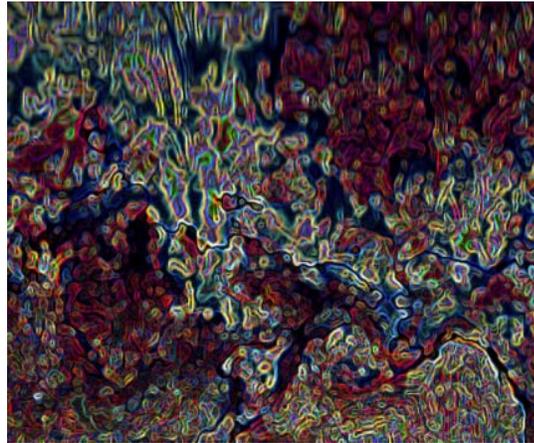


Рис. 3. Пример визуализации геомагнитного поля Земли при помощи глифов-суперэллипсов

Математическая модель

Предполагается использование тензоров 2-го ранга, прямоугольной формы со стороной 3 и количеством элементов $3 \times 3 = 9$ [4]. Каждый элемент тензора T представляет собой скорость изменения компонентов вектора напряженности E геомагнитного поля по каждой оси декартовой системы координат (1):

$$T = \begin{bmatrix} \frac{\partial E_x}{\partial x} & \frac{\partial E_x}{\partial y} & \frac{\partial E_x}{\partial z} \\ \frac{\partial E_y}{\partial x} & \frac{\partial E_y}{\partial y} & \frac{\partial E_y}{\partial z} \\ \frac{\partial E_z}{\partial x} & \frac{\partial E_z}{\partial y} & \frac{\partial E_z}{\partial z} \end{bmatrix} \quad (1).$$

При необходимости перехода к сферическим координатам тензор можно трансформировать, изменив значения тензора согласно правилам перехода, поскольку известны соотношения между этими координатными системами (2):

$$\begin{aligned} x &= r \cdot \sin(\theta) \cos(\varphi), \\ y &= r \cdot \sin(\theta) \sin(\varphi), \\ z &= r \cdot \cos(\theta), \end{aligned} \quad (2)$$

где r – это радиус-вектор напряженности, φ – долгота, а θ – угол между осью z и радиус-вектором.

Предлагаемый способ хранения данных

Физическое хранение тензоров предлагается организовать в виде матриц. Структура СУБД должна быть гибридом реляционной и иерархической схем данных. Оптимальным является использование XML-структуры [5]. Каждая ось тензора записывается отдельным кортежем, а используемая система координат, ранг, форма и размер записываются в отдельной секции как метаданные.

Также необходимо предусмотреть возможность хранения тензоров в разных системах координат, например, в сферической и декартовой. Это означает необходимость записи трансформационного тензора и правил трансформации. Для базового и трансформационного тензора следует использовать отдельные таблицы, связанные внешним ключом. Правила для трансформации предлагается хранить в базовом тензоре в отдельной секции и необрабатываемом формате (во избежание возможных ошибок при обработке XML документов).

Заключение

Таким образом, была предложена концепция визуализации параметров геомагнитного поля Земли, которая предполагает сочетание наглядности выводимой информации с ее полнотой, а также хранение и обработку необходимых значений в различных координатных системах. Цель работы можно считать достигнутой, а задачи – выполненными.

Библиографический список

1. «Визуализация тензорных полей на основе геометрического представления тензоров» / Ю.И. Димитриенко [и др.] – Научная визуализация, 2018, т. 10, №2, 95–111 с.
2. «Анализ методов визуализации геофизических полей в геоинформационных системах» / М.А. Боярчук [и др.] – Известия высших учебных заведений, геодезия и аэрофотосъемка, № 1, 2017
3. «A survey on visualization of tensor field» / Chongke Bi [и др.] – The Visualization Society of Japan, 2019
4. «The geomagnetic field gradient tensor» / Nils Olsen [и др.] – GEM – International Journal on Geomathematics, 2012, 297–314 с.
5. «Theoretical Research on Full Attitude Determination Using Geomagnetic Gradient Tensor» / Huang Y., Wu L., Li D. – The Journal of Navigation, 2015. No. 68(5). P. 951-961.

© Орлов Г.О., 2023

УДК 004.9

И.А. САФРОНОВ, Р.Р. ДАВЛЕТБАЕВ

ivan2014159@gmail.com, ramzesdavletbaev23@gmail.com

Науч. руковод. – канд. техн.наук, доцент **О.С. НУРГАЯНОВА**

Уфимский университет науки и технологий

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ ОТОПЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ ПЛАТФОРМЫ ARDUINO

Аннотация: статья посвящена автоматизации системы отопления с использованием платформы Arduino. Описаны функциональные и программно-технические требования к системе отопления, а также аппаратная и программная реализации.

Ключевые слова: автоматизация, отопление, автоматизация отопления, Arduino, Wemos ESP32, дистанционное управления, удаленное управление, контроллер отопления.

Введение

В любое время люди стремятся снизить затраты на содержание дома и сделать его более энергоэффективным. Одним из способов достижения этой цели является автоматизация системы отопления. Существует множество различных технологий и устройств, которые могут быть использованы для управления системой отопления, и одним из таких подходов является использование платформы Arduino [1].

Основная цель автоматизации системы отопления заключается в том, чтобы обеспечить комфортную температуру внутри здания, используя минимальное количество энергии. Для этого необходимо создать эффективную систему управления, состоящую из компонентов, которые будут автоматически регулировать температуру, контролируя при этом расход энергии.

Функциональные требования к управлению системой отопления

Проанализировав необходимые требования для систем отопления были сформулированы следующие функциональные требования к программному обеспечению:

- возможность задать максимальную и минимальную температуру котла;
- возможность задать гистерезис для котла;
- возможность установить целевую температуры ГВС;
- возможность задать гистерезис для ГВС;
- возможность установить целевую температуры в комнате;
- автоматическое управление насосом ГВС и котлом для поддержания заданной температуры ГВС;
- автоматическое управление насосом радиаторов и котлом для поддержания заданной температуры на основе ПИД-регулирования;
- возможность включения режима «Ручное управление»;
- сохранение установленных параметров в энергонезависимой памяти (EEPROM).

Аппаратная реализация системы управления отоплением

В качестве микроконтроллера был выбран Wemos ESP32 [2], он обладает высокой производительностью, большим объемом оперативной памяти и памяти устройства, встроенной поддержкой Wi-Fi и Bluetooth. Также этот микроконтроллер имеет достаточное количество входов и выходов для эффективного управления котлом, насосами и предоставляет необходимое количество входов для подключения различных датчиков.

Для измерений показаний температуры был выбран датчик DS18B20 [3]. DS18B20 – это цифровой датчик температуры, который использует интерфейс 1-wire для связи с микроконтроллером. Он имеет точность измерения 0,5 градуса Цельсия и диапазон измеряемых температур от -55°C до $+125^{\circ}\text{C}$;

Для переключения режимов работы оборудования используется твердотельное реле. Твердотельное реле (Solid-State Relay, SSR) – это электронный элемент, который позволяет управлять высоким напряжением и током с помощью управляющего сигнала малой мощности. В отличие от обычных механических реле, SSR не имеет подвижных частей, что уменьшает вероятность поломок и увеличивает срок его службы;

Программная реализация системы управления отоплением

Языком программирования для данного проекта является язык Arduino [4]. Он основан на языке C/C++, но имеет упрощенный синтаксис и

набор библиотек, специально разработанных для удобства работы с микроконтроллерами Arduino.

В качестве интегрированной среды разработки (IDE) была выбрана платформа PlatformIO [5]. Это решение было обосновано рядом преимуществ и возможностей, которые предлагает данная платформа по сравнению с другими аналогичными инструментами.

Преимущества PlatformIO:

1. Мультиплатформенность. Позволяет работать с различными микроконтроллерами на одной платформе разработки, не переключаясь между разными средами разработки;

2. Время компиляции проекта. Это достигается благодаря кешированию библиотек, что позволяет значительно сократить время, затрачиваемое на повторные компиляции;

3. Удобная работа с библиотеками. PlatformIO обладает мощной системой управления зависимостями, которая позволяет легко добавлять и управлять библиотеками для проектов;

4. Поддержка систем контроля версий. PlatformIO хорошо интегрируется с популярными системами контроля версий, такими как Git;

5. Обновления и поддержка. PlatformIO активно развивается и обновляется, что гарантирует получение новых функций и исправлений ошибок.

Эти преимущества способствуют более эффективной и удобной разработке программного обеспечения для микроконтроллеров.

Для обеспечения максимальной удобства использования конечного приложения был сделан выбор в пользу платформы Arduino IoT Cloud. Эта платформа предоставляет обширные возможности для мониторинга и контроля различных параметров отопления с использованием облачного подключения.

Структура программы

Структура программного обеспечения была разработана с учетом функциональных требований и задач, стоящих перед системой управления отоплением. Программа содержит ряд ключевых компонент, каждый из которых выполняет определенные функции и взаимодействует с другими компонентами для обеспечения эффективного и надежного функционирования системы.

В данной работе структура программного обеспечения включает следующие основные компоненты:

1. Компонент инициализации:

1.1. Настройка последовательного порта для обмена данными с компьютером;

- 1.2. Инициализация библиотек и устройств;
- 1.3. Установка пинов для реле и датчиков температуры.
2. Компонент подключения к Arduino IoT Cloud:
 - 2.1. Создание и инициализация переменных, которые будут автоматически обновляться при изменении значений в интерфейсе Arduino IoT Cloud;
 - 2.2. Настройка отладочной информации и вывод ее в серийный монитор;
 - 2.3. Установка связи с Arduino IoT Cloud.
3. Компонент основного цикла программы:
 - 3.1. Обновление соединения с Arduino IoT Cloud;
 - 3.2. Запрос и получение данных от датчиков температуры;
 - 3.3. Управление работой системы отопления в зависимости от полученных данных:
 - контроль и управление работой газового котла;
 - контроль и управление насосом горячего водоснабжения;
 - контроль и управление насосом циркуляции горячего водоснабжения;
 - контроль и управление насосом радиаторов;
 - управление дополнительным запросом тепла для горячего водоснабжения.
 - 3.4. Обработка изменений параметров и управляющих сигналов в интерфейсе Arduino IoT Cloud.
4. Компонент, реализующий функции обратного вызова:
 - 4.1. Функции, вызываемые при изменении значений переменных в интерфейсе Arduino IoT Cloud;
 - 4.2. Функции обработки изменений состояния реле и управляющих сигналов.
5. Компонент записи и чтения настроек:
 - 5.1. Использование библиотеки Preferences для сохранения и чтения настроек в энергонезависимую память (EEPROM) Arduino;
 - 5.2. Сохранение и чтение целевых температур, гистерезисов, ограничений температуры в газовом котле и других параметров.

Заключение

Автоматизация систем отопления на базе платформы Arduino представляет собой эффективное решение для современных домов, которые стремятся к повышению удобства использования и энергоэффективности отопительных систем.

Данный проект не только демонстрирует, как с использованием современных технологий можно достичь более комфортной среды внутри дома, но и подчеркивает важность инноваций в области управления

ресурсами. Все это делает его актуальным и перспективным решением для современного индивидуального жилищного строительства и коммерческих объектов недвижимости.

Библиографический список

1. Блум Д. «Изучаем Arduino: инструменты и методы технического волшебства» BHV-СПБ, 2020. URL: <https://bhv.ru/product/izuchaem-arduino-instrumenty-i-metody-tehnicheskogo-volshebstva/>
2. Документация платы ESP32. URL: <https://www.espressosystems.com/ESP32/>
3. Статья о датчике температуры Arduino DS18B20. URL: <https://arduinomaster.ru/datchiki-arduino/arduino-ds18b20/>
4. Язык программирования Arduino. URL: <https://arduino.ru/Reference>
5. Официальный сайт PlatformIO. URL: <https://platformio.org/>

© Сафронов И.А., Давлетбаев Р.Р., 2023

УДК 004.92

Н.Р. НИКИТИН

herobrinectiv@mail.ru

Науч. руковод. – ассистент каф ГИС, **В.Д. ТРУБИН**

Уфимский университет науки и технологий

РАЗРАБОТКА ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ 3D ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ НА ПРИМЕРЕ ГИС УУНИТ

Аннотация: в настоящей работе рассматривается разработка веб-приложения 3d визуализации пространственных данных.

Ключевые слова: геоинформационная система; пространственные данные; атрибутивные данные; информационная система; трехмерная модель; unity; blender; WEBGL.

Объединённый университет УУНиТ имеет сложную территориально-распределенную структуру, из-за чего у новых студентов может возникать проблема с ориентированием в нем.

На данный момент, не существует решения, которое позволит изучить УУНиТ (литера Т). Соответственно абитуриенты, иностранные граждане и сотрудники не имеют возможности найти необходимую точку интереса во многочисленных корпусах университета, что осложняет взаимодействие с разнообразными структурными подразделениями этой сложной территориально распределённой системы.

В последнее время стало популярно и удобно пользоваться сервисами, не выходя из дома. Однако, идея посещения мест, удаленных на определенное расстояние, не нова. Существует такое понятие как «Виртуальный тур». Виртуальный тур представляет собой способ отображения трехмерного пространства путем склеивания сферических панорам, между которыми можно перемещаться. Но такое путешествие ограничено точками обзора, которые заданы для просмотра, так как по сути движения не происходит. На деле, пользователь просто рассматривает панорамные фотографии помещения. Одним из ярких примеров виртуального тура можно считать Google Карты, которые позволяют осмотреть место, но только на заранее выбранной точке.

Для того чтобы пользователь мог взаимодействовать с трехмерной моделью, её необходимо отобразить в специальной среде просмотра трехмерных моделей. Можно было бы создать десктопное решение, но в таком случае пользователю пришлось бы скачивать программу на свое устройство, а вместе с тем и информацию из базы пространственных данных. Лучшим решением этой проблемы будет разместить приложение с применением веб технологий. Современные устройства обрабатывают трехмерную графику прямо из окна браузера. Веб-приложение упростит доступ к трехмерной модели. При таком подходе если какая-то информация изменится, то и обновлять пользователю ничего не придется.

Применение трехмерной графики в веб формате возможно благодаря WebGL. WebGL это кроссплатформенный API для 3D-графики в браузере, который использует язык программирования шейдеров GLSL. Он исполняется как элемент HTML5 и поэтому является полноценной частью объектной модели документа браузера.

Реальные физические объекты не только существуют, но и обладают некоторыми свойствами. Так, у города есть размер населения, у района –

периметр и имя главы администрации, у страны - общая площадь и тип государственного управления. И для хранения всей этой информации применяются атрибутивные таблицы. В них каждому картографическому объекту соответствует запись базы данных, отдельные поля которой – числовые, символьные, логические – определяют различные атрибуты объекта: номер, уникальное имя, степень загрязнения, дату создания, и еще что угодно. В зависимости от числовых и логических параметров можно по-разному показать разные типы объектов, скажем, различить асфальтовые, грунтовые и проселочные дороги.

В базе пространственных данных УУНиТ также присутствует атрибутивная информация. Данная атрибутивная информация будет использована, для вывода информации об объекте внутри веб-приложения, чтобы пользователь смог узнать, какой это корпус или кабинет. Необходимо создать связь между средой разработки и базой пространственных данных, чтобы приложение имело доступ к атрибутивной информации. Так как готового решения подобной задачи нет, будет написан скрипт, осуществляющий подключение к базе пространственных данных. Таким образом, информацию можно будет легко менять, изменяя только атрибутивную информацию в базе пространственных данных.

Для построения трехмерной модели в веб-формате применим схожую технологию. Вместо того, чтобы собирать необходимые данные с нуля, воспользуемся шейп-файлами из базы пространственных данных УУНиТ. Трехмерная модель уже построена в ArcGIS, но необходима более гибкая платформа для просмотра трёхмерной модели УУНиТ, по этой причине экспортируем модель из ArcGIS в универсальную среду трехмерного проектирования Blender. Для этой задачи воспользуемся аддоном BlenderGIS. Он имеет настройку по нескольким параметрам. Параметр *elevation* отвечает, на какую высоту поднять слой. Параметр *extrusion* отвечает за то, насколько необходимо вытянуть объект. А параметр *separate* позволяет разделить объекты на разные, так как на одном шейп-слое могут быть разные объекты, это очень полезно. Аддон способен получать атрибутивную информацию слоя, и использовать в качестве входных данных. В базе пространственных данных присутствуют все необходимые значения, поэтому воспользуемся ими для введения входных параметров.

Для удобного просмотра трехмерной модели в веб-формате необходимы элементы управления, чтобы пользователь мог перемещаться и взаимодействовать с объектами. Для перемещения объектов в виртуальном

пространстве принято использовать стандартный набор клавиш WASD или стрелочки в случае, если пользователь является левшой и ему так удобнее.

Для камеры также напишем скрипт, который прикрепит ее к объекту, чтобы имитировать отображение от первого лица. При передвижении камера будет двигаться вместе с Person. В избежание неполадок с прокручиванием камеры на 360 градусов по вертикали, внесем ограничения, которые устранят подобную ошибку.

Необходимая атрибутивная информация хранится в БД, которая в свою очередь администрируется с помощью phpMyAdmin. Для того, чтобы получать атрибутивную информацию из базы пространственных данных УУНиТ, необходимо создать скрипт подключения к БД.

В скрипте реализована функция, которая сортирует, разбивает и присваивает выводимую атрибутивную информацию соответствующему этой информации объекту. В результате, когда пользователь нажимает на объект, который имеет информацию, будет всплывать окошко с текстом, в котором будет находиться информация из базы пространственных данных.

Для тестирования приложения был развернут веб-сервер для того, чтобы можно было на нем запустить веб-приложение. Были проверены элементы управления, отображение информации и производительность. Все найденные проблемы, такие как прохождение сквозь объекты, были выявлены и исправлены.

В среднем показатель FPS был равен 25 кадрам, в моменты сильной загруженности FPS был равен 16 кадрам.

В ходе работы над проектом было разработано веб-приложение 3D визуализации пространственных данных на примере ГИС УУНиТ с применением пространственных и атрибутивных данных из базы пространственных данных.

Библиографический список

1. Гончаров, А.С. Цифровой двойник: обзор существующих решений и перспективы развития технологии / А.С. Гончаров, В.М. Саклаков // Информационно-телекоммуникационные системы и технологии: материалы Всероссийской научно-практической конференции, Кемерово, 11–13 октября 2018 года. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2018. – С. 24-26. – EDN YQMPBZ.

2. Моделирование и использование пространственных данных для управления сложными распределёнными системами / Е.С. Брекоткина, Р.А. Гилязов, С.В. Павлов, В.Д. Трубин // Информационные технологии интеллектуальной поддержки принятия решений (ITTDS'2020): Труды VIII Всероссийской научной конференции (с приглашением зарубежных ученых). В 2-х томах, Уфа, 06–09 октября 2020 года. Том 1. – Уфа: Уфимский государственный авиационный технический университет, 2020. – С. 192-198. – EDN YGSSDZ.

3. National BIM Standard [Электронный ресурс]: Glossary page / WHAT IS A BIM? – режим доступа: <https://nationalbimstandard.org/faqs#faq1>

4. WebGL fundamentals [Электронный ресурс]: Статьи / Основы WebGL – режим доступа: <https://webglfundamentals.org/webgl/lessons/ru/>

© Никитин Н.Р., 2023

УДК 004

Р.А. КАШАПОВ

k.ruslan.ufa@gmail.com

Науч. руковод. – канд. техн. наук, профессор **А.Ф. ВАЛЕЕВА**

Уфимский университет науки и технологий

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ МАРШРУТИЗАЦИИ С УЧЕТОМ ДВУМЕРНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ ГРУЗА ВНУТРИ НА БАЗЕ МЕТАЭВРИСТИКИ «МУРАВЬИНАЯ КОЛОНИЯ»

Аннотация: объектом исследования является процесс построения рационального маршрута и размещения грузов внутри транспортных средств. Предметом исследования являются модели и методы построения рационального маршрута и решения задачи двумерной упаковки.

В работе приводятся результаты проведенного анализа предметной области, сравнение методов решения задач маршрутизации, которое позволило выбрать алгоритм для решения задачи маршрутизации с двумерным размещением груза внутри транспортного средства.

С помощью разработанного программного продукта был проведен численный эксперимент, позволивший сделать вывод о том, что лучшим

алгоритмом для решения задачи маршрутизации в рассматриваемых условиях является алгоритм муравьиной колонии.

Ключевые слова: задача маршрутизации с двумерным размещением груза внутри, алгоритм муравьиной колонии, метаэвристические алгоритмы.

Обзор задач маршрутизации транспортных средств

Задача маршрутизации транспортных средств (VPR) – это задача дискретной оптимизации, целью которой является поиск оптимального пути для доставки груза клиентам, что является обобщением классической задачи коммивояжера. Впервые данная задача была рассмотрена в 1959 году. [1] Дано множество транспортных средств и множество клиентов, требуется составить маршруты для ТС таким образом, чтобы потребности клиентов удовлетворялись, а общий пробег парка ТС был минимальным. Данная задача является NP-трудной, это значит, что не существует эффективного алгоритма, способного решить данную задачу за полиномиальное время.

Существует множество классов задач маршрутизации, которые учитывают различные ограничения и условия (грузоподъемность, временные окна, множество депо, возврат товара, отдельную доставку). Рассмотрим некоторые из этих задач:

1. Задача маршрутизации ТС с учетом грузоподъемности (Capacitated Vehicle Routing Problem, CVRP): каждое ТС в депо имеет ограничения по грузоподъемности. На задачи CVRP могут накладываться дополнительные ограничения на размещение груза внутри ТС: 2L-CVRP – двумерное размещение груза внутри ТС, 3L-CVRP – трёхмерное размещение груза внутри ТС.

2. Задача маршрутизации ТС с отдельной доставкой (Split Delivery Vehicle Routing Problem, SDVRP): грузы могут быть разделены между несколькими ТС, что означает что клиента могут обслужить несколько ТС.

3. Задача маршрутизации ТС с временными окнами (VRPTW – Vehicle Routing Problem with Time Windows): для каждого клиента имеются временные окна, в которые они должны быть обслужены. ТС не может доставить груз слишком рано или слишком поздно.

4. Задача маршрутизации ТС возвратом товаров (VRPPD – Vehicle Routing Problem with Pick-up and Delivery): клиенты имеют возможность вернуть товар в депо.

5. Задача маршрутизации ТС с возможностью дозагрузки (Vehicle Routing Problem with Satellite Facilities, VRPSF): в данной задаче ТС имеют возможность дозагрузки в промежуточных пунктах.

6. Задача маршрутизации ТС с множеством депо (Multiple Depot Vehicle Routing Problem, MDVRP): для обслуживания клиентов используется несколько депо.

7. Задача маршрутизации ТС со случайными данными (Stochastic Vehicle Routing Problem, SVRP): некоторые составляющие задачи имеют случайное поведение.

Методы решения задач маршрутизации

Существует несколько подходов к решению задач маршрутизации:

1. Точные алгоритмы. Данные алгоритмы работают на основе полного перебора всех возможных решений до достижения оптимального решения. Минусом данного подхода является тот факт, что при больших входных данных время выполнения алгоритма экспоненциально увеличивается. Примерами точных алгоритмов являются: метод ветвей и границ, метод ветвей с отсечением.

2. Эвристические алгоритмы, которые основаны на применении эвристических правил и стратегий. Эвристики могут предоставлять приближенное решение за меньшее время по сравнению с точными алгоритмами. Минусом данного подхода является то, что данные алгоритмы не гарантируют нахождение оптимального решения. Данные алгоритмы активно применяются для решения NP-трудных задач. Примеры некоторых эвристических алгоритмов: конструктивные алгоритмы, двухфазные алгоритмы, жадные алгоритмы.

3. Метаэвристические алгоритмы – являются подклассом эвристических алгоритмов и делятся на несколько видов: Алгоритмы роевого интеллекта, которые моделируют поведение колонии или стаи, к ним относят алгоритм муравьиной колонии, китовый алгоритм. Эволюционные алгоритмы, основанные на принципах естественного отбора. Используют термины скрещивания, мутаций, популяций для генерации новых поколений решений. Примерами служат генетический алгоритм, эволюционный алгоритм. Алгоритмы локального поиска.

Анализ алгоритмов решения для задач маршрутизации показал, что метаэвристические алгоритмы будут предпочтительнее для решения задачи маршрутизации за счет того, что они основаны на итеративном процессе и имеют случайную составляющую. Это позволяет достигать решений, близких к оптимальному.

Алгоритм для решения задачи маршрутизации с двумерным размещением груза внутри транспортного средства

Для нахождения рационального решения данной задачи будут использоваться алгоритм оптимизации муравьиной колонии (Ant Colony Optimization) [2], а также алгоритм «Наилучший подходящий» (Best Fit) [3].

Задача делится на 3 части:

1. Нахождение общего маршрута. Для нахождения маршрута используется алгоритм муравьиной колонии. Найденный маршрут будет использоваться в качестве приоритетного списка для двумерного размещения груза внутри ТС.

2. Двумерное размещение груза внутри ТС[4] на основе приоритетного списка посещения клиентов, полученного в части 1.

3. Формирование маршрутов для каждого ТС и подсчет целевой функции для всех ТС.

Входные данные:

Параметры: множество городов и клиентов, матрица расстояний, спрос клиентов, длина, ширина, масса грузов,

длина, ширина, грузоподъемность ТС

Выходные данные: рациональный маршрут, карта упаковки

Алгоритм:

1. Инициализация параметров

2. Повторять до тех пор, пока не достигнуты условия остановки (превышение количества итераций):

Для всех агентов выполнить

Построить_решение ()

Конец Для

Для всех значений феромона выполнить

Испарение_Феромона ()

Конец Для

Для всех значений феромона, соответствующих хорошим решениям,

Выполнить

Увеличение_Феромона ()

Конец Для

Конец Пока

3. Выбор лучшего маршрута, представленного в виде приоритетного списка из номеров клиентов

4. Процедура **2D-РАСК** () // размещение грузов ТС на базе решения, полученного на шаге 3.

5. Подсчет целевой функции

В процедуре **Построить_решение** () каждый агент строит решение, добавляя его фрагменты к частично построенному решению, выбирает компонент по вероятностному правилу:

$$P_{vj} = \frac{\tau_{ij}^{\alpha} \eta_{ij}^{\beta}}{\sum_m \tau_{im}^{\alpha} \eta_{im}^{\beta}} \quad (1)$$

где α – параметр для определения относительного влияния феромона, β – параметр для относительного влияния эвристической информации $\eta_{ij} = 1/d_{ij}$ – привлекательность перехода от клиента i к клиенту j , где d_{ij} – расстояние между i и j .

τ_{ij} – уровень феромона, который показывает желательность перехода от клиента i к клиенту j .

Процедура **Испарение_Феромона** () моделирует процесс испарения феромона по формуле:

$$\tau_{ij} \leftarrow (1 - \xi)\tau_{ij} + \xi \cdot \tau_0 \quad (2)$$

где ξ – параметр, задаваемый при инициализации алгоритма, $(1 - \xi)$ локальное с . τ_0

испарение феромона на компоненте - уровень феромона, задаваемый при инициализации алгоритма.

Процедура **Увеличение_Феромона**() служит для добавления феромона на компоненты лучших решений итерации по формуле:

$$\tau_{ij} \leftarrow (1 - p)\tau_{ij} + \Delta\tau_{ij} \quad (3)$$

где $\Delta\tau_{ij}$ - значение целевой функции (1) лучшего решения итерации $\Delta\tau_{ij} =$
1

$$f(s_j) = \sum_{v=1}^{r_u} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n cost_v \cdot x_{ijv}.$$

, где 1-p – испарение

феромона на компоненте в конце итерации, где p – параметр, задаваемый при инициализации алгоритма.

Процедура **2D-РАСК()** – представляет собой алгоритм наилучший подходящий

Алгоритм:

Для каждого груза $j \in \text{уріvkr}$ выполнить

Отсортировать j по приоритетному списку

Для каждого груза $j \in \text{уріvkr}$ выполнить

Взять ТС $v \in V_h$ с наименьшей оставшейся площадью

Если количество груза $<$ грузоподъемность

Если стороны грузов \parallel сторонам кузова ТС

Если груз j не перекрывает груз $s \in$

J_r

Если груз j не выходит за границы ТС

Добавить j в позицию правого нижнего угла ТС

Иначе взять другое ТС $v \in V_h$

Иначе взять другое ТС $v \in V_h$

Обновить координаты груза j

Вычислить оставшуюся площадь $v \in V_h$

Если все грузы $j \in \text{уріvkr}$ упакованы

Декодировать решение в карту упаковки

Численный эксперимент

Эксперименты проводились на вычислительной машине с процессором Intel® Core™ i5-10300H с тактовой частотой 2.50 GHz и оперативной памятью 8 Гб на операционной системе Windows 10 x 64.

Эксперимент проводился на наборе данных из 10, 20 и 50 клиентов. Для тестового набора известны названия населенных пунктов, в которых находятся клиенты, спрос каждого клиента, парк ТС с грузоподъемностями, расходом и стоимостью аренды.

В таблице 1 и таблице 2 произведено сравнение результатов работы алгоритма муравьиной колонии и генетического алгоритма для задачи маршрутизации с двумерным размещением груза внутри ТС на данном наборе данных.

Таблица 1 – Результат работы алгоритма муравьиной колонии

Алгоритм муравьиной колонии			
Прогон	10 клиентов	20 клиентов	50 клиентов
1	376746	818855	1809771
2	376746	747708	1835848
3	376746	781151	1855940
4	376746	755030	1965532
5	376746	814881	1796781

Таблица 2 – Результат работы генетического алгоритма

Генетический алгоритм			
Прогон	10 клиентов	20 клиентов	50 клиентов
1	377796	774384	1846422
2	405883	780320	1964596
3	430104	808970	1969746
4	393841	750384	2006333
5	430104	834537	1894280

Результаты численного эксперимента представлены в таблицах 1–2, они показывают, что при количестве клиентов равном 10 и 20, алгоритмы имеют примерно одинаковые результаты, при количестве клиентов равном 50 – алгоритм муравьиной колонии показывает себя лучше, сокращая транспортные расходы на 4%.

Библиографический список

1. Dantzig, G. and Ramser, J. (1959) The truck dispatching problem. *Management Science*, 13, 80-91.
2. M. Dorigo, 1992. *Optimization, Learning and Natural Algorithms*, PhD thesis, Politecnico di Milano, Italy.
3. Lei Huang, Zhi Liu, 2014, Sapporo, Japan, *An improved lowest-level best-fit algorithm with memory for the 2D-rectangular packing problem*.
4. M. Seizinger, 2016, *The Two-Dimensional Bin Packing Problem with Side Constraints*, Thesis for: Master of Science.

© Кашапов Р.А., 2023

Е.А. РАЩЕПКИН

e.a.rashchepkin@gmail.com

Науч. руковод. – канд. биол. наук, доцент **М.Р. БОГДАНОВ**

Уфимский университет науки и технологий

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К АНОНИМИЗАЦИИ ДАННЫХ И ГЕНЕРАЦИИ НАБОРОВ ТЕСТОВЫХ ДАННЫХ

Аннотация: в статье описана проблематика создания тестовых баз данных (наборов данных) в таких сценариях как разработка программного обеспечения в командах с разделением ролей, работа с «чувствительными» данными (данными ограниченного доступа), проведение нагрузочного и других видов тестирования.

Ключевые слова: «чувствительные» данные; генерация тестовых данных; анонимизация данных; высокопроизводительная обработка данных; современные базы данных; PostgreSQL; Rust.

Проблема защиты персональных и других «чувствительных» данных в современном мире является острой, и существует тенденция, что в будущем ее важность будет только расти. Можно перечислить много примеров, когда утечки таких данных приводили к существенным финансовым и репутационным потерям для организаций, осуществляющих их обработку, не говоря уже об ущербе для тех лиц, чьи данные были скомпрометированы.

Существует значительное количество стандартов и правовых актов, регламентирующих процесс обработки таких данных. В качестве примеров можно привести российский ФЗ «О защите персональных данных», европейский General Data Protection Regulation (GDPR), американские Health Insurance Portability and Accountability Act (HIPAA) или Health Information Technology for Economic and Clinical Health Act (HITECH) и др.

Довольно часто причины утечки имеют корни в самой организации процесса разработки программного обеспечения (ПО). Практически любая крупная информационная система сегодня является непрерывно

развивающимся и эволюционирующим продуктом (часто с использованием различных разновидностей Agile-подхода к разработке ПО), подстраиваемым под непрерывно изменяющиеся требования.

При этом, как правило, различные окружения для разработчиков, анализа качества или тестирования стараются поддерживать максимально гомогенными с продакшн-окружением. Иногда это касается и данных – т.е. возникает потребность использовать на тестовых окружениях данные, максимально приближенные к реальным, уже имеющимся в продукте. Типовые сценарии, когда это может быть нужно – нагрузочное тестирование, выявление «узких мест» в производительности, поиск дефектов (багов), различные демонстрационные версии продуктов.

Существование таких сценариев порождает необходимость в анонимизации «чувствительных» данных, либо в генерации полностью тестовых наборов данных с заданными характеристиками.

Помочь в анонимизации может строгое разделение «чувствительных» и обычных данных, однако, это требует, чтобы система была изначально спроектирована с учётом такого разделения. Другим интересным подходом является использование индивидуальных ключей шифрования для каждого пользователя (с шифрованием данных этого пользователя этим ключом), что позволяет при отсутствии ключа гарантировать невозможность чтения данных, но такой подход тоже требует предварительного проектирования. На практике же мы часто сталкиваемся с уже существующими системами, в которых могут использоваться, в том числе, и не самые удачные архитектурные решения (изменение которых требует больших ресурсов).

Другим подходом является генерация набора данных, в котором данные скрыты или заменены «поддельными» данными, похожими по формату и структуре на реальные. Физически такой набор может представлять собой, например, дампы PostgreSQL и т. п. – в зависимости от конкретного типа используемой БД.

Существует достаточно много инструментов для реализации подобных задач. Приведем несколько примеров:

Mockaroo – гибкий инструмент для генерации реалистичных тестовых данных, позволяющий генерировать тысячи записей с данными в различных форматах (CSV, JSON, SQL и др.)

ARX – ПО с открытым исходным кодом для анонимизации персональных и других «чувствительных» данных.

Amnesia – инструмент для анонимизации данных в различных форматах с сохранением заданных характеристик.

Однако разработка таких инструментов не является простой задачей. Основной сложностью является необходимость с одной стороны, обеспечить

высокую производительность, а именно, высокую скорость генерации/анонимизации данных и низкое потребление памяти (с учетом того, что объемы данных могут быть очень большими), и возможность гибкой конфигурации, которая необходима, в том числе, чтобы обеспечить возможность сохранения максимального сходства характеристик тестовых и реальных данных.

Для создания высокопроизводительного кода обычно используются низкоуровневые языки программирования (ЯП), такие, как например, С, которые однако, имеют достаточно низкий уровень выразительности и не очень богатые средства для создания множественных слоев абстракций (что облегчает реализацию сложной логики). При этом они очень требовательны к дисциплине и профессионализму разработчика, т.к. позволяют допускать достаточно много специфических ошибок, ведущих к появлению сложно обнаруживаемых дефектов ПО.

Более удобные и выразительные ЯП, с другой стороны, часто недостаточно производительны и эффективны.

Возможно, именно это является основной причиной того, что существующие инструменты часто либо не обладают достаточной гибкостью и функциональностью, либо имеют недостаточную скорость работы, что ведет к тому, что в данной области продолжают появляться новые программные продукты.

Одним из способов преодоления вышеописанной проблемы является использование нового поколения ЯП, которые стараются совместить надежность и производительность, используя как новые теоретические концепции, так и накопленный инженерный опыт в проектировании ЯП.

Ярким примером таких языков является Rust. За счет использования концепций «владения» (ownership), «заимствования» (borrowing) и развитой системы типов этот ЯП позволяет создавать программы, в которых компилятор гарантирует безопасную работу с памятью при отсутствии накладных расходов на сборщик мусора или на использование какого-либо промежуточного байт-кода. При этом язык имеет высокий уровень выразительности и позволяет писать код с высоким уровнем абстракций. «Экосистема» языка (менеджер пакетов, линтеры и т.д.) также очень удобна, т.к. изначально спроектирована с оглядкой на опыт других ЯП.

Автор статьи принимает участие в разработке одного из инструментов для анонимизации и генерации данных с использованием ЯП Rust.

Данный инструмент называется Datonymizer, он предназначен для работы с СУБД PostgreSQL, однако имеет расширяемую архитектуру, что позволяет интегрировать и другие СУБД. Его ключевыми особенностями являются высокая производительность, позволяющая достаточно комфортно

работать с объемами данных в сотни Гб и больше, и высокий уровень гибкости настроек (различные типы «поддельных» данных, различные фильтры, встроенный язык шаблонов, возможность создания взаимозависимых сгенерированных данных, мультиязычность и др.)

Продукт имеет открытый исходный код, что дает ряд преимуществ, он используется сотнями разработчиков ПО в России и за рубежом.

В качестве направления дальнейшего развития данного инструмента интересным является решение проблемы генерации наборов данных не по существующему реальному набору, а по заданным пользователем характеристикам (качественным, количественным, статистическим и др.) Такие наборы данных нужны, например, для нагрузочного тестирования и демонстрации возможностей различных систем, при этом иногда требуются огромные массивы данных.

Также интересным направлением в генерации данных может стать работа с новыми векторными БД, используемыми в технологиях машинного обучения, (в частности при работе с большими языковыми моделями, LLM), такими как Faiss или Pinecone.

Библиографический список

1. Корнилова, А.А. Защита персональных данных: учебное пособие / А.А. Корнилова, Д.С. Юнусова, А.С. Исмагилова; Башкирский государственный университет. – Уфа: Башкирский государственный университет, 2020. – 119 с.

2. Fabian Prasser Flexible data anonymization using ARX– Current status and challenges ahead / Johanna Eicher, Helmut Spengler, Raffael Bild, Klaus A. Kuhn; J Software Pract Exper 50, 7 (2020), 1277-1304

3. Raffael Bild SafePub: A Truthful Data Anonymization Algorithm With Strong Privacy Guarantees / Raffael Bild, Klaus A. Kuhn, Fabian Prasser; Proceedings on Privacy Enhancing Technologies, 2018(1), 67-87

4. Steve Klabnik The Rust Programming Language, 2nd Edition / Steve Klabnik, Carol Nichols, 2022. – 560 pp.

© Ращепкин Е.А., 2023

УДК 519.854.2

В.В. МУХАМЕТЗЯНОВ

vil_20011@mail.ru

Науч. руковод. – канд. техн.наук, доцент **Ю.И. ВАЛИАХМЕТОВА**

Уфимский университет науки и технологий

СОСТАВЛЕНИЕ РАСПИСАНИЯ ДЛЯ МНОГОЭТАПНЫХ РАБОТ. СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ СОСТАВЛЕНИЯ РАСПИСАНИЯ

Аннотация: в статье рассмотрены основные классы задач теории расписания, а также приведены алгоритмы составления расписания и их сравнение.

Ключевые слова: генерация оптимального расписания, задача составления расписания с учётом всех требований к работе, методы составления расписания.

В наиболее общей формулировке задачи составления расписаний представляют собой следующее: с помощью некоторого множества ресурсов (сотрудники и обслуживающие устройства) должна быть выполнена некоторая фиксированная система операций. Цель заключается в том, чтобы при заданных свойствах процессов и ресурсов и наложенных на них ограничениях найти эффективный алгоритм упорядочения этих процессов, оптимизирующий или стремящийся оптимизировать желаемую меру эффективности. В качестве главных мер эффективности являются общее время выполнения. Модели этих задач являются детерминированными в том смысле, что вся информация, на основе которой принимаются решения об упорядоченности, известна заранее.

Под словом «ограничения» при составлении расписаний подразумевается то, что задача составления расписаний ограничена двумя классами:

1. Составление расписаний без прерываний.

При этом ограничении выполнение этапа процесса, раз начавшись, не может быть прервано, т.е. выполнение этапа всегда доходит до конца. В общем случае – при составлении расписания с прерываниями – разрешается прерывать этапы процессов и прекращать выполнение: при этом полагается, что общее время, требуемое для выполнения этапа процесса, остаётся неизменным и при прерываниях отсутствуют потери времени обслуживания.

2. Составление расписаний с помощью списка.

При таком способе предполагается, что вначале готовится упорядоченный список этапов процессов. Последовательность, в соответствии с которой этапы процессов назначаются на ресурсы (устройства, сотрудники) составляется путём многократного просмотра списка. Расписания, составленные с помощью списка, образуют подмножество расписаний без прерываний.

Задачи теории расписания — это широкий круг задач, большинство из которых являются NP-трудными. Они широко применяются в организации производства, в бизнесе, в оптимизации компьютерных вычислений, в индустрии сервиса и во многих других областях человеческой деятельности.

Основные классы задач теории расписания:

- **Open shop, открытая линия** – для каждого процесса задано своё подмножество машин, порядок обслуживания на этих машинах произвольный.
- **Job shop, рабочий цех** – для каждого процесса задано своё упорядоченное подмножество машин, на которых оно должно обслуживаться в заданном порядке.
- **Flow shop, потоковая линия** – все машины упорядочены и каждый процесс проходит все машины в этом порядке. Расписание задано перестановкой требований.
- **Задача с директивными сроками** – для каждого процесса задан момент поступления, время обслуживания и директивный срок окончания обслуживания. Порядок обслуживания на приборах произвольный.

Наша задача относится к классу Job shop – рабочий цех со следующими изменениями:

- Наличие универсального ресурса – персонал
- Возможность для каждого этапа требовать более одного ресурса

Этапы разных процессов с большей вероятностью будут конфликтовать друг с другом.

Математическая постановка задачи составления расписания для многоэтапных работ

Дано:

$N = \{N_1, N_2, \dots, N_n\}$ – конечное множество этапов.

$M = \{M_1, M_2, \dots, M_m\}$ – конечное множество уникальных приборов.

$P = \{P_1, P_2, \dots, P_p\}$ – конечное множество универсальных сотрудников.

Условия:

Каждый этап N_i характеризуется:

- $A_i \subseteq M$ – конечное множество необходимых приборов;
- $B_i \leq |P|$ – необходимое количество сотрудников;
- T_i – необходимое время.

Каждый сотрудник P_i может обрабатывать только один этап N_k одновременно. Этап нельзя прерывать.

Этапы N_i объединены в операции – множества I_j . Каждый этап N_i принадлежит одной и только одной операции I_j . Этап N_{i+1} операции I_j , может начаться только после завершения этапа N_i .

Найти: для каждого этапа N_i время начала S_i .

Требования к расписанию:

Для любого N_i :

- Время начала S_i больше равно времени окончания $C_{i-1} = S_{i-1} + T_{i-1}$ предыдущего в операции этапа N_{i-1} , если он есть;
- На момент S_i каждый прибор $M_k \in A_i$ не занят;
- На момент S_i необходимое количество сотрудников B_i не занято.

Одно расписание считается лучше другого, если его $C_{max} = \max C_i$ меньше.

Алгоритм Shortest First (Первый наикратчайший)

Алгоритм Shortest First — алгоритм, в котором доступный этап операции с наименьшим временем выполнения выбирается для следующего выполнения.

На рисунке 1.1 в виде блок-схемы представлен алгоритм Shortest First.

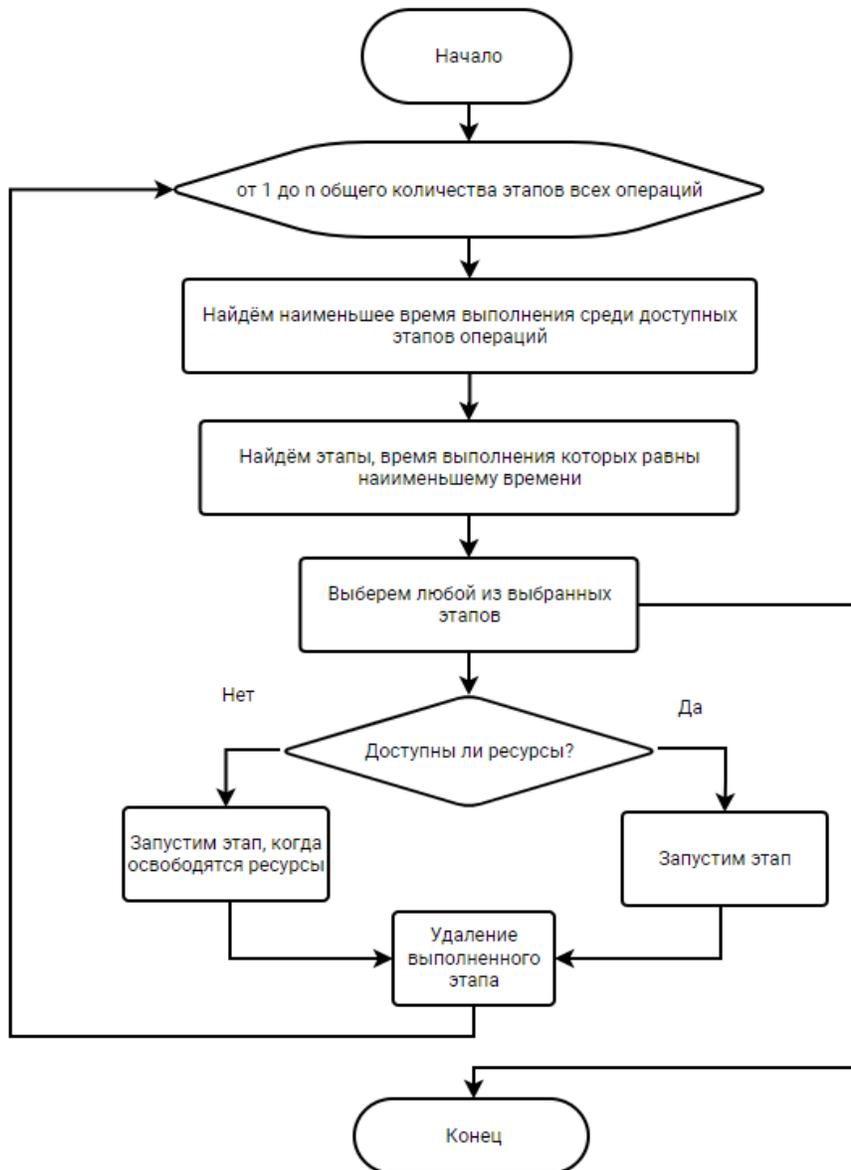


Рисунок 1.1 – Алгоритм Shortest First

Алгоритм Longest First (Первый наибольший)

Алгоритм Longest First — алгоритм, в котором доступный этап операции с наибольшим временем выполнения выбирается для следующего выполнения.

На рисунке 1.2 в виде блок-схемы представлен алгоритм разработки Longest First.

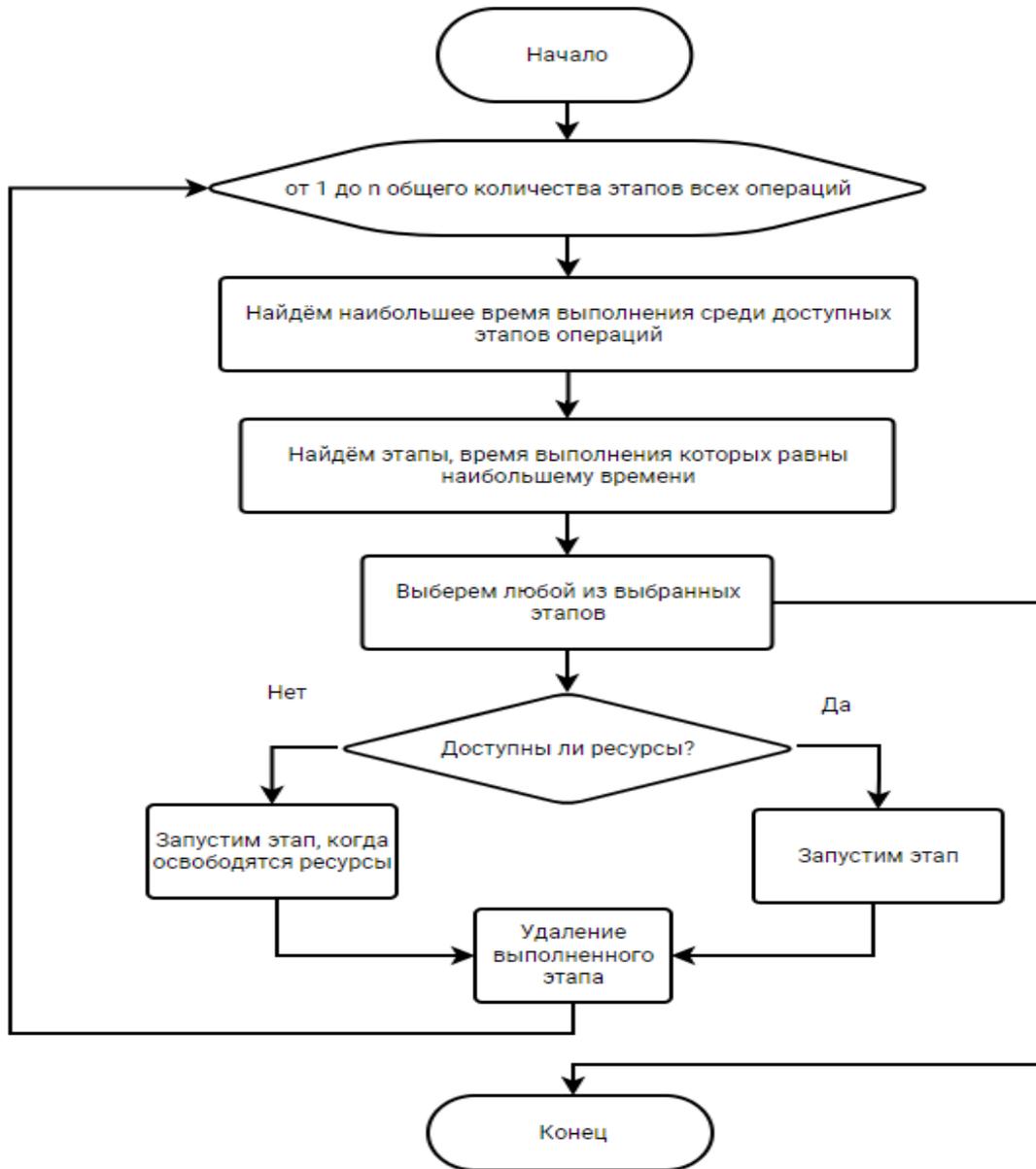


Рисунок 1.2 – Алгоритм Longest First

Алгоритм Remain Length (оставшейся длины)

Алгоритм Remain Length — алгоритм, в котором для следующего выполнения выбирается доступный этап операции, у которой наибольшее количество этапов.

На рисунке 1.3 в виде блок-схемы представлен алгоритм Remain Length.

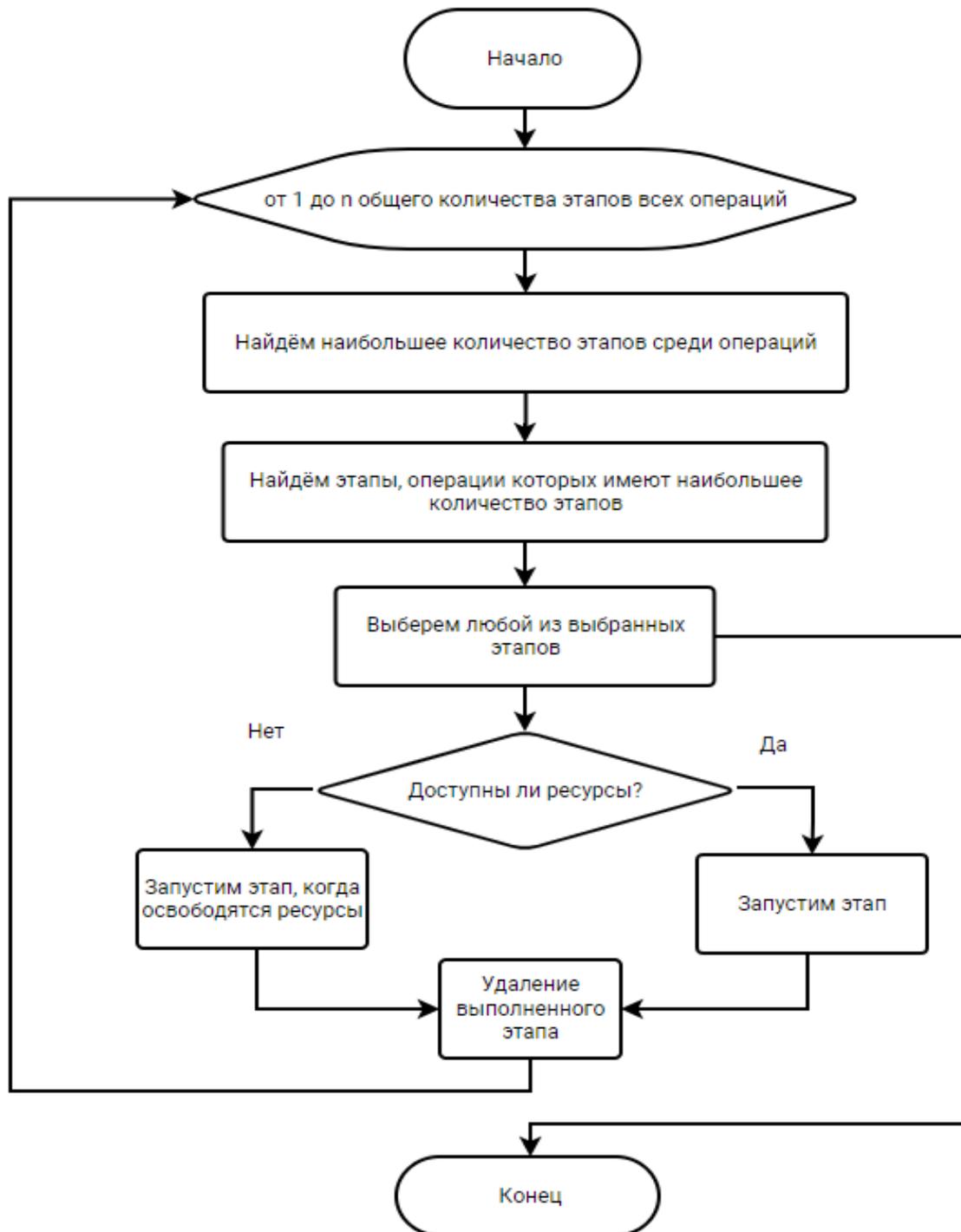


Рисунок 1.3 – Алгоритм Remain Length

Алгоритм **Remain Time** (оставшегося времени)

Алгоритм **Remain Length** — алгоритм, в котором для следующего выполнения выбирается доступный этап операции, у которой наибольшее время выполнения, равное сумме времени выполнения всех этапов.

На рисунке 1.4 в виде блок-схемы представлен алгоритм **Remain Time**.

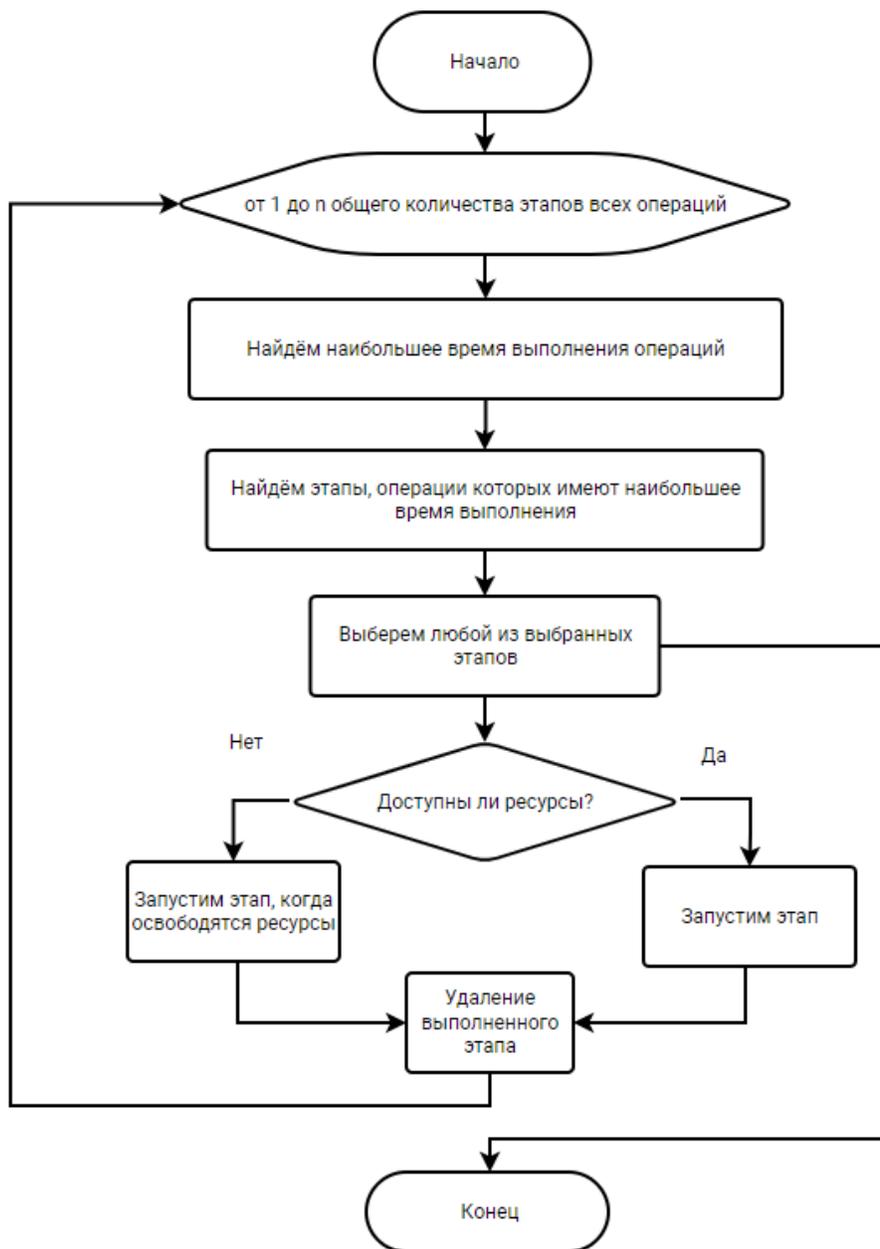


Рисунок 1.4 – Алгоритм **Remain Time**

Генетический алгоритм

Генетический алгоритм — эвристический алгоритм поиска, основанный на теории естественной эволюции Ч. Дарвина. Данный алгоритм демонстрирует процесс естественного отбора, при котором самые приспособленные особи выбираются для размножения.

На рисунке 1.5 в виде блок-схемы представлен генетический алгоритм.

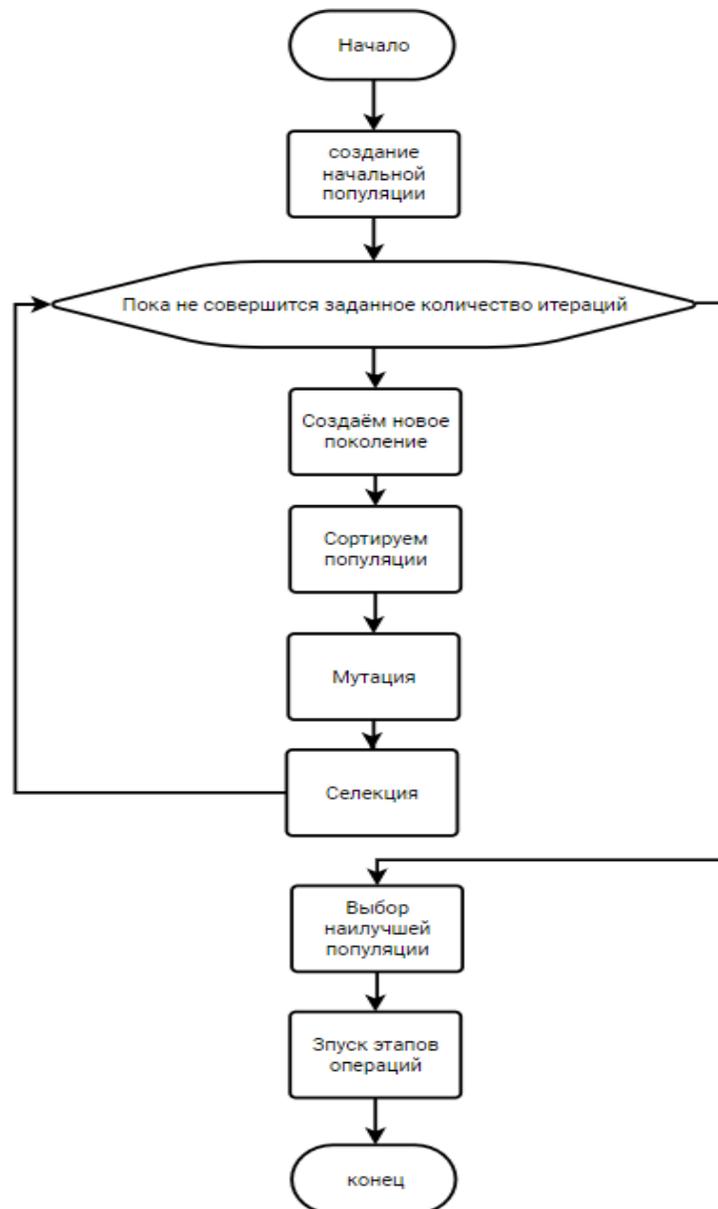


Рисунок 1.5 – Генетический алгоритм

Вычислительный эксперимент

Проведем вычислительный эксперимент для сравнения методов генерации расписания.

Возьмем данные, состоящие из 10, 50, 100, 500, 1000 операций. Произведем генерацию расписаний по этим данным реализованными методами и сравним общее время выполнения процессов.

Результаты вычислительного эксперимента показаны в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Результаты вычислительного эксперимента

Количество процессов	50	100	500	1000
Shortest First	24510	49656	280396	759563
Longest First	25323	63335	433714	1181573
Remain Length	24900	50646	433714	733964
Remain Time	24140	48240	241080	675080
Генетический алгоритм	24260	49859	251190	687941

На рисунке 1.6 показана диаграмма по результатам эксперимента.

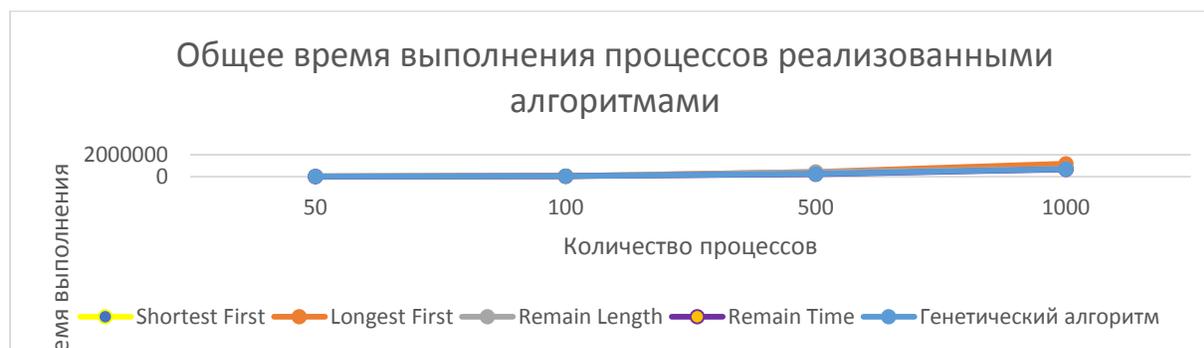


Рисунок 1.6 – Диаграмма общего времени выполнения процессов для реализованных алгоритмов

По результатам эксперимента видно, что при малом количестве процессов общее время выполнения у всех алгоритмов примерно равное, но с увеличением количества процессов общее время выполнения увеличивается у всех. Наибольшее общее время выполнения процессов у алгоритма Shortest First, а наименьшее у генетического алгоритма и алгоритма Remain Time.

Следовательно, наибольшая эффективность у генетического алгоритма и алгоритма Remain Time.

Библиографический список

1. Кононов А.В. Актуальные задачи теории расписаний: вычислительная сложность и приближённые алгоритмы: Диссертация на соискание учёной степени доктора физико-математических наук, Новосибирск–2014.

2. Лазарев А.А., Гафаров Е.Р. Теория расписаний. Задачи и алгоритмы: учеб.пособие М.: Физический факультет МГУ, 2011.

3. Абухания Амер Ю.А. Модели, алгоритмы и программные средства обработки информации и принятия решений при составлении расписаний занятий на основе эволюционных методов: автореф. дисс. ... канд. тех. наук. – Новочеркасск, 2016. – 19 с.

4. Безгинов, А.Н. Обзор существующих методов составления расписаний / А.Н. Безгинов, С.Ю. Трегубов // Информационные технологии и программирование. – М., 2015. – №2(14).

5. Гладков, Л.А. Генетические алгоритмы: учебное пособие/ Л.А. Гладков, В.В. Курейчик, В.М. Курейчик. – М.: Физматлит, 2014. – 407 с.

© Мухаметзянов В.В., 2023

УДК 519.6

А.Д. БАДМАЕВ

VadmaevAD@uust.ru

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

Уфимский университет науки и технологий

О НЕКОТОРЫХ СИСТЕМАХ СЧИСЛЕНИЯ С ИРРАЦИОНАЛЬНЫМ ОСНОВАНИЕМ

Аннотация: и этой статье мы поговорим о давно известных системах счисления. Со школы мы хорошо знаем, что любое рациональное число мы можем кодировать почти в любую систему счисления с целым основанием.

Используя всеми известный принцип перевода, мы также можем попробовать закодировать числа с дробным и даже иррациональным основанием. Такие разложения мы назовем «разложения с плавающей точкой», где у кодированного числа есть положительная и отрицательная часть. Но возникает проблема и она связана с тем, что разложения по таким основаниям будут почти всегда бесконечными и данные действия ни к чему не приведут, но есть такие иррациональные числа, используя их как основание системы счисления мы будем получать разложения конечные или периодические.

Золотое сечение.

В математике две величины находятся в золотом соотношении, если их соотношение такое же, как отношение их суммы к большей из двух величин

$$\frac{a+b}{a} = \frac{a}{b} = \varphi$$

где φ представляет собой само золотое сечение. Это иррациональное число, которое является решением квадратного уравнения $x^2 - x - 1 = 0$ с корнями

$$x_1, x_2 = \frac{1 \pm \sqrt{5}}{2} = \varphi$$

Золотое сечение, по определению, является алгебраически целым числом. Это иллюстрирует уникальное свойство золотого сечения среди положительных чисел

$$\frac{1}{\varphi} = 1 - \varphi, \quad \varphi = 1.618 \dots, \quad \varphi^2 = \varphi + 1.$$

В более общем плане, любая степень φ равна сумме двух непосредственно предшествующих степеней самого φ

$$\varphi^n = \varphi^{n-1} + \varphi^{n-2} = \varphi F_n + F_{n-1}$$

В результате можно легко разложить степень φ с кратным φ плюс константа. Кратное число и константа являются смежными *числами Фибоначчи*. Это, в свою очередь, приводит к еще одному свойству положительных степеней φ , если выполняется $\left[\frac{n}{2} - 1 \right] = m$, тогда:

$$\varphi^n = \varphi^{n-1} + \varphi^{n-3} + \dots + \varphi^{n-1-2m} + \varphi^{n-2-2m}$$

Когда золотое сечение используется в качестве основания системы счисления, каждое целое число имеет *конечное представление* несмотря на то, что φ является иррациональным, каждая дробь имеет периодическое представление.

Золотое сечение является фундаментальной единицей поля алгебраических чисел $Q(\sqrt{5})$ и является также *числом Пизо - Виджаярагхавана* в этом же поле чисел.

Разложение по золотому сечению.

Покажу весьма простой алгоритм преобразования целого числа из десятичной системы счисления в так называемую *фиеричную* систему счисления. Для начала обговорим, что любое число мы можем представить как число из поля $Q(\varphi)$ таким образом:

$$N = a + b\varphi$$

где, N – любое число a и b целые числа, φ – наш коэффициент золотого сечения. Введем некоторые свойства (в дальнейшем на этих свойствах будет строиться любое кодирование в иррациональную систему счисления с основанием числа являющимся корнем своего квадратного полинома):

1. $(a + b\varphi) + (c + d\varphi) = (a + c) + (b + d)\varphi$
2. $(a + b\varphi) - (c + d\varphi) = (a - c) + (b - d)\varphi$
3. $(a + b\varphi) * (c + d\varphi) = (ac - bd) + (ad + bc + bd)\varphi$
4. Если $(a + b\varphi) > (c + d\varphi) \rightarrow 2(a - c) - (d - b) > (d - b)\sqrt{5}$

Используя данные свойства, мы можем умножать, складывать, вычитать и сравнивать числа в поле нашего коэффициента φ . Заметим, что все действия происходят с *целочисленными* значениями.

Перейдем непосредственно к алгоритму:

- 1) Преобразуем целое число x в число с основанием φ , где $x = x + 0\varphi$
- 2) Вычислим самую высокую степень φ , которая все еще меньше числа x , чтобы получить наше новое число и запишем 1 в разряд соответствующей степени φ .
- 3) Отнимем наше число x от старшей степени φ , используя второе свойство.
- 4) Если наше получившееся число не равно 0, переходим снова к пункту 2.
- 5) Закончим алгоритм и получим последовательность.

Например, пусть нам нужно разложить число 5 с десятичной системы счисления в *фиеричную*:

1. Изначально имеем последовательность $\dots 0000000.000000\dots$
2. Самая высокая степень, не превосходящая наше число это $\varphi^3 = 1 + 2\varphi$.
3. Вычитаем: $5 - (1 + 2\varphi) = 4 - 2\varphi$, наша последовательность становится $1000.0000\dots$
4. Самая высокая степень φ , не превышающая наше получившееся значение $\varphi^{-1} = \varphi - 1$

5. Вычитаем это из $4 - 2\varphi$: $4 - 2\varphi - (-1 + \varphi) = 5 - 3\varphi$, ставим единичку в нужном разряде $1000.100000\dots$
6. Подбираем степень к нашему числу $\varphi^{-4} = 5 - 3\varphi$, вычитаем из нашего числа и получаем в ответе 0.
7. Подставляем единичку в -4 разряд и получаем последовательность $1000.1001_\varphi = 5_{10}$

Числа Пизо.

Множество чисел Пизо состоит из вещественных алгебраических целых чисел $P > 1$ (в дальнейшем P - число Пизо) таких, что все алгебраические сопряженные к ним числа лежат внутри единичного круга. Другими словами, число Пизо является *корнем своего минимального полинома* степени n вида:

$$x^n + A_{n-1}x^{n-1} + A_{n-2}x^{n-2} + \dots + A_0 = 0$$

где $A_{n-1}, A_{n-2}, \dots, A_0$ целые числа.

Эти числа были открыты Акселем Туэ в 1852 году и вновь открыты Г. Х. Харди в 1919 году в контексте диофантовой аппроксимации. Они получили широкую известность после публикации Шарля Пизо в 1938 году. Особенностью или одним из удивительных свойств этих чисел является то, что их старшие степени приближаются к целым числам.

В этой статье покажем несколько квадратичных иррациональностей, старшие корни данных минимальных полиномов будут являться числами Пизо.

Корни	Полином	Числовое значение
$\frac{1 + \sqrt{5}}{2}$	$x^2 - x - 1 = 0$	1,618033...
$1 + \sqrt{2}$	$x^2 - 2x - 1 = 0$	2,414214...
$\frac{3 + \sqrt{5}}{2}$	$x^2 - 3x - 1 = 0$	2,618033...
$1 + \sqrt{3}$	$x^2 - 2x - 2 = 0$	2,732050...
$\frac{3 + \sqrt{13}}{2}$	$x^2 - 3x - 1 = 0$	3,302775

На самом деле можно найти все числа Пизо, для которых минимальный полином является квадратным. Рассмотрим общий вид квадратного полинома,

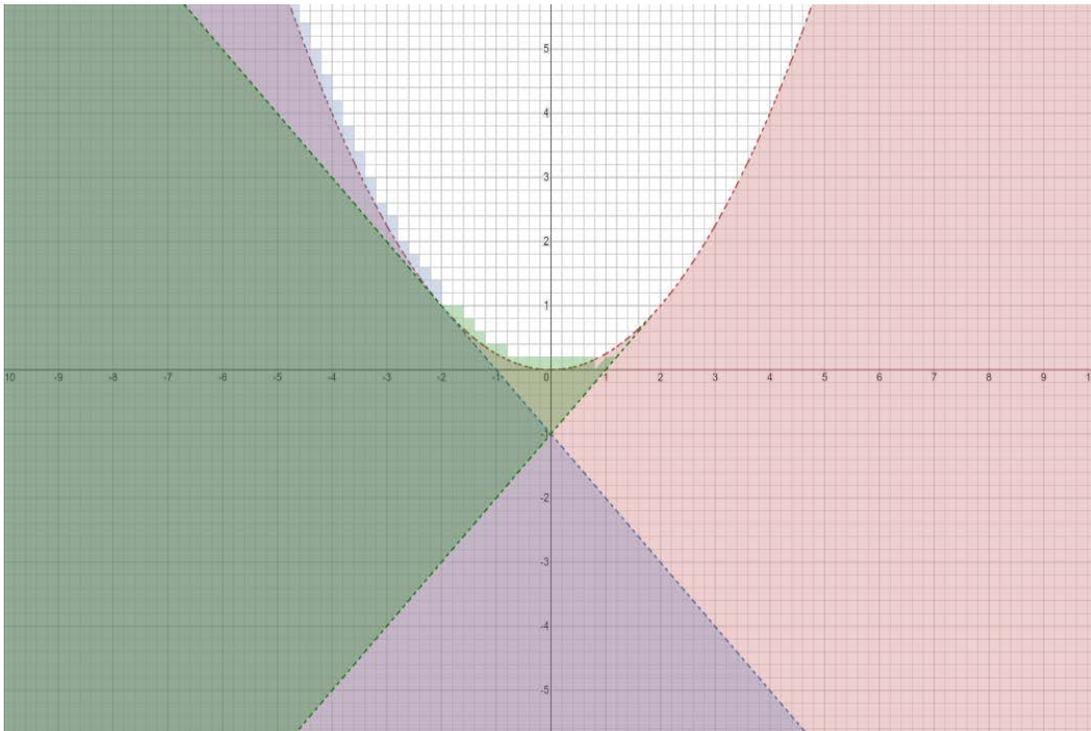
старший корень которого будет является числом Пизо, а сопряженный к нему будет находится в области единичного круга (по определению чисел Пизо).

Пусть $ax^2 + bx + c = 0$, дан полином, тут коэффициент $a = 1$, b и c являются почти любыми целыми числами. Накладываем следующие условия на корни. Старший корень $x_1 > 1$, а для сопряженного корня $|x_2| < 1$. Получаем систему неравенств:

$$\begin{cases} b^2 - 4c > 0 \\ \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4c}}{2} > 1 \\ \left| \frac{-b - \sqrt{b^2 - 4c}}{2} \right| < 1 \end{cases}$$

Решая данную систему, получаем область точек на осях относительно b и c .

На рисунке ниже видим области построенные из решения системы.



Итак, полученное решение системы позволяет найти область всевозможных чисел Пизо для любого квадратного полинома. Числа Пизо

будут начинаться с золотого сечения. Заметим, что корень золотого сечения 1.618 , является единственным минимальным числом Пизо во множестве квадратных полиномов. Доказательство весьма очевидно, стоит только немного поменять условия, которые мы накладывали ранее.

Используя такие числа Пизо, мы сможем переводить любые числа из десятичной системы счисления в так называемую *Пиеричную систему с плавающей точкой*.

Библиографический список

1. Salem, R. (1944). "A remarkable class of algebraic integers. Proof of a conjecture of Vijayaraghavan". *Duke Math. J.* 11: 103–108.
2. Boyd, David W.; Mauldin, R. Daniel (1996). "The Order Type of the Set of Pisot Numbers". *Topology and Its Applications.* 69: 115–120.
3. Hardy, G.H. (1919). "A problem of diophantine approximation". *J. Indian Math. Soc.* 11: 205–243.

© Бадмаев А.Д., 2023

СЕКЦИЯ 5.3. АНАЛИЗ ДАННЫХ, ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ

УДК 004

Г.К. АЛЕКТОРОВ, Н.Р. ЗУБОВ

gleb.alektorov@yandex.ru, nik.zubov.2002@mail.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук **А.И. АБДУЛНАГИМОВ**

Уфимский университет науки и технологий

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ И КЛАССИФИКАЦИИ ОБЪЕКТОВ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОННОЙ СЕТИ POINTPILLARS

Аннотация: в работе исследуются глубокие свёрточные нейронные сети PointPillars для идентификации объектов дорожного движения, проводится сравнение предложенной конфигурации нейронной сети в примере Mathworks Matlab с обученной по собственной методике. Показаны результаты работы модели и оценка точности обнаружения объектов.

Ключевые слова: классификация объектов, нейронные сети, PointPillars, трёхмерные облака точек, lidar, voxel, 3D детекция объектов.

Введение. Развитие технологий машинного обучения и компьютерного зрения открывают новые горизонты для внедрения решений, работающих на основе умных алгоритмов в различных отраслях. Для создания безопасного транспортного движения активно внедряются новые решения на основе искусственного интеллекта. Появляется возможность обрабатывать данные с датчиков lidar в виде 3D облаков точек [1]. Сеть PointPillars позволяет детектировать объекты и классифицировать их. С целью повышения точности внедряются новые решения, такие как PP-RCNN, состоящее из двухэтапной системы обнаружения объектов: сети PointPillars и модуля PointPillars Features Set Abstraction [2]. Другие ученые ищут решение в интеграции архитектур Transformer, позволяя повысить точность на 2.64% [3]. Так же одним из вариантов улучшения качества сети при детекции является исследование гиперпараметров сети.

Постановка задачи. Исследовать нейронную сеть PointPillars с целью обнаружения наилучшей конфигурации для решения задачи детекции и

классификации объектов. Повысить точность имеющегося решения во фреймворке Mathworks Matlab, достичь оптимальных параметров сети и гиперпараметров алгоритма обучения.

Предварительная обработка данных. Для обучения нейронной сети и последующего исследования в ходе работы был использован датасет Pandaset, состоящий из 2470 объектов. Для обнаружения зависимости между параметрами и их влиянием на скорость, качество и уменьшения ресурсозатратности при обучении сети датасет был укорочен до 50 объектов. Тренировочная выборка состоит из 40 размеченных снимков, валидационная выборка состоит из 10 размеченных снимков. Датасет включает в себя 2 класса: Car, Truck. Для класса Car было рассмотрено 464 объекта, для класса Truck было рассмотрено 60 объектов.

Проведена предварительная обработка данных: обрезка участков, на которых представлены малоразличимые объекты с малым количеством точек (рис. 1). Определен перекресток с объектами дорожного движения, проведена разметка данных.

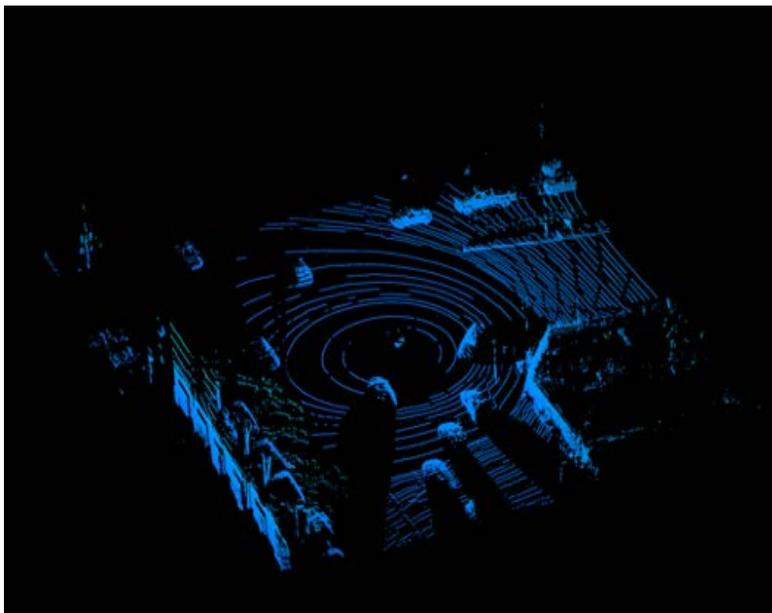


Рис. 1. Представление окружающей среды с ограниченным масштабом

Результат алгоритма подсчета точек позволяет понять, что расположение объекта относительно датчика напрямую влияет на количество точек в нём (табл. 1) и деформирует объект, что усложняет исследование.

Таблица 1

Минимальное, среднее и максимальное количество точек
среди всех объектов из набора данных

	Минимальное количество точек	Среднее количество точек	Максимальное количество точек
Объект, независимый от класса	55	732	2639

Каждый снимок разделен на сетку шагом в один voxel. Voxel – кубическая ячейка в трёхмерной сетке, которая содержит информацию о точках, полученных с помощью lidar. Каждый voxel имеет фиксированный размер. Иллюстрация деления пространства на сетку voxel представлена (рис. 2).

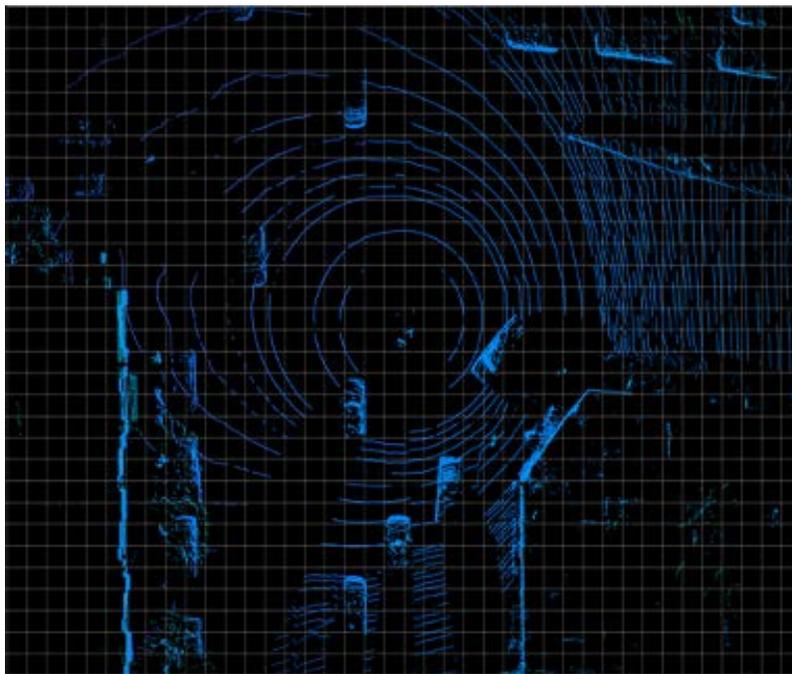


Рис. 2. Разделение пространства на сетку voxel.

Размер voxel определяет количество точек в нём (табл. 2)

Таблица 2

Минимальное, среднее и максимальное количество точек на каждый voxel фиксированного размера на полном наборе данных

Размер voxel	Минимальное количество точек	Среднее количество точек	Максимальное количество точек
0.16×0.16	1	5	109
0.5×0.5	1	18	334
1.125×1.125	1	54	957
1.3×1.3	1	65	1081
1.7×1.7	1	95	1342

Наилучший результат в ходе исследования получен с размером voxel, равным 1.3. В дальнейшем при упоминании размера voxel будем иметь в виду разделение 1.3×1.3 .

Обучение нейронной сети PointPillars. PointPillars [4] (рис. 3) – это мощная модель нейронной сети для обнаружения объектов на трёхмерных изображениях облаков точек, сочетающая в себе высокую точность, скорость и масштабируемость. Обучающая выборка содержит 40 изображений с разметкой, а валидационная выборка содержит 10 изображений с разметкой.

Pillar представляет собой voxel с неограниченной пространственной протяжённостью в направлении Oz. Фиксируя остальные параметры, общее количество Pillar напрямую влияет на качество распознавания (табл. 3).

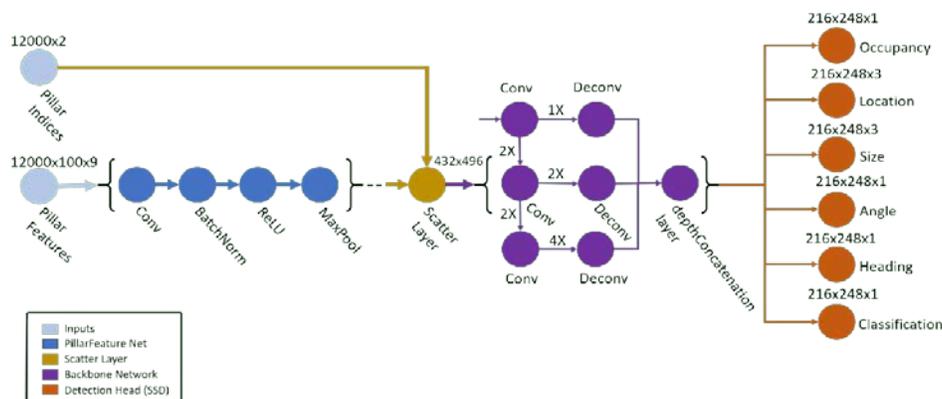


Рис. 3. Стандартная архитектура сети PointPillars.

Количество точек в одном Pillar — статичный параметр, влияющий на обучение и на качество распознавания (табл. 4). При инициализации архитектуры PointPillars необходимо задать параметры: общее количество Pillar (P) и количество точек на один Pillar (N).

Таблица 3

Зависимость количества распознанных объектов от количества Pillar

Voxel size	Количество Pillar (параметр P)	Количество распознанных объектов
1.3	550	11
1.3	900	14
1.3	2500	17

Зная количество Pillar, анализируется количество точек в одном Pillar и влияние этого параметра на результат.

Таблица 4

Зависимость количества точек на один Pillar и качества распознавания

Voxel size	Количество Pillar (параметр P)	Количества точек на один Pillar (параметр N)	Количество распознанных объектов
1.3	2500	30	9
1.3	2500	150	13
1.3	2500	400	17

Для определения корректности работы алгоритма сеть была протестирована на всех данных из валидационного набора.

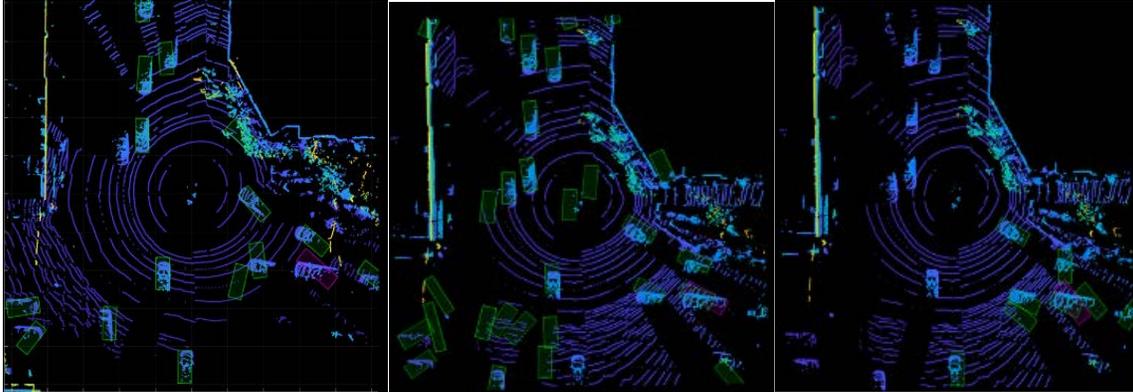


Рис. 4. Эксперимент 1

Рис. 5. Эксперимент 2

Рис. 6. Эксперимент 3

Для оценки качества работы были проведены 3 эксперимента.

Первый эксперимент (см. рис. 4) иллюстрирует результат детекции сети, обученной по новым параметрам, полученным в ходе исследования: $P = 2500$, $N = 400$, $\text{initial learning rate} = 0.002$, размер $\text{voxel} = 1.3$. Метрики оценки качества после обучения: $\text{AOS} = 84\%$, $\text{AP} = 88\%$.

Второй эксперимент (см. рис. 5) показывает результат детекции сети, обученной по стандартным параметрам: $P = 12000$, $N = 100$, $\text{initial learning rate} = 0.0002$, размер $\text{voxel} = 0.16$. Метрики оценки качества после обучения: $\text{AOS} = 62\%$, $\text{AP} = 65\%$.

Третий эксперимент (см. рис. 6) иллюстрирует результат детекции обученной сети, загруженной из фреймворка MatLab. Метрики оценки качества после обучения: $\text{AOS} = 23\%$, $\text{AP} = 25\%$.

Заключение. В работе исследованы возможности архитектуры PointPillars для задачи классификации и детекции объектов дорожного движения. Архитектура PointPillars с настройками, полученными в ходе исследования показала лучший результат с точностью 84% по метрике AOS и 88% по метрике AP для объектов дорожного движения, которые перемещались под разными углами обзора датчика lidar и по разным дорожным траекториям. Обученная по нашей методике нейронная сеть дает значительно лучшие результаты (на 20% больше) по сравнению с сетью, представленной в примере Matlab. Дальнейшая работа будет заключаться в повышении точности распознавания объектов, масштабировании классификатора (увеличении количества классов) и внедрении сети для промышленного использования.

Библиографический список

- [1] A. Abdalnagimov, E. Lopukhova, G. Alektorov, N. Klyavlin, “Intellectual lidar-based object classification for V2V communication technology implementation,” : ACM International Conference Proceeding Series. – 2022. – pp. 672–678.
- [2] J. Tu, P. Wang and F. Liu, "PP-RCNN: Point-Pillars Feature Set Abstraction for 3D Real-time Object Detection," : 2021 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN). – Shenzhen, China, 2021. – pp. 1-8, doi: 10.1109/IJCNN52387.2021.9534098.
- [3] Lin Zhang, Hua Meng, Yunbing Yan, Xiaowei Xu, “Transformer-Based Global PointPillars 3D Object Detection Method,”: Electronics – 2023. – 12(14), 3092.
- [4] “Getting started with PointPillars”: MatLab. – 2023, <https://www.mathworks.com/help/lidar/ug/get-started-pointpillars.html>

© Алекторов Г.К., Зубов Н.Р., 2023

УДК 004

Р.Р. ГАЙНЕТДИНОВ

rtm_bis@mail.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доцент **Е.Ю. САЗОНОВА**

Уфимский университет науки и технологий

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР МЕТОДОВ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ЗАДАЧИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДОРОЖНОГО ПОТОКА

Аннотация: в статье проведен аналитический обзор методов решения для задачи прогнозирования дорожного потока. Автором рассмотрены три группы методов: статистические, методы машинного обучения и глубокого обучения.

Ключевые слова: прогнозирование, машинное обучение, глубокое обучение, нейронные сети.

Введение

Современные города сталкиваются с проблемами, связанными с увеличением плотности населения, ростом экономики и развитием технологий, что приводит к увеличению спроса на транспортные услуги и

созданию новых инфраструктурных проектов. Однако неэффективное управление транспортной системой приводит к ряду проблем: пробкам, перегруженности дорог и высокому уровню загрязнения воздуха от выбросов транспортных средств. Прогнозирование дорожного потока является необходимым инструментом для оптимизации транспортной системы, обеспечения безопасности дорожного движения и снижения проблемы перегруженности дорог [1].

Методы решения задачи прогнозирования транспортного потока

Существуют три основные категории методов для прогнозирования дорожного движения: статистические, методы машинного обучения и методы глубокого обучения. Рассмотрим подробнее каждую из этих категорий.

Статистические методы основываются на анализе исторических данных о движении и применяют разнообразные статистические модели для создания прогнозов. Эти методы предполагают, что закономерности и взаимосвязи, наблюдаемые в прошлых данных, будут сохраняться и в будущем. Они отличаются своей простотой и возможностью интерпретации и могут быть эффективными, когда основные тренды стабильны и линейны [1]. Рассмотрим некоторые из наиболее распространенных методов в этой категории.

Модель ARIMA широко применяется для прогнозирования дорожного движения, с целью учесть временные закономерности и тенденции в исторических данных о городском трафике. Она включает в себя три ключевых компонента: авторегрессию (AR), дифференцирование (I) и скользящее среднее (MA). Авторегрессия (AR) моделирует линейные связи между текущим потоком движения и предыдущими данными на определенном участке. Это учитывает зависимость от предыдущих наблюдений, что отражает задержанный эффект движения. Интегрирование (I) используется для превращения временных рядов в стационарные, путем разграничения данных. Стационарность играет важную роль в анализе временных рядов, так как она обеспечивает стабильность статистических характеристик ряда во времени. Скользящее среднее (MA) учитывает предыдущие ошибки прогнозирования чтобы предсказать будущий дорожный поток. [2].

Регрессионный анализ – это статистический метод, используемый для прогнозирования дорожного потока путем изучения взаимосвязи между переменными трафика и независимыми факторами. Он предполагает линейную зависимость между зависимой переменной (дорожным потоком) и одной или несколькими независимыми переменными (такими как время, погода и дорожные условия). Регрессионная модель представлена в виде:

$$y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n * X_n + \varepsilon, \quad (1)$$

где y – зависимая переменная, представляющая прогнозируемый дорожный поток;

X_1, X_2, \dots, X_n – независимые переменные (факторы), влияющие на дорожный поток;

β_0 – постоянный член, представляющий базовый поток трафика, когда все независимые переменные равны нулю;

$\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ – коэффициенты регрессии, отражающие влияние каждой независимой переменной на дорожный поток;

ε – представляет собой погрешность, учитывающую изменчивость дорожного потока, которая не объясняется моделью.

Коэффициенты регрессии ($\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$) оцениваются с использованием линейной регрессии для нахождения наиболее подходящей линии, которая минимизирует различия между наблюдаемым дорожным потоком и прогнозируемыми значениями, основанными на линейной зависимости [3].

Методы машинного обучения используют алгоритмы, которые обучаясь на исторических данных о трафике, выявляют закономерности для составления прогнозов. Такие методы позволяют находить и обрабатывать более сложные взаимосвязи и адаптироваться к изменению данных. Рассмотрим наиболее применяемые методы.

Метод опорных векторов (SVM) — популярный алгоритм машинного обучения, который также используется для прогнозирования дорожного потока. Целью SVM-регрессии является оценка значения дорожного потока с учетом входных характеристик. Он находит гиперплоскость, которая наилучшим образом соответствует обучающим данным, минимизируя ошибку между прогнозируемыми и фактическими значениями дорожного потока. Формула регрессии для SVM может быть представлена в виде:

$$y = w * x + b, \quad (2)$$

где y – прогнозируемое значение дорожного потока;

w – весовой вектор;

x – вектор признаков, представляющий входные переменные;

b – смещение.

Алгоритм SVM оптимизирует весовой вектор w и член смещения b путем минимизации суммы ошибок между прогнозируемыми и фактическими значениями дорожного потока с учетом параметра регуляризации [4].

Метод K-ближайших соседей (KNN) – популярный алгоритм машинного обучения, используемый также для прогнозирования дорожного потока. Это непараметрический алгоритм, который делает прогнозы на основе сходства точек входных данных. KNN прогнозирует значение потока трафика для новой точки данных, рассматривая K ближайших соседей в обучающем наборе данных. Прогноз основан на среднем значении K ближайших соседей.

Выбор K имеет решающее значение в KNN. Меньшее значение K делает прогнозы более чувствительными к отдельным точкам данных, что потенциально приводит к переобучению. С другой стороны, большее значение K уменьшает влияние зашумленных данных, но может сгладить важные закономерности [5].

Рассмотрим *методы глубокого обучения*. Глубокое обучение является подмножеством машинного обучения и включает в себя различные нейросетевые методы.

Сверточные нейронные сети (CNN) часто используются при прогнозировании дорожного движения, особенно когда данные о движении представлены в виде пространственных изображений, таких как карты плотности движения или сетки скоростей. CNN отлично подходят для выявления пространственных закономерностей и взаимосвязей в таких данных. Процесс включает в себя преобразование информации о дорожном потоке в пространственные изображения, где каждый пиксель отображает конкретное местоположение в дорожной сети. Сверточные слои в CNN применяют обучаемые фильтры к входному изображению, чтобы выделять локальные объекты и захватывать шаблоны различных масштабов и уровней абстракции. После этого слои объединения снижают пространственное разрешение карт объектов, уменьшая размерность и сохраняя ключевые характеристики. Полностью связанные слои обучают представления более высокого уровня и выполняют прогнозы, используя функции активации для внесения нелинейности. [6].

Рекуррентные нейронные сети (RNNs) широко используются для анализа последовательных данных, что делает их эффективными при выявлении временных зависимостей в дорожном движении. В контексте прогнозирования дорожного движения RNNs способны использовать исторические данные о движении для создания прогнозов на будущие временные интервалы. Популярные варианты RNNs, такие как *сети долгой краткосрочной памяти (LSTM)* и *блоки управляемой рекуррентности (GRU)*, решают проблему затухающего градиента и способны учесть долгосрочные зависимости. Поскольку эти сети имеют рекуррентную структуру, они способны сохранять внутреннюю память, которая хранит информацию с предыдущих временных шагов и влияет на прогнозы на каждом последующем временном шаге. [7].

Таким образом, был проведен аналитический обзор методов решения задачи прогнозирования транспортного потока.

Заключение

В данной статье были рассмотрены различные методы прогнозирования дорожного потока, включая статистические методы, методы машинного

обучения и методы глубокого обучения. Каждая из этих групп методов имеет свои преимущества и может быть применена в зависимости от особенностей данных и целей прогнозирования. Независимо от выбранного метода, точное прогнозирование транспортного потока играет важную роль в оптимизации управления дорожным движением, улучшении безопасности на дорогах и повышении эффективности транспортной системы.

Библиографический список

1. 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>.
2. Yasunori Akagi, Takuya Nishimura, Takeshi Kurashima, Hiroyuki Toda // A Fast and Accurate Method for Estimating People Flow from Spatiotemporal Population Data // Proceedings of the Twenty-Seventh International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI18) URL: <https://www.ijcai.org/proceedings/2018/0457.pdf>.
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. Boris Medina-Salgado EddySánchez-DelaCruz PilarPozos-ParracJavier E.Sierra // Urban traffic flow prediction techniques: A review // *Sustainable Computing: Informatics and Systems* Volume 35, September 2022, 100739 URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210537922000725> .
5. 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> .
6. 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> .
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 .

© Гайнетдинов Р.Р., 2023

УДК 519.876.5

А.И. ГИНИЯТУЛЛИН

azamat.giniyatullin@outlook.com

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доцент **Д.Р. БОГДАНОВА**

Уфимский университет науки и технологий

РЕМАСШТАБИРОВАНИЕ СЕЙСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Аннотация: в статье акцентируется внимание на глубинно-скоростных моделях и процессе ремасштабирования. Несмотря на сложность создания эффективных моделей, их значение для различных сфер развития огромно. Статья также подчеркивает потенциал методов машинного обучения, особенно нейронных сетей, в автоматизации ремасштабирования, исследуя их способность моделировать нелинейные зависимости.

Ключевые слова: машинное обучение; сейсмология; геология.

Сейсмические исследования представляют собой важный метод геофизического анализа земной коры, основанный на регистрации звуковых волн, генерируемых и зафиксированных с помощью сейсмических геофонов. Этот метод позволяет изучать структуру и свойства горных пород, нефтегазоносных и других геологических образований под землей, а также мониторить изменения в земной коре, вызванные человеческой деятельностью.

В центре внимания исследования находятся глубинно-скоростные модели, являющиеся ключевым элементом для интерпретации сейсмических данных. Эти модели играют важную роль в поиске и разработке нефтяных и газовых месторождений, предоставляя ценную информацию для принятия решений о бурении. Создание точных глубинно-скоростных моделей требует использования сложных алгоритмов и методов оптимизации, основанных на данных сейсмического зондирования и геологических исследований.

Процесс ремасштабирования сейсмических данных позволяет более точно интерпретировать полученную информацию, особенно в контексте скоростно-глубинных моделей. Ремасштабирование помогает точнее определить местоположение нефтяных и газовых залежей на основе сейсмических данных, преобразуя время пути волны в глубину отражающей границы, что в конечном итоге способствует более точной оценке геологических структур под землей.

Сейсмические исследования являются ключевым элементом в изучении внутренней структуры Земли, обнаружении нефтегазовых месторождений и анализе геологических процессов, таких как землетрясения и вулканическая активность. Однако, проблема интерпретации сейсмических данных, в частности преобразование временной шкалы в глубинную, остается актуальной и сложной задачей, требующей точных методик для выявления геологических структур и углеводородных месторождений, что имеет большое экономическое значение.

Разработка глубинно-скоростных моделей представляет собой сложный и ресурсоемкий процесс, требующий глубоких знаний в области геофизики и сейсмологии. Отсутствие универсальной методологии или алгоритма, обеспечивающего оптимальные результаты, делает исследования в этой области не только актуальными, но и важными для дальнейшего научного и технологического прогресса. Эффективность этих методов напрямую влияет на возможности поиска и разработки нефтегазовых месторождений, что подчеркивает значимость данной области исследований для общества и экономики.

Данная предметная область фокусируется на глубинно-скоростных моделях и ремасштабировании сейсмических данных. Основные элементы в данной области:

- Сейсмические исследования, основанные на анализе волн, регистрируемых сейсмическими геофонами.
- Глубинно-скоростные модели, интерпретирующие изменения скорости сейсмических волн с глубиной.
- Ремасштабирование, преобразующее время прохождения волны в глубинные данные, помогая интерпретировать изменения скорости волн с глубиной.

На момент написания статьи, на рынке программных продуктов представлены следующие решения: Prime; ProMAX; Focus; OMEGA; GEOVECTOR. Исходя из анализа этих продуктов, ПО "Prime" имеет наивысший приоритет среди рассмотренных программных продуктов, однако "GEOVECTOR" близок к нему и превосходит по функциональности. При создании будущего ПО в этой сфере, акцент следует сделать на функциональности, а также рассмотреть возможность интеграции методов машинного обучения для ремасштабирования сейсмических данных, так как текущие решения этого не предлагают. Это может помочь значительно улучшить качество работы и создать конкурентное преимущество на рынке.

Применение нейронных сетей в ремасштабировании сейсмических данных отражает потенциал глубокого обучения в геофизических исследованиях. Нейронные сети, благодаря своей мощной способности

аппроксимации, могут моделировать сложные нелинейные зависимости, inherent в сейсмических данных. Обучение с учителем на больших аннотированных датасетах позволяет создать надежные модели для автоматизации процесса ремасштабирования. Специализированные архитектуры, такие как сверточные и рекуррентные нейронные сети, могут быть оптимизированы для обработки временных рядов сейсмических данных, обеспечивая высокую точность в прогнозировании глубинных значений на основе скоростных данных. Эта инновационная методология открывает двери к созданию более эффективных и точных систем для анализа и интерпретации сейсмических данных.

Следующие архитектуры могут быть адаптированы и комбинированы для создания более сложных моделей, направленных на ремасштабирование сейсмических данных с высокой точностью и эффективностью:

- Полносвязные нейронные сети (FNN): Благодаря своей способности аппроксимировать функциональные зависимости, FNN могут быть полезны для создания базовых моделей.
- Сверточные нейронные сети (CNN): Они эффективно анализируют локальные и иерархические структуры в данных, что может быть полезно для ремасштабирования с учетом пространственной корреляции данных.
- Рекуррентные нейронные сети (RNN): Способны обрабатывать последовательности данных, что может быть важно при анализе временных рядов сейсмических данных.
- Сети долгой краткосрочной памяти (LSTM): Расширяют возможности RNN, позволяя эффективно улавливать долгосрочные зависимости в данных, что может быть критически важным при анализе долгосрочных сейсмических последовательностей.

На основе проведенного анализа, можно утверждать, что нейронные сети открывают значительный потенциал для ремасштабирования сейсмических данных. Их способность к выявлению сложных зависимостей и адаптации к многомерным датасетам делает их весьма перспективными для решения задач в данной области. Различные архитектуры нейронных сетей могут быть адаптированы для обработки различных аспектов сейсмических данных, что в свою очередь может значительно улучшить точность и эффективность ремасштабирования, открывая путь для более продвинутых исследований и практических приложений в будущем.

Библиографический список

1. Глубинно-скоростные модели и сейсмическая интерпретация данных / Р. Янгсон; под ред. Р. Янгсона. – М.: Издательство Elsevier, 2012. – 326 с.
2. Глубокое обучение / Й. Бенджио, И. Гудфеллоу, А. Курвилль; под ред. Й. Бенджио. – М.: Издательство MIT Press, 2016. – 299 с.
3. Глубокое обучение: Методы и приложения / Л. Денг, Д. Ю; под ред. Л. Денг. – М.: Издательство Now Publishers, 2014. – Стр. не указаны.

© Гиниятуллин А.И., 2023

УДК 004.85

Р.Р. ДАВЛЕТБАЕВ, И.А. САФРОНОВ

ramzesdavletbaev23@gmail.com, ivan2014159@gmail.com

Науч. руковод. – канд.техн. наук, **О.С. НУРГАЯНОВА**

Уфимский университет науки и технологий

АНАЛИЗ СОСТАВОВ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ НИКЕЛЕВЫХ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Аннотация: в статье рассматривается проблема разработки новых жаропрочных никелевых сплавов, а именно задача прогнозирования физико-химических свойств по заданным химическим составам с использованием средств компьютерного и математического моделирования. Приводится обзор и анализ известных моделей и методов решения поставленной задачи.

Ключевые слова: многокомпонентные сплавы, прогнозирование, легирование, регрессионный анализ, искусственные нейронные сети.

В настоящее время, с развитием информационных технологий, задача поиска составов сплавов с улучшенными характеристиками может быть решена с помощью методов интеллектуального анализа данных, в том машинного обучения, который позволяет находить закономерности в больших массивах данных.

Подбор химического состава и определение характеристик сплавов, в частности жаропрочности, производится экспериментальным путем, что требует большого количества временных и материальных ресурсов. Сократить

используемые ресурсы при разработке новых материалов можно за счет системы, способной прогнозировать характеристики (физико-химические свойства) на основе его химического состава [1].

Описательная постановка этой задачи может быть сформулирована следующим образом: требуется на основе исходного множества сплавов спрогнозировать жаропрочность для сплава с заданными долями легирующих элементов при заданной температуре.

Пусть дано множество Y , состоящее из n измерений жаропрочности сплавов, y_i – жаропрочность i измерения, c_i^j доля содержания в i сплаве j химического элемента, t – температура [2].

Тогда задача аппроксимации заключается в нахождении функции 1:

$$g(c^1, c^2, \dots, c^k, t, a_1, a_2, a_3, \dots, a_m), \quad (1)$$

Где c_i^j – доля содержания в сплаве j -го химического элемента, t – температура, a_1, a_2, \dots, a_m – некоторые коэффициенты, такие, что функция g является наиболее близким к Y по некоторому критерию близости.

Для решения описанных ранее задач были разработаны алгоритмы для обучения нейронной сети (рис. 1) и для прогнозирования значения жаропрочности (рис. 2).



Рисунок 1 – Алгоритм обучения НС

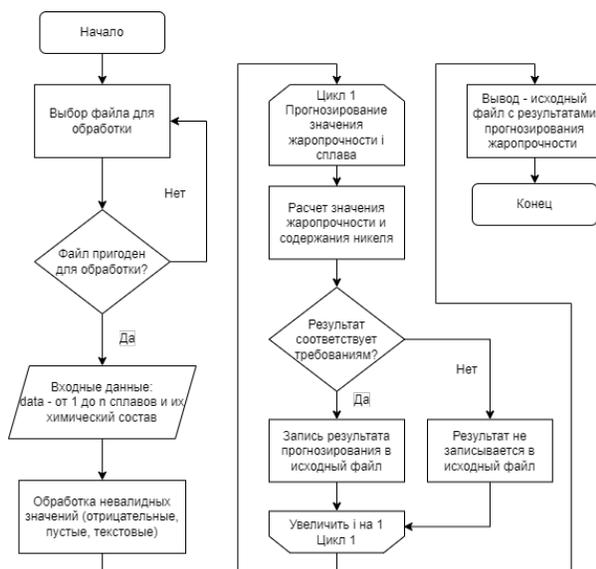


Рисунок 2 – Алгоритм прогнозирования жаропрочности

Имеющийся набор данных представляет из себя список сплавов с известным химическим составом. Всего в данных сплавах используется ряд из 19 различных химических элементов. Для каждого сплава известна средняя доля содержания каждого элемента. Также для сплавов имеются значения 100-часовой жаропрочности при 1000 °С [3].

Для дальнейшей реализации был выбран язык Python в связи с его популярностью, широкой поддержкой в области машинного обучения, богатой экосистемой библиотек, простым синтаксисом, интерпретируемостью и возможностью быстрой разработки, а также фреймворк TensorFlow в связи с наличием мощных инструментов, богатой экосистемой библиотек для работы с нейросетями на Python. Он предоставляет возможности работы с графами вычислений и быстрое вычисление на GPU, что позволяет ускорить процесс обучения моделей.

Все модели были построены с помощью библиотеки tensorflow keras, для решения поставленной задачи были выбраны следующие параметры обучения моделей:

1. Функции активации – ReLU и сигмоидная;
2. Оптимизаторы – Adam и SGD;
3. Функции потерь – среднеквадратичная ошибка, средняя абсолютная ошибка и средняя абсолютная процентная ошибка.

Обучение проводилось с использованием языка Python в среде Jupyter Notebook, также были применены библиотеки Numpy, Pandas, Scikit-learn [4].

В начале работы программы загружается исходная выборка, которая для дальнейшей обработки разделяется на обучающую и тестовую:

Далее, полученные наборы данных, содержащие независимые переменные, подвергаются процессу предобработки, который включает в себя применение методов стандартизации и нормализации. Для этой цели используется функция `scaler.transform()`.

`StandardScaler` выполняет стандартизацию данных путем преобразования их таким образом, чтобы среднее значение стало равным нулю, а стандартное отклонение – единице. Это особенно полезно, когда данные имеют различные шкалы или распределения, и требуется привести их к единому стандарту.

`MinMaxScaler`, напротив, выполняет нормализацию данных, масштабируя их в пределах заданного диапазона, обычно между 0 и 1. Это особенно полезно, когда требуется сохранить относительные пропорции исходных данных.

Теперь необходимо определить структуру нейронной сети. Полносвязный уровень нейросети создается при помощи конструктора `Tf.keras.layers.Dense(n, activation, input_shape)`.

Для построения модели используется конструктор моделей библиотеки `tensorflow.keras`: `Model = tensorflow.keras.Sequential(layers_list)`.

Данный конструктор создает модель нейросети, состоящую из последовательно соединенных уровней, заданных в `layers_list`.

Подготовка к обучению происходит с помощью функции `Model.compile(optimizer, loss)`.

Функция `Model.compile(optimizer, loss)` указывает, какие алгоритм оптимизации и функция потерь будут использованы при обучении.

Непосредственно обучение модели происходит с помощью функции `Model.fit(X_train, y_train, epochs, batch_size, callbacks)`.

В качестве дополнительного действия будет использована функция `EarlyStopping()`, предназначенная для автоматической остановки обучения модели в том случае, если в течение некоторого числа итераций не происходит улучшения характеристик модели.

Также будет применена функция `model.save()`, которая сохранит обученную модель в отдельный файл в формате h5.

Обучение происходит в течение 2500 итераций, размер батча – 10 единиц данных.

Нейронная сеть имеет следующую архитектуру: три скрытых полносвязных слоя, каждый скрытый слой имеет по 128 нейронов.

После обучения моделей были проведены вычислительные эксперименты с целью выбора оптимальной архитектуры нейросети для решения поставленной задачи.

Для каждой модели были получены показатели среднего абсолютного отклонения, среднеквадратичного отклонения и среднего абсолютного процентного отклонения. Описание архитектуры каждой модели и подробные результаты экспериментов находятся в таблице 1, где представлены данные, предобработанные с использованием методов стандартизации, и таблице 2, где представлены данные, предобработанные с помощью методов нормализации.

Таблица 1 – Вычислительные эксперименты и их сравнение (метод предобработки – стандартизация)

Номер модели	Функция активации	Оптимизатор	Функция потерь	Метрика MAE	Метрика MSE	Метрика MAPE
1	Sigmoid	SGD	MAE	6.825	86.687	0.031
2	Sigmoid	SGD	MSE	8.164	101.656	0.038
3	Sigmoid	SGD	MAPE	11.913	210.615	0.058
4	Sigmoid	Adam	MAE	7.713	87.245	0.037
5	Sigmoid	Adam	MSE	9.652	140.053	0.046
6	Sigmoid	Adam	MAPE	9.321	105.241	0.045
7	ReLU	SGD	MAE	19.673	1180.34	0.081
8	ReLU	SGD	MSE	nan	nan	nan
9	ReLU	SGD	MAPE	19.673	1180.34	0.081

10	ReLU	Adam	MAE	21.076	1206.17	0.089
11	ReLU	Adam	MSE	25.999	1259.03	0.113
12	ReLU	Adam	MAPE	17.553	879.229	0.073

Таблица 2 – Вычислительные эксперименты и их сравнение
(метод предобработки – нормализация)

Номер модели	Функция активации	Оптимизатор	Функция потерь	Метрика MAE	Метрика MSE	Метрика MAPE
1	Sigmoid	SGD	MAE	28.917	1499.94	0.138
2	Sigmoid	SGD	MSE	8.315	85.154	0.041
3	Sigmoid	SGD	MAPE	16.011	348.380	0.077
4	Sigmoid	Adam	MAE	28.920	1564.02	0.135
5	Sigmoid	Adam	MSE	29.711	1482.13	0.145
6	Sigmoid	Adam	MAPE	18.262	689.829	0.093
7	ReLU	SGD	MAE	8.992	130.884	0.042
8	ReLU	SGD	MSE	nan	nan	nan
9	ReLU	SGD	MAPE	9.482	178.419	0.044
10	ReLU	Adam	MAE	7.499	84.050	0.037
11	ReLU	Adam	MSE	8.501	110.804	0.043
12	ReLU	Adam	MAPE	8.874	97.229	0.042

Анализ проведенных экспериментов показал, что при стандартизации исходных данных лучший результат дают модели 1 и 4. В случае нормализации же лучшими моделями НС оказались модель 2 и модель 10.

Было проведено тестирование на общей выборке для описанных моделей, с целью оценки их производительности на реальных данных. Результаты этого тестирования представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Точность обученных моделей

	Модель 1	Модель 4	Модель 2	Модель 10
Ср. абсолютная ошибка	13,66	11,68	13,13	14,12
Ср. относительная ошибка, %	6,80	5,72	6,35	6,94

Как видно из таблицы, точность моделей на общей выборке значительно ниже, чем при тестировании на тестовой выборке. Это можно объяснить тем, что тестирование на общей выборке включает в себя более разнообразные и сложные примеры, которые модели могут встретить в реальных условиях.

Результаты этого дополнительного тестирования на общей выборке подчеркивают важность оценки производительности моделей на реальных данных и необходимость учета потенциальных факторов, которые могут влиять на точность моделей при их применении в практических задачах.

Архитектура разработанного программного обеспечения представлена на рис.3 в виде диаграммы классов:



Рисунок 3 – Диаграмма классов

В данной статье была рассмотрена задача прогнозирования жаропрочности никелевых сплавов по заданным химическим составам. Основной целью являлось предсказание жаропрочности сплава по его составу.

Для достижения данной цели был проанализирован ряд методов для предсказания значений, из которых для дальнейшего были выбраны искусственные нейронные сети.

Далее были проанализированы различные варианты архитектур нейронных сетей, различные параметры их обучения. В результате анализа лучше всего себя показали полносвязные нейронные сети, а в качестве параметров обучения были выбраны оптимизатор adam и сигмоидная функция активации ввиду своей эффективности.

Архитектура нейронной сети и алгоритм обучения были реализованы с помощью библиотеки Tensorflow Keras на языке Python. После обучения нескольких моделей полносвязной нейронной сети была проведена оценка качества предсказания.

Предсказанные значения имеют относительную ошибку примерно 5–6%, что является вполне приемлемым результатом. Стоит подчеркнуть, что это значение можно улучшить путем расширения исходного набора данных о жаропрочностях разных сплавов, увеличением числа скрытых слоев в моделях нейросетей или иными изменениями в процессе обучения, либо применив так называемый «ансамбль моделей».

Библиографический список

1. Овсепян С.В., Ломберг Б.С., Бабурина Е.В. "Расчет жаропрочности сложнолегированных никелевых сплавов с помощью уравнений системы неполяризованных ионных радиусов." Всероссийский институт авиационных материалов, 1995.

2. Степанов М.М., Потапова Н.Н., Ерещенко Т.В. "Аппроксимация функций." Волгоград: ВолгГАСУ, 2012. URL: <https://vgasu.ru/attachments/aproximacia.pdf>

3. Нургаянова О.С., Юсупова Н.И. Обучение нейронной сети для прогнозирования свойств никелевых сплавов на основе генетического алгоритма Труды ИСА РАН 4_2019 Методы и модели системного анализа <http://www.isa.ru/proceedings/images/documents/2019-69-4/22-28.pdf>

4. Практики реализации нейронных сетей." Информационно-технологический университет, 2023 год. https://neerc.ifmo.ru/wiki/index.php?title=Практики_реализации_нейронных_сетей

© Давлетбаев Р.Р., Сафронов И.А., 2023

М.С. ЗИНОВЬЕВ

mr.zmaks@inbox.ru

Науч. руковод. – канд.техн. наук, **О.С. НУРГАЯНОВА**

Уфимский университет науки и технологий

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В ЭНДОКРИНОЛОГИИ

Аннотация: в статье рассматривается ряд исследований, направленный на применение технологий искусственного интеллекта в области диагностики и прогнозирования заболеваний эндокринной системы человека, а также выявление их эффективности.

Ключевые слова: машинное обучение; эндокринология; сахарный диабет; щитовидная железа; нейронные сети.

Введение

Проблема сахарного диабета остается актуальной на мировом уровне из-за его высокой распространенности. Данные Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) показывают, что в 2010 году количество людей, страдающих сахарным диабетом, составило 239,4 миллиона человек, и к 2025 году это число ожидается увеличиться до более чем 300 миллионов человек. Эти статистические данные свидетельствуют о серьезной медико-социальной проблеме, с которой сталкиваются люди по всему миру в связи с сахарным диабетом [1].

Сахарный диабет представляет опасность из-за своих «поздних» осложнений, которые могут привести к инвалидности и сокращению продолжительности жизни, такие как: нефропатия, ретинопатия, диабетическая стопа, стенокардия и инфаркт миокарда.

Все эти осложнения подчеркивают важность ранней диагностики, контроля уровня глюкозы в крови и эффективного управления сахарным диабетом, чтобы предотвратить или замедлить развитие серьезных медицинских проблем.

В своей статье [2] авторами были описаны возможные осложнения сахарного диабета 2 типа (СД2) и их факторы риска, из которых была составлена диаграмма «галстук-бабочка». Составление данной диаграммы

рисков развития осложнений СД2 производилось на основе вопросов из Novo Nordic Risk Assessment Tool [3]. Дополнительно были приняты во внимание факторы развития других осложнений у пациентов как больных СД2, так и у которых еще не было дебюта.

Применение машинного обучения в сфере эндокринологии

В статье [3] авторы собрали перечень перспективных разработок в области диагностики щитовидной железы (ЩЖ). Они исследовали применение искусственных нейронных сетей (ИНС) с целью улучшения точности ультразвуковых изображений (УЗИ) ЩЖ. В настоящее время существуют два метода: первый - классический, основанный на машинном обучении с использованием признаков, определяемых человеком; второй - глубокое машинное обучение с использованием "сырых" УЗИ изображений [5]. Эффективность молекулярно-генетических исследований с использованием машинного обучения на основе ИНС была впервые продемонстрирована в 2012 году с использованием теста Afirma. Этот тест определял экспрессию 167 генов и достиг чувствительности 92% и специфичности 52% для выявления злокачественных узлов [6]. В настоящее время существует новая версия этого теста, который анализирует мРНК с использованием секвенирования нового поколения, а также тест на основе секвенирования ДНК и РНК для определения изменений в 112 генах, связанных с раком ЩЖ или изменениях в экспрессии генов [7]. Современные методы диагностики также включают применение ИНС для обработки данных, полученных из других физических средств, отражающих структуру ЩЖ и связанных тканей. Например, Halicek M. и его коллеги [8] исследовали возможность использования глубоких сверточных нейронных сетей для диагностики рака головы и шеи, а также рака ЩЖ с использованием гиперспектральной визуализации (ГСВ). ГСВ представляет собой эффективный бесконтактный метод для изучения спектральных и оптических свойств ткани. Гиперспектральные датчики позволяют регистрировать широкий диапазон электромагнитного спектра, что значительно расширяет оптический информационный канал для ИНС. Авторами была создана сверточная нейронная сеть (СНС) для классификации удаленных образцов плоскоклеточной карциномы, рака ЩЖ и образцов здоровых тканей головы и шеи с использованием ГСВ.

В статье [9] авторы исследовали зависимость качества работы ИНС от характеристик обучающих данных. В качестве обучающих данных были использованы более 7 тысяч изображений УЗИ ЩЖ 166 пациентов. Авторы исследования провели сравнительный анализ обучения моделей, используя разные типы изображений и разные объемы данных. В ходе экспериментов

было разработано 15 моделей с архитектурой YOLOv5 и 6 моделей с архитектурой DeepLabV3, учитывая различные гиперпараметры и метрики обучения и валидации. Результаты метрик показали незначительный разброс в пределах 10%, что не имеет существенного значения для рассматриваемых архитектур. Из анализа результатов валидации и тестирования моделей, а также метрик обучения, авторы сделали вывод, что избыток однотипных данных практически не влияет на качество обучения. Однако для успешного обучения глубоких архитектур необходимо иметь значительное количество уникальных и качественных данных. Таким образом, авторы исследования пришли к выводу, что схожие изображения (например, снимки одной проекции одного пациента) нельзя рассматривать как независимые данные. Для улучшения качества глубоких архитектур требуется расширение обучающей выборки путем добавления большего числа изображений от разных пациентов.

В области диагностики и прогнозирования развития сахарного диабета и его осложнений проводилось множество исследований на самых различных данных и с помощью различных методов машинного обучения. Приведём некоторые исследования.

В статье [10] Кротова О.С., на основе «обезличенных» данных из информационной системы «Медицинская карта пациента» в Алтайском крае, были обучены три модели тремя разными методами: деревья решений, бэггинг и адаптивный бустинг. Результаты исследования показали, что значения метрик для ансамблевых методов выше, чем для деревьев решений. Наилучший результат показал бэггинг с результатом 0.86 точности. Кротова О.С. в составе исследовательской группы продолжает исследование применения методов машинного обучения на том же датасете в статье [11]. В данном исследовании они сравнивают деревья решений с логистической регрессией и градиентным бустингом. Данные методы машинного обучения решают задачу классификации стадий компенсации сахарного диабета у детей и подростков, который может принимать значения: 0 — компенсация сахарного диабета, 1 — декомпенсация сахарного диабета. Результаты исследования показали, что рассмотренные методы машинного обучения позволяют обнаружить «скрытые» закономерности и механизмы протекания сахарного диабета у детей и подростков и могут эффективно применяться для диагностики декомпенсации. Модели продемонстрировали высокие значения метрик для декомпенсации сахарного диабета и достаточно малые значения этих же метрик для компенсации сахарного диабета. Это может быть связано с тем, что выборка данных содержит недостаточное количество информации о компенсированных пациентах. В продолжение своих исследований в [12] авторы анализируют 3204 обезличенных медицинских выписок из историй

болезни детей и подростков с сахарным диабетом 1 типа (СД1) для диагностики диабетической полинейропатии. Ими использовалась библиотека NLTK на языке Python для обработки естественного языка. Используя метод опорных векторов (supportvectormachine, SVM) авторам удалось достичь чувствительности 0.62 и специфичности 0.82.

В статье [12] автором была поставлена цель – оценить возможности ИНС в качестве инструмента прогнозирования изменений процессов репаративного остеогенеза при сахарном диабете. Исследование включало 235 пациентов с сахарным диабетом 1-го и 2-го типа, а также 82 человека из контрольной группы, всего 317 участников. Полученные данные прошли обработку с использованием программного обеспечения MATLAB. Для создания нейронной сети были выделены обучающий набор (80%) и тестовый набор (20%). Модель нейронной сети обучалась с учетом взаимосвязи между входными данными, такими как пол, возраст, индекс массы тела, длительность диабета, и выходными данными, которые отражали состояние костного метаболизма, включая минеральную плотность кости и маркеры костного ремоделирования. Алгоритм, основанный на искусственных нейронных сетях, способен с высокой точностью предсказывать значения метаболизма костной ткани у исследуемых пациентов, используя глубокое обучение для генерации выходных данных. Процесс машинного обучения был многократно выполнен с целью минимизировать ошибку в предсказаниях для всех измеряемых переменных. Результаты валидационного теста показали, что точность прогнозирования изменений в костном метаболизме на основе данных пациентов составила 92,86%.

Заключение

Исследования в области прогнозирования рисков развития осложнений СД2 очень актуальны на сегодняшний день в связи с быстрым ростом эпидемии СД2 во всём мире. Большую значимость имеет разработка программного обеспечения, позволяющего врачам эндокринологу быстро анализировать клинические данные пациента для установления рисков развития у него осложнений и сопутствующих заболеваний СД2 с высокой точностью. Методы машинного обучения активно применяются в сфере эндокринологии для установления диагнозов, а также прогнозирования развития тех или иных заболеваний.

Работа выполнена в рамках исследований, при поддержке гранта РФФ 22-19-00471.

Библиографический список

1. «Сахарный диабет 2 типа: возможные осложнения» [Электронный ресурс]. URL: https://www.vip-clinic.by/about_center/news-preview/novosti/sakharnyy-diabet-2-tipa-vozmozhnye-oslozhneniya/ (дата обращения: 06.10.2023).
2. Зиновьев М.С., Нургаянова О.С. «Подход к оценке индивидуального риска пациента на примере развития у него сахарного диабета второго типа и его возможных осложнений» // Избранные труды II Всероссийской молодежной школы-конференции «Современные физика, математика, цифровые и нанотехнологии в науке и образовании (ФМЦН-23)», посвященной 80-летию со дня рождения д.ф.-м.н., профессора Р.С. Сингатуллина. 18-20 апреля 2023, г. Уфа: издательство БГПУ, 2023. – 233с., с. 116-122
3. «Novo Nordic Risk Assessment Tool: онлайн-инструмент для оценки риска» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.novoriskassessment.net/#/> (дата обращения: 06.10.2023).
4. Ворохобина Н.В., Баранов В.Л., Фогт С.Н., Кузнецова А.В., Баландина К.А., Галахова Р.К. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ РАЗРАБОТКИ В ОБЛАСТИ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ ДОБРОКАЧЕСТВЕННЫХ И ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫХ УЗЛОВ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ // Медицинский вестник Юга России. 2022. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivnye-razrabotki-v-oblasti-differentsialnoy-diagnostiki-dobrokachestvennyh-i-zlokachestvennyh-uzlov-schitovidnoy-zhelezy> (дата обращения: 12.10.2023).
5. Li X, Zhang S, Zhang Q, Wei X, Pan Y, et al. Diagnosis of thyroid cancer using deep convolutional neural network models applied to sonographic images: a retrospective, multicohort, diagnostic study. *Lancet Oncol.* 2019; 20(2):193 – 201. DOI: 10.1016/s1470-2045(18)30762-9
6. Alexander EK, Kennedy GC, Baloch ZW, Cibas ES, Chudova D, et al. Preoperative diagnosis of benign thyroid nodules with indeterminate cytology. *N Engl J Med.* 2012; 367(8):705-15. DOI: 10.1056/NEJMoa1203208
7. Steward DL, Carty SE, Sippel RS, Yang SP, Sosa JA, et al. Performance of a Multigene Genomic Classifier in Thyroid Nodules With Indeterminate Cytology: A Prospective Blinded Multicenter Study. *JAMA Oncol.* 2019; 5(2):204-212. DOI: 10.1001/jamaoncol.2018.4616. Erratum in: *JAMA Oncol.* 2019; 5(2):271. PMID: 30419129; PMCID: PMC6439562.
8. Halicek M, Lu G, Little JV, Wang X, Patel M, et al. Deep convolutional neural networks for classifying head and neck cancer using hyperspectral imaging. *J Biomed Opt.* 2017; 22(6):60503. DOI: 10.1117/1.JBO.22.6.060503.

9. Ехлаков Эдуард Владимирович, Цыгулева Ксения Владимировна, Дунаев Максим Евгеньевич, Захарова Светлана Михайловна ЗАВИСИМОСТЬ КАЧЕСТВА РАБОТЫ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ОТ ХАРАКТЕРИСТИК ОБУЧАЮЩИХ ДАННЫХ ПРИ РАБОТЕ СО СНИМКАМИ УЗИ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ // International Journal of Open Information Technologies. 2023. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/zavisimost-kachestva-raboty-neyronnyh-setey-ot-harakteristik-obuchayuschih-dannyh-pri-rabote-so-snimkami-uzi-schitovidnoy-zhelezy> (дата обращения: 15.10.2023).

10. Кротова О.С. ПРИМЕНЕНИЕ АНСАМБЛЕВЫХ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ САХАРНОГО ДИАБЕТА // Информация и образование: границы коммуникаций INFO. 2018. №10 (18). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-ansamblevyh-metodov-mashinnogo-obucheniya-dlya-diagnostiki-saharnogo-diabeta> (дата обращения: 15.10.2023).

11. Кротова Ольга Сергеевна, Пиянзин Алексей Илларионович, Хворова Любовь Анатольевна, Жариков Александр Владимирович Некоторые математические подходы в построении моделей прогнозирования стадий компенсации и декомпенсации сахарного диабета у детей и подростков // Известия АлтГУ. 2018. №4 (102). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nekotorye-matematicheskie-podhody-v-postroenii-modeley-prognozirovaniya-stadiy-kompensatsii-i-dekompensatsii-saharnogo-diabeta-u-detey> (дата обращения: 15.10.2023).

12. Кротова Ольга Сергеевна, Хворова Любовь Анатольевна, Пиянзин Алексей Илларионович МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В ДИАГНОСТИКЕ ОСЛОЖНЕНИЙ САХАРНОГО ДИАБЕТА ПЕРВОГО ТИПА // Известия АлтГУ. 2021. №1 (117). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/matematicheskie-modeli-i-algoritmy-mashinnogo-obucheniya-v-diagnostike-oslozhneniy-saharnogo-diabeta-pervogo-tipa> (дата обращения: 15.10.2023).

13. Сафарова С.С. ИСКУССТВЕННЫЕ НЕЙРОННЫЕ СЕТИ В ПРОГНОЗИРОВАНИИ НАРУШЕНИЙ МЕТАБОЛИЗМА КОСТНОЙ ТКАНИ ПРИ САХАРНОМ ДИАБЕТЕ // Бюллетень сибирской медицины. 2023. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/iskusstvennyye-neyronnye-seti-v-prognozirovanii-narusheniy-metabolizma-kostnoy-tkani-pri-saharnom-diabete> (дата обращения: 15.10.2023).

© Зиновьев М.С., 2023

А.В. МОИСЕЕВА

anna-margo999@mail.ru

Науч.руковод. – д-р.техн. наук, профессор **В.В. Грибова**

Дальневосточный федеральный университет

РАЗРАБОТКА И СОЗДАНИЕ МОДЕЛИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ СИМПТОМОВ БОЛЕЗНИ И ФОРМИРОВАНИЕ ИНТЕРПРЕТИРУЕМЫХ БАЗ ЗНАНИЙ

Актуальность работы. Существует несколько очень существенных задач в медицине. Она из существенных задач – это правильная постановка диагноза. Благодаря современным технологиям появилась возможность внедрить в медицинскую диагностику инновационные технологии предварительного диагноза у пациентов и возможность заранее предугадать возможный диагноз. Такие подходы как (СППР) подход поддержки принятия решений, нацелен на предсказание и выявление заболеваний. У каждого заболевания имеется своя особенность, симптомы или факторы проявления этого заболевания. Как правило это набор каких-либо симптомов, значений, норм и коэффициентов специфичности. В процессе работы СППР оцениваются рассматриваемые заболевания, их итоговая оценка и сравниваются с поступающими факторами проявления симптомов. Полученные выводы о состоянии пациента предлагается, как полученное решение и рассматривается специалистом. В данной статье рассматривается проблема формирования базы знаний, а именно созданию модели СППР, способная формировать свою базу знаний. На данный момент Задача поддержки принятия решений с квалифицированной точки зрения припринятия решений по поводу дифференцированного диагноза является востребованной и актуальной. В процессе исследования появилось множество вопросов и вариантов диагностирования и решения проблемы. Выявляются все новые симптомы и возможные диагнозы.

На состояние человека могут влиять разные факторы. Проявляются различные симптомы заболеваний и зависят от многих факторов. В связи с этим существуют множество споров по поводу диагностики результатов обследований. Симптомы при диагностике могут быть различными. В связи с этим появляется актуальность в исследовании и создании модели которая не только поможет врачам в диагностике заболеваний, но и откроет новый метод формирования базы знаний.

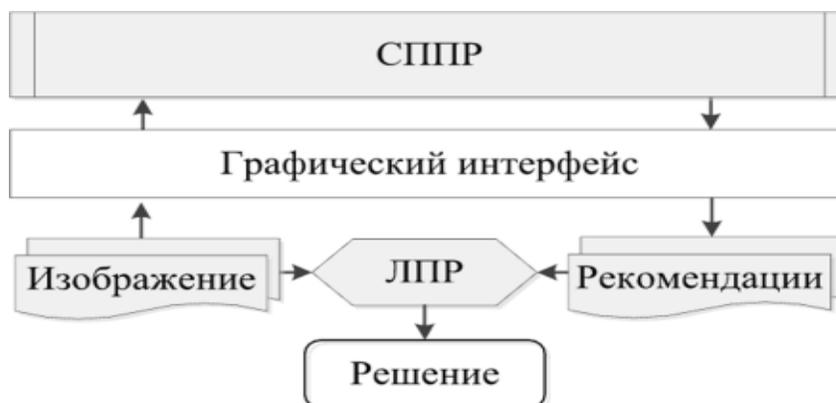


Рисунок 1 – структура СППР

Проблема. Уже существуют различные модели машинного обучения для диагностики заболеваний, и до сих пор непонятно как формируется их база знаний и по каким маркерам алгоритм реагирует на симптомы заболеваний. В результате этого появляется непонимание, как данные алгоритмы работают. Т.е. существует проблема в формировании базы знаний и понимания, как это работает. Нужно понять, как формировать интерпретируемые базы знаний, для дальнейшей с ними работы.

Практическая ценность работы. Работа разрабатывает, анализирует и реализует алгоритм для оценки заболеваний пациентов и пополняет базу знаний. Разработка и формирование обучающей выборки имеет приоритетное значение при решении задач машинного обучения. Появляется необходимость к экспертному формированию обучающей выборки. Индуктивное формирование баз знаний формируется основываясь на эмпирических данных. Данный способ является основным методом получения баз знаний в научной практике. А именно получение общего знания о совокупности объектов при анализе множества данных отдельных представителей совокупности данных, т.е. обучающей выборки.

Проблематикой индуктивного формирования баз знаний является постановка задач обучения, которые в данной области выделены, как основные проблемы, актуальные на данный момент в интерпретируемости полученных результатов. Решая данные проблемы в области медицинской диагностики, предлагается метод индуктивного формирования, основанный на базах интерпретируемых медицинских данных, взятых при диагностики пациентов. Которые включают в себя новые постановки основных задач обучения (классификации и кластеризации) для моделей зависимости с параметрами, алгоритм обучения (решающий эти задачи в их новых постановках) для хорошо интерпретируемой и полезной на практике математической модели зависимости с параметрами.

Проблема очень широко описана в работах С.В. Смагина. От выбора вида представления базы знаний в медицинской системе зависит выбор метода представления решения. Поэтому при разработке СППР важно учитывать ограничения предметной области и возможность представления процедурных знаний. В связи с этим предлагается имитационная модель рассматриваемой задачи диагностики заболеваний ПЖ, в которой симптокомплекс представляется в виде пары «ключ-значение» или «объект-ключ-значение».

Библиографический список

1. Тонеева Д.В., Гончарова А.Б., Сергеева Е.И. Алгоритм построения экспертной системы диагностики заболеваний на основе дифференциально-диагностических признаков // Технические науки - от теории к практике: сб. ст. по матер. LXIV междунар. науч.-практ. конф. № 11(59). – Новосибирск: СибАК, 2016. – С. 37-43.

2. Лифантова Е.Е., Гончарова А.Б., Машинский Н.С. Создание системы поддержки принятия решения в медицине для диагностики заболеваний желудочно-кишечного тракта // Процессы управления и устойчивость. Том 3(19) №1, СПб, Издательский дом Федоровой Г.В., 2016, С 312-316.

3. Кириллов В.А., Гладышев А.О., Демидчик Е.П. Экспертная система для диагностики рака щитовидной железы // Онкологический журнал. 2009. №2. С. 5-11.

© Моисеева А.В., 2023

УДК 519.816

С.С. КОБЕРНИЦКИЙ

Fiera.00@mail.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, профессор **Д.Р. БОГДАНОВА**

Уфимский университет науки и технологий

ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ ПОДДЕРЖКА ПРОЦЕССА СОСТАВЛЕНИЯ РЕЙТИНГА

Аннотация: объектом исследования является процесс составления рейтинга для адекватной оценки деятельности работы сотрудника. Предметом исследования являются методы составления рейтинга. В работе приводятся результаты анализа предметной области, результаты анализа методов решения задач составления рейтинга, на основе которых были выбраны и модифицированы методы для решения задачи составления рейтинга.

Ключевые слова: рейтинг; Параметр; Мотивация; Эффективность; Метод.

Рейтинг – совокупность объектов или явлений, упорядоченная по числовому или порядковому показателю, отображающему важность, значимость, распространенность, популярность и другие подобные качества этого объекта или явления. Вопрос об информационном посреднике, который выступает в роли гуру по широкому спектру вопросов, сейчас актуален как никогда. Рейтинг представляет интерес для бизнеса, где информационный посредник может быть и стимулятором, и ограничителем бизнес-решений. Так же важен в спорте. Влияние на результаты жеребьевки, и предопределение интереса публики к тому или иному спортсмену, команде. Даже в повседневной жизни рейтинг оказывает прямое влияние на человека любой выбор между одноклассовыми элементами сводится к их сравнению между собой, а точнее к ранжированию между ними. Мировые экономические кризисы не только усиливают роль и значение рейтингов, но и повышают их моральную ответственность за те выводы, которые делаются на их основании.

Целью задачи ранжирования является прохождение определённых этапов для дальнейшего анализа и отображения максимально эффективного решения по принципу приоритетности, к примеру: обеспечение оптимальной рентабельности обеспечение устойчивости положения фирмы, разработка новых направлений развития, новых видов деятельности.

Этапы решения задачи:

- Формирование целей
- Определение параметров
- Определение приоритета каждого параметра (обозначение весовых коэффициентов)
- Сбор информации
- Обработка информации
- Детализированный анализ задачи
- Составление шкалы рейтинга

Производительность труда – главная характеристика в любой системе, будь то отдельная структура или же компания в целом. Рост данного показателя напрямую отображает развитие предприятия, обуславливая такие моменты как снижение издержек и повышение прибыли. Изменение этих показателей делает возможным повышение уровня условий труда для сотрудников, путем обеспечения техническим оборудованием, социальной поддержкой, повышением заработной платы.

Эффективное управление нельзя осуществить без понимая потребностей человека, то есть мотивации, из-за которой сотрудник выполняет поставленную ему рабочую цель.

Мотив – это внутреннее побуждение, заставляющие человека выполнять определенные действия с целью удовлетворения потребностей.

Стимул – это внешнее побуждение, заставляющие человека выполнять определенные действия с целью удовлетворения потребностей. [1]

Компании не однозначно смотрят на мотивацию своих сотрудников. Выжимая всю энергию у персонала постоянно придумывая новые методики для того, чтобы заставить человека работать усерднее. Мотивация делится на два типа: материальная и нематериальная.

Материальная мотивация – стимулирует сотрудников путем повышения или снижения материальной ценности сотрудника.

Нематериальная мотивация – стимулирует сотрудников с помощью улучшения рабочего пространства, и создания рабочей атмосферы в коллективе[3]

Для понимания требуется ли мотивация сотруднику, используются определенные методы, с помощью которых можно оценить эффективность проделанной работы.

Рассмотрим некоторые из них.

KPI – данный метод позволяет отследить достижение поставленных ранее целей, путем определения плана/факта работ в определенный промежуток времени. Часто такой метод используют для манипуляций над сотрудниками оказывая влияние на главную потребность – заработок.

Ключевые показатели	Вес KPI	План	Факт	Сотрудник 1	Сотрудник 2	Сотрудник 3	Сотрудник 4	Сотрудник 5	Сотрудник 6	Сотрудник 7	Сотрудник 8	Сотрудник 9	Сотрудник 10
				Показатель 1	0,07865	7%		9,09%	9,09%	3,64%	7,27%	12,73%	1,82%
Показатель 2	0,07865	7%		1,82%	3,64%	5,45%	9,09%	5,45%	5,45%	5,45%	5,45%	1,82%	9,09%
Показатель 3	0,11236	10%		1,82%	7,27%	5,45%	5,45%	1,82%	3,64%	5,45%	3,64%	5,45%	7,27%
Показатель 4	0,11236	10%		5,45%	7,27%	3,64%	3,64%	1,82%	5,45%	3,64%	9,09%	5,45%	9,09%
Показатель 5	0,06742	7%		5,45%	5,45%	7,27%	7,27%	1,82%	1,82%	3,64%	7,27%	7,27%	9,09%
Показатель 6	0,08989	8%		1,82%	1,82%	3,64%	5,45%	5,45%	3,64%	3,64%	3,64%	5,45%	5,45%
Показатель 7	0,08989	8%		1,82%	5,45%	3,64%	1,82%	1,82%	3,64%	3,64%	1,82%	5,45%	5,45%
Показатель 8	0,08989	8%		5,45%	3,64%	1,82%	1,82%	5,45%	1,82%	3,64%	3,64%	5,45%	3,64%
Показатель 9	0,02247	5%		9,09%	12,73%	14,55%	18,18%	5,45%	25,45%	27,27%	3,64%	5,45%	14,55%
Показатель 10	0,03371	5%		18,18%	1,82%	7,27%	12,73%	14,55%	9,09%	1,82%	5,45%	1,82%	14,55%
Показатель 11	0,04494	5%		3,64%	7,27%	16,36%	14,55%	3,64%	18,18%	7,27%	20,00%	1,82%	5,45%
Показатель 12	0,11236	10%		10,91%	14,55%	7,27%	21,82%	18,18%	20,00%	18,18%	16,36%	20,00%	9,09%
Показатель 13	0,03371	5%		14,55%	12,73%	7,27%	3,64%	7,27%	1,82%	18,18%	9,09%	25,45%	23,64%
Показатель 14	0,03371	5%		10,91%	20,00%	16,36%	7,27%	16,36%	14,55%	7,27%	5,45%	9,09%	1,82%
			Количество продаж	55	62	57	66	59	64	63	55	60	68
			KPI	85%	100%	88%	108%	98%	98%	96%	95%	101%	108%
			План	Если K >= 100% то хорошо.	100% > K >= 80%, то удовлетворительно	80% > K, то плохо							

Рисунок 3. Метод KPI

Расчет осуществляется по формуле: $KPI = \text{Вес KPI} * (\text{Факт}/\text{План})$.

На рисунке видно, что план сотрудников состоит из 3 частей: перевыполнение, выполнение и невыполнение. За невыполнение плана к сотрудникам применяются меры стимулирования путем лишения их определенных привилегий или штрафами. Сотрудники, выполнившие план не премируются и не штрафуются, а вот сотрудники превысившие план награждаются руководством. [2]

Метод экспертных оценок – это метод организации работы экспертов и обработки их мнений. Он используется для анализа и оценки выводов, представленных экспертами, для прогнозирования хода будущих событий и явлений, а также для выводов по результатам маркетинговых исследований.

Обычно к методу экспертов прибегают, когда необходимо:

- Длительное прогнозирование объекта.
- Работать в условиях сильной неопределенности среды функционирования объектов.

№ объекта	Оцениваемые специалисты	№ Эксперта						Коллективная экспертная оценка
		1	2	3	4	5	6	
		Оценка экспертов						
1	Сотрудник 1	1	4	5	1	8	5	0,070
2	Сотрудник 2	6	8	6	7	6	10	0,126
3	Сотрудник 3	3	6	6	3	7	7	0,094
4	Сотрудник 4	9	7	8	8	10	3	0,132
5	Сотрудник 5	4	7	4	6	5	9	0,102
6	Сотрудник 6	8	2	10	2	9	1	0,094
7	Сотрудник 7	7	5	9	4	2	2	0,085
8	Сотрудник 8	1	6	2	5	4	8	0,076
9	Сотрудник 9	5	9	3	9	3	4	0,096
10	Сотрудник 10	10	10	6	10	1	6	0,126
План	Если $K \geq 0,10$, то хорошо.	0,10 > K >= 0,08, то удовлетворительно		0,8 > K, то плохо				

Рисунок 4. Метод экспертных оценок

Метод балльных оценок.

Один из самых известных и наиболее распространенных методов косвенного шкалирования предполагает присвоение испытуемыми порядковых значений стимулам в соответствии с числовыми или словесными категориями, заданными экспериментатором.

Этот метод известен как метод подсчета баллов. Этим лингвистическим категориям могут быть присвоены числовые значения 5, 4, 3 и 2 соответственно. Это метод обозначения категорий на шкале оценок, используемой в высшем образовании в нашей стране. Таким образом, видно, что метод маркировки предполагает определение ряда количественных

категорий, заданных экспериментатором, и установление между ними отношений упорядочивания. [4]

Испытуемые	Классы показателей					Общие количество баллов	Показатель эффективности
	1 балл /ед	2 балла/ед	3 балла /ед	4 балла /ед	5 баллов /ед		
Сотрудник 1	29	2	9	5	10	130	0,73
Сотрудник 2	26	4	10	6	16	168	0,95
Сотрудник 3	26	9	9	5	9	136	0,77
Сотрудник 4	25	8	9	5	17	173	0,98
Сотрудник 5	24	2	14	7	12	158	0,89
Сотрудник 6	28	10	5	5	16	163	0,92
Сотрудник 7	30	4	8	6	15	161	0,91
Сотрудник 8	13	11	10	5	18	175	0,99
Сотрудник 9	23	1	10	9	17	176	0,99
Сотрудник 10	30	3	13	8	14	177	1,00
План	Если К >= 0,9, то хорошо,	0,9 > К >= 0,8, то удовлетворительно	0,8 > К, то плохо				

Рисунок 5. Балльный метод

Каждая из представленных моделей имеет определённые преимущества и недостатки. На их базе была разработана новая методика, которая сможет более качественно дать оценку испытуемых показателей.

Для системы составления оценки деятельности сотрудников была разработана модель составления рейтинга.

Дано:

$V_i \in [0;1]$ – Базовый коэффициент по каждому i -тому виду услуги

$A_i \in [1;2]$ - Адаптивный коэффициент по каждому i -тому виду услуги

$S = (s_1+s_2...S_n)$ - Количество продаж по каждому i -тому виду услуги,

где

$i = \overline{1, n}$; - множество позиций услуг оказываемых сотрудником

$P = \sum_{i=1}^n S_i B_i A_i = S_1 B_1 A_1 + \dots + S_n B_n A_n$

Найти: P – рейтинг сотрудника

Данная математическая модель соответствует принципу работы мотивации показывая рейтинг за определенный момент времени. Суммарный балл по внутренним показателям оценивает состояние в сравнение с другими в данной группе, но дополнительными изменениями.

Во-первых: ранжирование будет вестись по количеству баллов и не сравниваться с лидером как целью, которую необходимо было достичь.

Во-вторых: для управления мотивацией сотрудников будет введена новая система адаптивного коэффициента, который по нужде компании будет использоваться.

В-третьих: Отсутствие субъективной оценки сотрудника экспертом.

Сравним показатели разных методов.

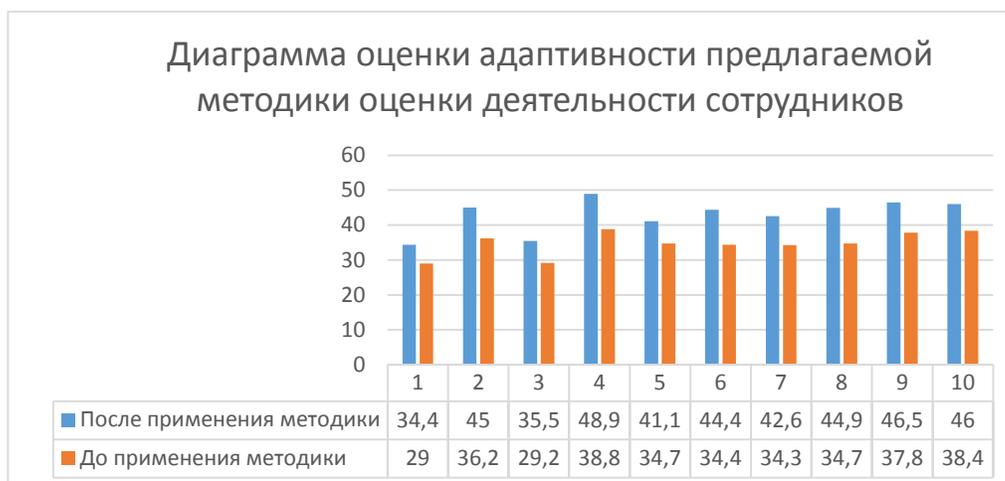


Рисунок 6. Диаграмма оценки адаптивности предлагаемой методики оценки деятельности сотрудников

Как показано на диаграмме, использование предлагаемой методики, отображает данный точнее, чем ранее описываемые методы.

Заключение

В результате исследования по повышению эффективности управления персоналом за счет адаптируемой методики оценки деятельности сотрудников с помощью ранжирования, были решены следующие задачи.

1. Проведен анализ проблем процесса составления рейтинга показавший, с какими трудностями сталкиваются эксперты в ходе ранжирования.
2. Проведен анализ различных методов оценки деятельности сотрудников, выделены сильные и слабые стороны каждого, а также произведено сравнение программного обеспечения для решения поставленной цели и выбран лучший вариант.
3. Разработана методика оценки деятельности сотрудника учуивающая в себе преимущество рассмотренных методов. Проведены вычислительные эксперименты с использованием разработанной методики. Методика показала более точные показатели за счёт ликвидации недостатков существующих методов
4. Оценена эффективность разработанной методики оценки деятельности сотрудников, показавшая повышение средних показателей каждого, что отображает заинтересованность выполнять приоритетные задачи.

Библиографический список

1. Армстронг, М. Практика управления человеческими ресурсами / Майкл Армстронг, Стивен Тейлор. – 14-е изд. – Санкт-Петербург: Питер, Прогресс книга, 2018. – 1038 с.
2. Метод построения рейтинга // ТОП рейтинги URL: topreytings.ru
3. МОТИВАЦИЯ, ОРГАНИЗАЦИЯ И ОПЛАТА ТРУДА // Информационный портал УрФУ URL: <http://www.urfu.ru>
4. Солодяников В.А. Балльно-рейтинговые технологии оценки деятельности - М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2012. - 180 с.

© Коберницкий С.С., 2023

УДК 004

Т.И. УЛЯМАЕВ

naroll4@mail.ru

Науч. руковод. – д-р техн.наук, профессор **А.М. Вульфин**,
канд.техн. наук, доцент **М.М. ГАЯНОВА**

Уфимский университет науки и технологий

ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ ВЫЯВЛЕНИЯ ИМЕНОВАННЫХ СУЩНОСТЕЙ В ПРЕДМЕТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ ТЕКСТОВЫХ ДОКУМЕНТАХ

Аннотация: именованные сущности играют важную роль в обработке естественного языка и информационном поиске. В контексте распознавания и классификации болезней и симптомов заболевания дыхательной системы, модуль разметки именованных сущностей становится ключевым инструментом для автоматического выделения и классификации соответствующих терминов и фраз в тексте.

Ключевые слова: текстовые данные, модуль разметки, именованные сущности.

В современном мире, где информация играет ключевую роль, обработка неструктурированных данных становится неотъемлемым аспектом в различных отраслях, в том числе и в медицине. Конкретной областью

применения является сбор информации о заболеваниях дыхательной системы, которая включает в себя широкий спектр данных, от медицинских карт пациентов до академических исследований.

Медицинские работники и исследователи ежедневно имеют дело с большим объемом неструктурированных данных, таких как медицинские записи, истории болезни пациентов, научные статьи, отчеты о клинических испытаниях и другие источники. Эти данные содержат ценную информацию, которую можно использовать для улучшения диагностики, лечения и профилактики респираторных заболеваний. Однако из-за неструктурированного формата их трудно обрабатывать и анализировать.

В этом контексте медицинское программное обеспечение для обработки неструктурированных данных становится важным инструментом. Это программное обеспечение может автоматизировать процесс сбора, обработки и анализа данных, что значительно облегчит работу медицинских работников и исследователей.

Однако для эффективного использования такого программного обеспечения требуется специализированный модуль, способный распознавать и обрабатывать именованные сущности в тексте, такие как названия болезней, лекарств, симптомов, процедур и т. д. Этот модуль позволяет программному обеспечению автоматически выделять и классифицировать важную информацию в неструктурированных текстовых данных, что значительно упрощает последующий анализ и использование информации.

Таким образом, использование модуля разметки названных сущностей для обработки неструктурированных данных в области заболеваний органов дыхания не только повышает эффективность работы медицинских специалистов и исследователей.

На сегодняшний день количество модулей разметки именованных сущностей для работы с русским языком очень мало, а для работы с медицинскими данными в открытом доступе вообще отсутствует.

Детальный анализ рынка показывает, что существует потребность в создании модулей, обученных для работы с медицинскими данными на русском языке.

Рассмотрим более подробно решения, которые нам предлагаются в открытом доступе.

На сегодняшний день количество модулей разметки именованных сущностей для работы с русским языком очень мало, а для работы с медицинскими данными в открытом доступе вообще отсутствует.

Детальный анализ рынка показывает, что существует потребность в создании модулей, обученных для работы с медицинскими данными на русском языке.

Рассмотрим более подробно решения, которые нам предлагаются в открытом доступе.

Модуль разметки от DeepPavlov

Самым крупным проектом на пространстве русского языка является DeepPavlov BERT. DeepPavlov BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers) – это модель глубокого обучения для выполнения задач обработки естественного языка (NLP), основанная на архитектуре трансформеров.

DeepPavlov BERT достигает высоких результатов в задачах NER на различных датасетах, в том числе на CoNLL-2003, где модель достигла F1-меры 93,14% на тестовом наборе данных. В целом, DeepPavlov BERT показывает высокое качество работы в задачах NLP, благодаря использованию мощных технологий глубокого обучения.

К сожалению, модели от DeepPavlov не предоставляют возможности работы с медицинскими данными, перечень возможных для выделения сущностей представлен на рисунке 1.

PERSON	People including fictional
NORP	Nationalities or religious or political groups
FACILITY	Buildings, airports, highways, bridges, etc.
ORGANIZATION	Companies, agencies, institutions, etc.
GPE	Countries, cities, states
LOCATION	Non-GPE locations, mountain ranges, bodies of water
PRODUCT	Vehicles, weapons, foods, etc. (Not services)
EVENT	Named hurricanes, battles, wars, sports events, etc.
WORK OF ART	Titles of books, songs, etc.
LAW	Named documents made into laws
LANGUAGE	Any named language
DATE	Absolute or relative dates or periods
TIME	Times smaller than a day
PERCENT	Percentage (including "%")
MONEY	Monetary values, including unit
QUANTITY	Measurements such as weight or distance
ORDINAL	"first", "second", etc.
CARDINAL	Numerals that do not fall under another type

Рисунок 1. Показатели точности распознавания модели

Модули разметки от проекта Natasha

Natasha NER - это открытая библиотека для распознавания именованных сущностей (NER) на русском языке. Библиотека основана на машинном обучении и использует нейросетевые модели для выполнения задачи NER

Natasha NER демонстрирует хорошие показатели в задачах NER на русском языке. Например, на корпусе Гиперкорпуса Тайги, содержащего тексты из различных источников, включая новостные статьи, литературные произведения, научные статьи и т.д., модель достигает F1-меры на уровне 88-89% для именованных сущностей PER (имена людей), LOC (географические места) и ORG (организации).

Обучение модели может быть достаточно ресурсоемким процессом, особенно если использовать большие объемы данных и сложные модели. Однако, по сравнению с DeepPavlov, Natasha имеет более низкие требования к аппаратной составляющей.

Предобученные модели SpaCy

Далее рассмотрим решения, предоставленные разработчиками библиотеки SpaCy. Для работы с русским языком нам предлагаются 3 модели, обученные на новостных статьях на русском языке. Первая модель «ru_core_news_sm» представляет собой модель малого размера, так существует модель среднего размера «ru_core_news_md». Мы не будем их рассматривать, так как существует модель большого размера «ru_core_news_lg». Эта модель основана на глубоких нейронных сетях и обучена на больших объемах текстов. Вес модели составляет 489 Мб, что является внушительным размером, но все еще небольшим относительно модели от DeepPavlov.

В данной модели так же нет возможности разметки в медицинских данных болезней и их симптомов. Но стоит отметить весомые плюсы модели и библиотеки SpaCy:

- Простота работы с библиотекой ставит низкий порог вхождения для начинающих разработчиков, позволяя не сталкиваться со сложностями в начале разработки;
- Гибкость обученной модели. Достаточно просто реализовать обучение уже существующей модели, разработчику просто нужно собрать обучающий набор данных
- Качественная и подробная документация на сайте разработчика с примерами кода и объяснениями.

Во всех рассмотренных моделях присутствует набор базовых сущностей для обработки текстовых данных на русском языке, но для более

специализированной направленности они все требуют дополнительного обучения.

Важно отметить, что каждая модель представляет собой open-source проект и поддерживает начинания новых разработчиков, но количество документации для работы в самом лучшем виде представлены у разработчиков SpaCy.

Таким образом, мы можем видеть, что разработка модуля, который будет направлен на работу с медицинскими данными, является актуальной и необходимой.

Работа выполнена в рамках исследований, при поддержке гранта РНФ 22-19-00471.

Библиографический список

1. Ю. Васильев. Обработка естественного языка Spacy и Python на практике. 1-е изд. – СПб: Питер, 2021. – 253 с.
2. А. Карпатский. Deep Learning на Python. Основы, примеры, практика. 1-е изд. – СПб: БХВ–Петербург, 2018. – 352 с.
3. Фр. Шолле. Python и анализ данных. Библиотеки numpy, scipy, pandas, matplotlib. 1-е изд. – М.: ДМК Пресс, 2020. – 320 с.
4. Николенко, Кадури, Архангельская. Глубокое обучение. 1-е изд. – М.: ДМК Пресс, 2019. – 480 с. Клейсон Дж., Самый богатый человек в Вавилоне. – М.: АСТ, 2022. – 192 с.
5. С. Рашка. Python и машинное обучение. 1-е изд. – М.: Диалектика, 2019. – 418 с.
6. А. Жерон. Погружение в машинное обучение с Python. 1-е изд. – М.: ДМК Пресс, 2019. – 720 с.
7. SpaCy Documentation [Электронный ресурс] // SpaCy. – URL: <https://spacy.io/usage> (дата обращения: 15.04.2023).
8. A Sensitivity Analysis of (and Practitioners' Guide to) Convolutional Neural Networks for Sentence Classification [Электронный ресурс] // NER. – URL: <https://arxiv.org/pdf/1510.03820.pdf> (дата обращения: 29.05.2023).
9. Wikipedia – свободная энциклопедия [Электронный ресурс] // Wikipedia. – URL: <https://ru.wikipedia.org>
10. Ф. Шолле. Как стать знатоком Python за 90 дней. – 1-е изд. – М.: ДМК Пресс, 2020. – 480 с.

© Улямаев Т.И., 2023

УДК 004.8

Т.Р. КАРАКАЕВ

timur@karakaev.ru

Науч. руковод. – д-р техн. наук, профессор **Г.Р. ШАХМАМЕТОВА**

Уфимский университет науки и технологий

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ЗАБОЛЕВАНИЙ, ПО КТ СНИМКАМ ЛЁГКИХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОСЕТИ

Аннотация: данная статья посвящена теме использования нейронной сети в медицине, а в частности разработки программного обеспечения, решающего задачу распознавания снимков и их визуализации. Объектом исследования является процесс распознавания снимков. Предметом исследования являются модели и методы распознавания снимков, а также их визуализация.

В данной статье представлен аналитический обзор программных продуктов для решения задачи распознавания образов в компьютерной томографии, результаты анализа методов решения задачи распознавания образов и результаты анализа предметной области, позволяющие выбрать методы и разработать алгоритмы решения задачи распознавания образов ИТ.

Ключевые слова: искусственный интеллект, нейронные сети, распознавание образов, рентгенологическая информационная система, РИС, компьютерная томография, компьютерная-томография, заболевание, легкие.

Описание области исследования

Главным новшеством в любой отрасли является ИТ-инфраструктура. Это связано из-за нехватки квалифицированного персонала или недостаточного эффективного цикла работы предприятия, а также других проблем. Проблемой медицинских организаций является нехватка врачей. Из-за чего время составления протокола обследования и заключение врачом может достигать до нескольких суток, особенно в периоды пандемии. Что не позволяет вовремя начать лечение пациента. Эти проблемы решает цифровизация предприятий и означает, что ИТ будет играть ключевую роль в ближайшем будущем. Но из-за колоссального увеличения цифровых устройств могут появляться ошибки, что может вызвать коллапс системы.

Искусственный интеллект будет выполнять роль автоматизации большинства типовых процессов, как формирование шаблонов отчетов, проводить различную оценку, а также вычислять какие-либо параметры

намного быстрее человека. В медицине он упростит врачам все этапы обследования от сбора анализов до выставления предварительного диагноза и врачу останется согласиться с его оценкой и поставить подпись.

Снимок компьютерного томографа — это цифровое изображение, поступающее на компьютер в формате *dicom*. Для работы с ним квалифицированному врачу-рентгенологу требуется специализированная программа. В ней должны быть функции:

- Изменения положения камеры в пространстве;
- Цветокоррекция;
- Возможность разметки;
- Измерения различных параметров;
- Изменение снимка;
- Сохранение и загрузка.

Обычно врачи используют стандартные программы для просмотра снимков компьютерной томографии. В этих программах присутствует вышеперечисленный инструментарий. Однако врачи саморучно подбирают параметры яркости и контрастности компьютерно-томографического изображения в специальном окне визуализации. Оно отображает на мониторе томографический срез с указанием плотности тканей. В шкале Хаунсфилда 4096 значений от -1024 до 3071, так называемая плотность тканей. Но экран любого монитора может показывать только 256 оттенков серого. Нетрудно вычислить, что на одной шкале отображается $4096 / 256 = 16$ единиц. В связи с этим плотность тканей слишком большая и сравнивать их нецелесообразно. Окно визуализации помогает настроить контрастность и яркость компьютерно-томографического снимка так, чтобы в серой шкале показывались только ткани нужного спектра плотности. Ткань низкой плотности окрашена в черный цвет, а ткань высокой плотность — белое. В окне визуализации есть два параметра - ширина и центр. Ширина вычисляется путем нахождения разности между максимальным и минимальным значениями КТ единиц в серой шкале. Центр или уровень — это среднее значение КТ единиц между максимальным и минимальным значениями диапазона КТ по общей шкале, и он приближен к наилучшему значению плотности ткани. К примеру, если плотность ткани находится в диапазоне от 500 до 1000 единиц, то ширина составляет 500 HU, а центр 750 HU. В этом случае пиксели с интенсивностью 500 единиц и менее будут иметь наименьшую интенсивность, а пиксели с интенсивностью 1000 единиц и более — наибольшую. Возможность измерение плотности является одним из важнейших преимуществ компьютерной томографии перед другими

методами, такими как рентгенография, ультразвуковое исследование и магнитно-резонансная томография.

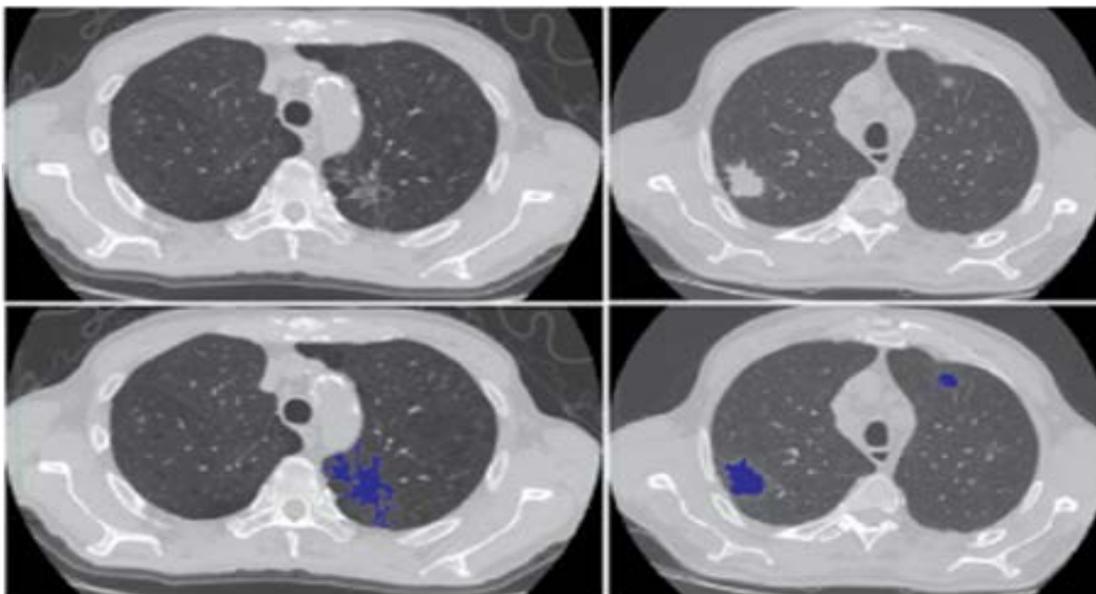


Рисунок 1. Данные о выявлении рака легкого.

В настоящее время существуют различные готовые решения для распознавания изображений компьютерной томографии. Большинство таких проектов требуют значительного финансирования и поэтому создаются крупными компаниями. По данным информационного и патентного поиска были выявлены аналогичные и конкурирующие технологии, использующие другие подходы к классификации и распознаванию изображений. К ним относятся нейронные сети, классические методы машинного обучения и др. а также различные комбинации данных технологий. В качестве примера приведена только экосистема SberMedAI из отобранных материалов продуктов-аналогов. Она способна практически на всё, начиная от ультразвукового исследования брюшной полости, заканчивая магнитно-резонансной томографией мозга.

Задачи

В рамках данного исследования будет проверено программное обеспечение с интегрированной моделью нейросети и преобразователь снимков из dicom формата в jpg/png. Перед началом работы нейросети необходимо конвертировать снимки с формата dicom, который является выходным у компьютерная томография аппарата. После собрать из них набор данных для дальнейшего обучения. После требуется проверить модели на тестовых данных и внести корректировки и приступить к распознаванию в

программе. В программе необходимо распределить изображения по классам (количество классов может зависеть от множества факторов в среднем от 4 до 7 распространенных заболеваний), для этого нужно использовать алгоритм для классификации снимков. После распознавания, необходимо классифицировать его т.е. указать номер класса объекта и рамку с потенциальной областью поражения.

Решение

Для конвертации изображения я написал программу, в которой можно выбрать подходящую нам плотность тканей. В зависимости от плотности ткани на одном снимке можно увидеть, как лёгочные, так и костяные или мягкие ткани. Чтобы настроить плотность ткани на снимке нужно предварительно вычислить в каком диапазоне находится легочная ткань. После конвертации всех снимков требуется составить датасет и поделить его на тренировочную, тестовую и валидационную выборку и приступить к обучению.

В данном исследовании используется глубокая сверточная нейронная сеть YOLO (You Only Look Once, в переводе означает "с первого взгляда"). YOLO основан на передовых достижениях в области глубокого обучения и компьютерного зрения и предлагает непревзойденную производительность с точки зрения скорости и точности. Благодаря оптимизированному дизайну он подходит для различных приложений и легко адаптируется к различным аппаратным платформам, от периферийных устройств до облачных API.

Также понадобится интерфейс нейронной сети, который я написал на языке C# с использованием библиотек MLNET для YOLO, который использует программно-аппаратные архитектуры параллельных вычислений CUDA. ML.NET дает возможность добавлять машинное обучение в приложения .NET как в онлайн-, так и в автономном режиме. Благодаря этой возможности можно делать автоматические прогнозы, используя данные. Центральное место в ML.NET занимает модель машинного обучения. Модель определяет шаги, необходимые для преобразования входных данных в прогноз. ML.NET также поддерживает вычисления как на CPU, так и на GPU. Его главной особенностью является использование CUDA, преимуществом которой является применение графических процессоров Nvidia.

Основным языком программирования был выбран C#. В дополнение к нему использовалась платформа с интегрированной средой разработки программного обеспечения Microsoft .NET Framework и Microsoft Visual Studio, а также ряд других инструментов.

Модель для нейронной сети необходимо было обучить на собственных данных. Был создан набор данных, состоящий из 150 пациентов и 25 000 изображений. Набор данных содержал 4 000 изображений, которые

были валидированы для каждого класса модели. На каждом изображении были выделены образцы очагов поражения.

За последние пять лет закупка компьютерная томография аппаратов увеличилась на 300% (300 млн. \$), в связи с этим медицинские учреждения, в которых появились услуги по обследованию легких на компьютерная томография аппаратах, что требует врачей-рентгенологов. А главной проблемой медицинских организации является нехватка врачей-рентгенологов. Из-за чего время составления протокола обследования и заключение врачом-рентгенологом может достигать до нескольких суток, особенно в периоды пандемии. Что не позволяет вовремя начать лечение пациента.

Программа берет на себя выявление патологий и их классификацию с указанием предварительного диагноза. Тем самым позволяет кардинально снизить нагрузку на врача, снижая утомляемость. Также уменьшается время обработки одного обследования, что ведет к своевременной выдаче заключения. Тем самым повышая общую эффективность работы врача.

Несвоевременное или ошибочное выставление диагноза и лечение пациента может привести к ухудшению здоровья или к летальному исходу. Что может привести к санкциям к медицинскому учреждению. Руководитель организации заинтересован в качестве предоставляемых услуг и финансовой стабильности.

Тестирование

После обучения нейронной сети и создания программного интерфейса результаты исследования будут проверены в реальных условиях. Было согласовано получение обезличенных изображений пациентов в больнице и в дальнейшем будет проведено тестирование программного обеспечения на реальных снимках.

На программных тестах результаты достаточно перспективные (Рисунок 8 Программные тесты).

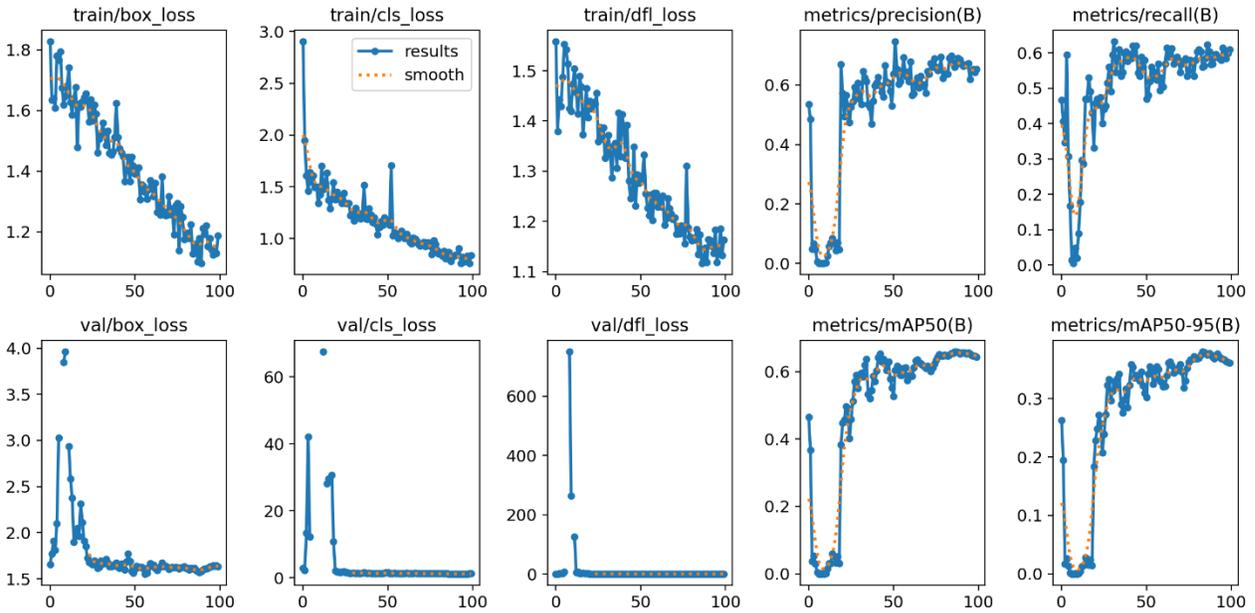


Рисунок 2. Программные тесты

Заключение

Результаты исследования могут быть использованы для снижения нагрузки на врачей при распознавании очагов поражения легких и правильной визуализации полученных результатов. Алгоритмы и методы могут быть применены для распознавания заболеваний в других органов. Для решения поставленной задачи применялись методы распознавания образов и вычисления плотности тканей.

Работа выполнена в рамках исследований, при поддержке гранта РФФ 22-19-00471.

Библиографический список

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/informacionnyye-tehnologii-v-medicine>
5. <https://science-education.ru/ru/article/view?id=14414>
6. <https://integral-russia.ru/2020/10/27/sovremennyj-ii-i-svyortchnye-nejroseti-dlya-zadach-kompyuternogo-zreniya/>
7. <https://vc.ru/ml/80391-top-10-freymvorkov-dlya-iskusstvennogo-intellekta-chast-pervaya>

© Каракаев Т.Р., 2023

УДК 004.891.2

М.А. КОЛОТОВ

mi-sha-9@mail.ru

Науч. руковод. – д-р.техн. наук, профессор **О.Н. СМЕТАНИНА**

Уфимский университет науки и технологий

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В ЗАДАЧАХ ПРЕДСКАЗАНИЯ ВЕРОЯТНОСТИ БАНКРОТСТВА ПРЕДПРИЯТИЙ РОССИИ

Аннотация: в статье рассматриваются вопросы применения технологий машинного обучения в задачах предсказания вероятности банкротства предприятий. Для решения задачи используются три модели (логистическая регрессия, случайный лес и градиентный бустинг), также проводится сравнительный анализ эффективности полученных результатов применения обозначенных моделей с результатами, при использовании пятифакторной модели Альтмана.

Ключевые слова: машинное обучение; логистическая регрессии; случайный лес; градиентный бустинг; пятифакторная модель Альтмана; предсказание вероятности банкротства предприятия; информационные технологии.

Задача предсказания вероятности банкротства предприятия является критически важной для предприятий разного рода: начиная от банков, заканчивая обычными предприятиями. Банки используют данную оценку для снижения рисков при выдаче кредитов предприятиям, обычные компании применяют ее как для оценки собственной привлекательности в глазах кредиторов, инвесторов, или же для оценки своих потенциальных контрагентов и заемщиков.

Актуальность данной задачи обусловлена высокими рисками, которые могут быть вызваны неспособностью организации платить по своим долговым обязательствам и финансировать свою текущую операционную деятельность.

Однако несмотря на важность и значимость данной оценочной характеристики, в экономической науке отсутствует единый подход к оценке вероятности банкротства. Существует множество моделей, результаты которых даже в рамках одного предприятия могут давать кардинально разные оценки: от критического финансового состояния до идеального. Также из значимых недостатков является то, что многие модели не адаптированы под

российский рынок и создавались еще в середине 20 века в западных странах, а российские модели сконцентрированы на узких рыночных нишах [1].

Из-за неспособности большинства классических экономических методов прогнозировать вероятность банкротстве предприятия, возникает вопрос, насколько эффективно применение информационных технологий в данном вопросе. В российской научной сфере интерес к данному вопросу появился начиная с 2015 года, в то время как на западе уже начиная с 2000-х годов. При этом во многих российских работах не раскрывается информация о данных [2][3] или применяются несколько некорректные формулировки [2]. В зарубежных же статьях частой проблемой является маленькая выборка компаний [4].

На основании анализа публикационной активности и отсутствия каких-либо значимых научных и практических результатов в данной области в рамках данной статьи были поставлены следующие задачи:

1. Сбор и обработка финансовых данных для анализа за 2022 год;
2. Построение 3-х моделей машинного обучения: логистической регрессии, случайного леса и градиентного бустинга над деревьями;
3. Сравнение результатов моделей машинного обучения и классических методов прогнозирования вероятности банкротства.

В качестве набора данных для обучения будут использоваться данные СПАРК-Интерфакс, которая содержит большое количество финансово-экономических показателей российских предприятий и которой пользуются большинство российских консалтинговых и аудиторских фирм. Данные брались за 2021 года, а статистика по банкротству компаний – за 2022 год.

Для сравнения с методами машинного обучения была взята наиболее популярная пятифакторная модель Альтмана.

Для построения моделей машинного обучения были взяты следующие данные:

1. Среднесписочная численность работников;
2. Возраст компании;
3. Основные средства;
4. Чистые активы;
5. Выручка;
6. Валовая прибыль;
7. Прибыль (убыток) до налогообложения;
8. Чистая прибыль.

Выбор данных параметров базируется на опыте, так как для оценки компании и ее привлекательности в консалтинговых компаниях наиболее часто смотрят именно на эти финансовые показатели.

После преобразования данных, в которых входила очистка данных от выбросов и строк с пустыми значениями, размер итоговой выборки составил 11028 компаний, из которых 2146 компаний оказались банкротами в 2022 году и 8882 компании не банкроты. Также к данным была применена процедура стандартизации. Результаты исследования представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты построения моделей

Модель	Accuracy	Precision	Recall	F1	ROC_AUC
Logit	0.962	0.887	0.919	0.902	0.946
RandomForest	0.966	0.918	0.905	0.911	0.943
CatBoost	0.971	0.924	0.925	0.924	0.953
Модель Альтмана	0.668	0.366	0.883	0.517	0.748

Как видно из представленных результатов, наилучшие оценки получила модель, построенная с помощью отечественной разработки Catboost, которая в своей сущности представляет градиентный бустинг над деревьями. При этом стоит отметить, что более классические модели машинного обучения не сильно отстают по итоговым метрикам.

При этом стоит отметить, что модель Альтмана крайне плохо себя показала на данной выборке, что может быть обусловлено тем, что данная модель не заточена под российский рынок и у нее есть так называемое окно неопределенности, в котором модель не может дать точный ответ. При этом в среднем модель Альтмана дает точность порядка 90,9%, что не подтвердилось на данном тесте.

Таким образом по результатам проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

1. На практике доказано, что современные методы интеллектуального анализа данных показывают высокую точность по сравнению с классическими моделями;
2. Модель показала себя крайне эффективно в условиях непредсказуемых рыночных событий 2022 года.

Исследования в данном направлении можно развивать на основании данных выводов, в частности следующие вопросы требуют дополнительного освещения и представляют определенный интерес:

1. Построение моделей в разные периоды рыночной активности и сравнении эффективности работы (рецессия, кризис, рост и т.д.);
2. Дополнительная модель для выявления ложного банкротства [5];
3. Построение моделей для различных рыночных сегментов и сравнение их эффективности;
4. Построение нейросетей и сравнение их эффективности с классическими моделями машинного обучения.

Библиографический список

1. Доржиев, А.С. Прогнозирование банкротства методами машинного обучения: статья / А.С. Доржиев. – Журнал информационное общество: Москва, 2020.

2. Ломакин Н.И., Сисинова И.А., Марамыгин М.С., Пескова О.С., Шабанов Н.Т., Пекарский Н.В. Прогнозирование вероятности банкротства предприятия с использованием ml-модели «случайный лес» сквозь призму инновационного развития: статья / Н.И. Ломакин. – Научный журнал фундаментальные исследования: ВГТУ, УГЭУ, 2020.

3. Опекунов А.Н., Кузьмина М.Г. Принципы формирования моделей прогнозирования вероятности банкротства предприятий с использованием элементов машинного обучения: статья / А.Н. Опекунов, М.Г. Кузьмина – Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе: ПГУ, 2019.

4. Niccolò Gordini A genetic algorithm approach for SMEs bankruptcy prediction: Empirical evidence from Italy: статья / Niccolò Gordini – Expert Systems with Applications Volume 41, Issue 14: Италия, 2014.

5. Волик Е.О. Система поддержки принятия решений при мониторинге банкротств предприятий: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Волик Е.О. – УГАТУ, 2008.

© Колотов М.А., 2023

А.А. КОРОТКОВА

anna.korotkova@mail.ru

Науч. руковод. – д-р техн. наук, доцент **О.Н. СМЕТАНИНА**

Уфимский университет науки и технологий

ВЫБОР МЕТОДИКИ И ФАКТОРОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ СТУДЕНЧЕСКОЙ ВОВЛЕЧЕННОСТИ

Аннотация: в статье исследуются факторы, влияющие на вовлеченность студентов в образовательный процесс, а также анализируются существующие методики измерения данного показателя и подробно исследуется самая распространенная из них.

Ключевые слова: студенческая вовлеченность; измерение студенческой вовлеченности; методики оценки вовлеченности студентов; факторы студенческой вовлеченности; анкетирование.

Введение. Сегодня во многих сферах деятельности осуществляется оценка качества с целью обеспечения улучшения процессов, повышения удовлетворенности клиентов или потребителей, а также оптимизации результатов работы. В сфере образования, которая является одним из приоритетных направлений государственной политики во многих странах, оценка качества разделяется на внешнюю и внутреннюю. В системе высшего образования Российской Федерации преобладает первый тип оценки, который содержится в общепринятых стандартах, мировых рейтингах, различных мониторингах и исследованиях Министерства образования и науки РФ, процедурах государственной регламентации деятельности вуза и т.д. [8]. Внутренняя оценка образования, в свою очередь, не имеет единого подхода и в большинстве случаев ориентируется на формальные показатели, однако для успешного развития образовательного процесса необходимо проводить всеобъемлющую и всестороннюю оценку качества обучения.

Внутренняя оценка позволяет университетам самостоятельно определить, какие аспекты образовательного процесса нуждаются в улучшении, и быстро применить новые методы для повышения качества. Одним из главных преимуществ данного вида оценки является её ориентированность на потребителя образовательных услуг в отличие от внешних показателей [6]. В данном случае студенты могут рассматриваться не только как потребители, но и как партнеры в учебном сообществе, которые

способны помочь развитию своего университета. Стремление к совершенствованию образовательной системы и ее комплексной оценки не может происходить без вовлечения ключевых заинтересованных сторон в сферу образования [14]. Вовлечение студентов становится значимым элементом для понимания различных изменений, необходимых учебным заведениям. Поэтому одним из инструментов внутренней оценки качества образования в высших учебных заведениях, ориентированных на мнение потребителей, является студенческая вовлеченность. Она позволяет оценить уровень участия и заинтересованности студентов в образовательном процессе и выявить проблемные моменты, которые могут влиять на качество обучения. Данный показатель уже является признанным элементом внутренней оценки качества, так как многие зарубежные исследования показали сильную прямую корреляцию между вовлеченностью студентов в образовательный процесс и образовательными результатами, что непосредственно влияет на качество образования [5].

Цель данной статьи состоит в определении факторов, оказывающих влияние на вовлеченность студентов в образовательный процесс, а также анализе существующих методик измерения данного показателя и подробном рассмотрении самой эффективной из них.

Современное состояние проблемы. Одним из основоположником концепции студенческой вовлеченности является Александр Астин. Он определил данный термин как «количество физической и психологической энергии, которую студент тратит на учебу» [11]. Другой американский исследователь, Джордж Кух, определяет студенческую вовлеченность, как «время и усилия, которые студенты вкладывают в образовательную деятельность, эмпирически связанную с желаемыми результатами обучения» [13].

Российские исследователи также занимаются изучением студенческой вовлеченности как оценки качества образования. Так, И.Д. Фрумин и М.С. Добрякова подчеркивают, что студенты являются ключевыми участниками образовательного процесса вуза и их вовлеченность в него имеет прямое влияние на результативность работы учебного заведения. В своей статье они указывают, что студенты не принимают решений относительно учебных программ, кадрового состава или распределения финансов, однако от их мотивации и учебных усилий зависит качество их подготовки как будущих специалистов [9].

Измерять студенческую вовлеченность в России начали лишь в 2010 году. Данный показатель исследует Центр внутреннего мониторинга на своих студентах, сравнивая свои результаты с данными Национального исследования студенческой вовлеченности, которое охватывает более

1500 тысяч американских и канадских высших учреждений (National Survey of Student Engagement — NSSE). На основе зарубежной и отечественной исследований некоторые российские университеты также самостоятельно применяют данный показатель для развития и улучшения своей деятельности [1,2,4,7]. Мониторинг вовлеченности позволяет выявить проблемные места, разработать рекомендации по увеличению студенческой вовлеченности.

Объектами всех вышеописанных исследований являются студенты. Интегрируя их обратную связь в общую оценку качества вуза, можно повысить не только эффективность учебного заведения, но и имидж вуза в целом. Однако при подготовке к оцениванию студенческой вовлеченности может возникнуть проблема: несерьезность восприятия и непонимание смысла своего участия в анализе студенческой вовлеченности может быть причиной недостоверных результатов оценки и негативного отношения студентов к самому процессу оценивания. Поэтому информативность вовлеченности, как оценки качества образования, может зависеть от того, насколько ответственно и серьезно воспринимают это действие студенты. Чтобы гарантировать достоверные результаты данного показателя, руководство университета должно рассматривать обучающихся как активных партнеров. В таком случае, университету рекомендуется определить четкую роль студентов в обеспечении качества обучения. Обучающиеся должны быть уверены, что реформы в университете отчасти связаны с их обратной связью, которую они транслируют при участии в оценке своей вовлеченности. Тогда достоверное измерение показателя будет способствовать постоянному улучшению образовательных процессов. Несмотря на вышеописанные сложности, исследователи и практики принимают активное участие в измерении уровня вовлеченности как внутренней оценки качества образования. Для этого они используют несколько методик измерения вовлеченности.

Методики оценки вовлеченности студентов в учебный процесс. Специалисты продолжают развивать и совершенствовать методики, обогащая свои опытом проведения исследований [5,12]. Выбор той или иной методики позволяет понять какого характера данные необходимо собрать для проведения оценки и какие методы обработки использовать (табл.1):

Таблица 1

Методики измерения студенческой вовлеченности

Название методики	Краткое описание
Массовый опрос студентов (анкетирование)	Самостоятельное заполнение опросов и анкет относительно уровня вовлеченности в обучение

Анализ работ обучающихся	Анализ учебных работ студентов (проекты, портфолио, выступления и т.д.), позволяющие оценить, насколько студент вовлечен в решение задач, критический и структурный анализ
Изучение кейсов	Анализ степени взаимодействия с преподавателями и студентами, изучение реакции студента и наблюдаемые последствия этой реакции
Непосредственное наблюдение	Применение прямого наблюдения (обычно 5-10 секунд каждой минуты) для подтверждения, заявленного учащимися в опросах уровня вовлеченности в выполнение учебных заданий
Автоматическое измерение с применением технических средств	Измерение вовлеченности студентов на основании анализа данных с применением технических средств (например, анализ видеопотоков с камер, использование МРТ для изучения активности мозга при различных формах взаимодействия в учебном процессе и т.д.)

Большинство методик измерения уровня вовлеченности обучающихся подробно описывал в своих работах Е. Чапман [12]. Среди них массовый опрос студентов, направленный на самооценку, является самой распространенной и менее затратной методикой, позволяющей охватить большое количество данных о респондентах. Несмотря на широкое использование опросов, достоверность данных может варьироваться в зависимости от того, насколько точно студенты могут представить свои ощущения, способности и реакции для заполнения анкеты.

Факторы, влияющие на вовлеченность в образовательный процесс. В независимости от выбранной методики измерения показателя, анализируют ряд перманентных признаков, которые влияют на уровень вовлеченности студента в образовательный процесс. Данные признаки можно условно поделить на 6 подгрупп:

- 1) мотивация студентов;
- 2) взаимопонимание обучающихся и преподавателей, умение слушать и понимать друг друга, а также наличие обратной связи;
- 3) разнообразие методов обучения (лекции, дискуссии, проекты, дебаты, практические занятия и т.д.);

- 4) индивидуальный подход (наличие учета особенностей, потребностей и мотивации каждого студента при составлении учебного процесса);
- 5) ясные, четко сформулированные и достижимые цели обучения;
- 6) наличие взаимного обмена и кооперации между студентами.

Анкетирование как методика измерения студенческой вовлеченности. Для их измерения студенческой вовлеченности при проведении массовых опросов студентов, направленных на самооценку, чаще всего используется шкала Лайкерта (или Ликтера). Данная шкала содержит несколько утверждений, связанных с вовлеченностью в образовательный процесс [3]. Участники опроса должны указать свою степень согласия или несогласия с каждым утверждением, используя predetermined набор ответов, который обычно включает пять или семь вариантов от «полностью согласен» до «полностью не согласен» (рис.1).

Пожалуйста, выразите свою степень согласия со следующими суждениями					
Суждение	Степень согласия и отвечающий ей балл				
	Полностью согласен	Согласен	Нейтрален/ затрудняюсь ответить	Не согласен	Полностью не согласен
	5	4	3	2	1
1. Я чувствую себя заинтересованным(-ой) на учебе.			+		
2. У меня есть достаточно возможностей для активного участия на занятиях.		+			
3. Я активно участвую групповых заданиях на занятиях.				+	

Рис 1. Фрагмент анкеты по измерению студенческой вовлеченности со шкалой Лайкерта

Для проверки надежности опросника, разработанного с использованием шкалы Лайкерта, можно применить несколько статистических методов, однако чаще всего используют коэффициент альфа Кронбаха (Cronbach's alpha) [10]. Формула расчета выглядит следующим образом:

$$\alpha = \frac{k}{k-1} * \left(1 - \frac{\sum \sigma^2(Y)_i}{\sigma_x^2}\right),$$

где k – количество признаков, $\sum \sigma^2(Y)_i$ – сумма дисперсий показателей, σ_x^2 – дисперсия показателей по всем признакам опросника ($i = 1, 2 \dots k$).

В случае, когда признаки в опроснике абсолютно не связаны по смыслу друг с другом, коэффициент альфа Кронбаха будет равняться нулю. При условии, что все признаки измеряют фактически одну и ту же концепцию, коэффициент будет равен 1. Внутреннее согласование считается удовлетворительным, если коэффициент больше 0,7. Показатели, значения которых менее 0,5, считаются недостаточно удовлетворительными и требуют пересмотра используемой методики оценки, а также содержания опросника.

Оценка надежности опросника, проведенная с помощью подсчета коэффициента альфа Кронбаха позволяет понять, что собранные данные надежны для дальнейшего анализа, что важно для выработки релевантных рекомендаций по улучшению образовательного процесса.

Выводы. Интеграция обратной связи студентов с помощью анкетирования в систему оценки качества вуза является важным инструментом для повышения эффективности образовательного процесса. Данная статья позволила определить наиболее эффективную методику измерения студенческой вовлеченности, а также выделить факторы вовлеченности для дальнейших исследований данного показателя, который может быть ключевым для развития университетов и обеспечения высокого качества обучения.

Библиографический список

1. Абитов И.Р., Устин П.Н., Артищева Л.В. Вовлеченность в учебную деятельность как познавательное психическое состояние: опыт исследования // КПЖ. – 2022. – №3 (152).
2. Бодруг Н.С. Вовлечение обучающихся в цифровую образовательную среду вуза // Вестник ЮУрГГПУ. 2023. №2 (174).
3. Квон Г.С., Вакс В.Б., Поздеева О.Г. Использование шкалы Лайкерта при исследовании мотивационных факторов обучающихся // Концепт. 2018. №11.
4. Кувшинов О.Н., Усачев Н.А., Сурнин Д.И. Мониторинг вовлеченности студентов Поволжского государственного университета сервиса в дисциплину «Физическая культура и спорт» // Ученые записки университета Лесгафта. – 2017. – №2 (144).
5. Малошонок Н.Г., Вилкова К.А. Измерение учебной вовлеченности студентов как инструмент оценки качества российского высшего образования: информационный бюллетень. Москва: Издательство «Национальный

исследовательский университет «Высшая школа экономики», 2022. Том. 7 (24). – 44 с. (Мониторинг экономики образования). ISBN 978-5-7598-2644-6.

6. Никишина, О.А. Нормативные основы независимой оценки качества образования // Вестник Мининского университета. - 2014. - № 2. - С. 22-23.

7. Павлова Е.В. Самоорганизация как фактор академической вовлеченности студентов вуза // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Психология. 2021.

8. Руденко С.С. Оценка качества образования в вузе // Вестник ЗабГУ. – 2008. – №2.

9. Фруммин И.Д., Добрякова М.С. Что заставляет меняться российские вузы: договор о невовлеченности // Вопросы образования. – 2012. – №2.

10. Щеглова И.А. Корешникова Ю.Н., Паршина О.А. Роль студенческой вовлеченности в развитии критического мышления // Вопросы образования. 2019. №1.

11. Astin A. Student Involvement: a Developmental Theory for Higher Education // Journal of College Student Development. 1984. Vol. 25. No. 4.

12. Chapman E. Assessing student engagement rates: ERIC Clearinghouse on Assessment and Evaluation, 2003.

13. Kuh G. What Student Engagement Data Tell Us about College Readiness // Peer Review. 2007. Vol. 9. No 1. P. 4-8.

14. Mwenda Evans, MwanzaBupe Student Engagement in Quality Assurance in Higher Education Institutions A Review / Mwenda Evans, MwanzaBupe // –2002.

© Короткова А.А., 2023

УДК 004.67

А.А. КОСОРУЧКИНА, А.Д. ЧИРКО, А.С. ШАПОШНИКОВА

ShaposhnikovaAS@yandex.ru

Науч. руковод. – канд. биол. наук, доцент **М.Р. Богданов**

Уфимский университет науки и технологий

АНАЛИЗ СМЕРТНОСТИ ПАЦИЕНТОВ ОТ ГИПЕРТОНИИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗМА

Аннотация: в данной научной статье проведен анализ смертности пациентов от гипертонии с учетом показателей состояния организма. Полученные результаты могут быть использованы для разработки более

эффективных методов профилактики и лечения гипертонии, а также для оптимизации стратегий управления здоровьем пациентов.

Ключевые слова: гипертония; показатели здоровья; смертность от заболеваний сердца.

Согласно заключению Всемирной организации здравоохранения, основной причиной смертности во всем мире являются заболевания сердечнососудистой системы. Каждый год от болезней сердца и кровеносных сосудов умирает 17,9 миллионов человек. Четыре из пяти смертей происходят в результате инфаркта и инсульта, треть случаев смертности отмечается у людей в возрасте до 70 лет. ВОЗ отмечает, что значительными факторами риска возникновения сердечнососудистых заболеваний являются нездоровое питание, употребление табака и алкоголя, низкий уровень физической активности. Последствия могут проявляться в виде повышенного давления, повышенного уровня глюкозы или липидов крови. В свою очередь, превышение нормальных значений давления и компонентов крови могут указывать на повышенный риск инфаркта, инсульта и сердечной недостаточности. Как отмечает Том Фриден, глава «Resolve to Save Live», инсульты и инфаркты уносят жизни более 1000 человек, большинство случаев вызваны высоким артериальным давлением, и многие из них можно предупредить.

В данной работе будет приведено решение по анализу данных о состоянии пациента и вероятности возникновения внезапной сердечной смерти от гипертонии и других факторов риска.

Данные, используемые в программе для анализа сердечнососудистых заболеваний, взяты из открытой базы данных на Kaggle, в которой содержатся параметры, представленные в Таблице 1. Также в Таблице 1 указано, как параметры могут влиять на здоровье пациентов, и какие их показатели являются нормой.

Таблица 1

Описание исходных данных

Параметр	Единица измерения	Описание	Нормальный показатель
Возраст пациента	Год	Сколько лет пациенту	-
Наличие анемии	0 – анемия отсутствует, 1 – анемия есть	Анемия повышает риск осложнений заболеваний сердца, сосудов, могут	-

		возникать аритмии и недостаточность сердца.	
Уровень креатинфосфокиназы	Микрограмм на литр	Превышение нормальных значений возможно при гипотиреозе, миокардите, инфаркте миокарда, миокардиодистрофии, опухолях, травмах и ожогах.	10–120
Наличие диабета	0 – диабет отсутствует, 1 – диабет есть	Диабет повышает риск ишемической болезни сердца, результатом которой является инфаркт миокарда и внезапная остановка сердца.	-
Фракция выброса	Процент	Процент крови, покидающей сердце при сокращении. К снижению фракции выброса приводят: кардиомиопатия, сердечный приступ, проблемы с сердечными клапанами, высокое кровяное давление.	50–70
Наличие гипертонии	0 – гипертония отсутствует, 1 – гипертония есть	Повышает риск развития сердечной недостаточности: вызывает сужение, сжатие кровеносных сосудов, в том числе питающих сердце, а это приводит к ухудшению кровотока сердечной	-

		мышцы, что, в свою очередь, может ослабить или повредить сердце.	
Количество тромбоцитов в крови	Килотромбоциты/мл	Превышение нормы создаёт угрозу закупорки сосудов тромбами. Результатом может стать инфаркт миокарда, инсульт и другие сердечно-сосудистые патологии	150 тыс.- 450тыс.
Уровень креатинина в крови	мг/дл	Повышенный уровень креатинина в крови указывает на снижение функции почек. У пациентов с сердечной недостаточностью часто наблюдается повышение уровня креатинина.	Мужчины:0, 7 – 1,3 мг/дл Женщины: 0,6 – 1,1 мг/дл.

Окончание табл. 1

Уровень натрия в крови	ммоль/л	Анализ на натрий крови служит маркером застойной сердечной недостаточности	136 – 145 ммоль/л	
Пол пациента	0 – женщины, 1 – мужчины	Какого пола пациент	-	
Курит ли пациент	0 – нет привычки, 1 – есть	Никотин вызывает повышение артериального давления и частоты	-	

		сердцебиений. Результат спазма сосудов – инфаркт миокарда		
Умер ли пациент	0 – жив, 1 – мертв	Привели ли параметры к смерти	-	

Анализ данных был проведен с помощью кластеризации методом k-средних на языке программирования R. Для того чтобы определить степень влияния анемии, диабета, гипертонии и курения на смертность и состояние компонентов крови пациентов, кластеризация проводилась в несколько этапов:

1. Анализ данных пациентов, не страдающих от анемии, диабета, гипертонии и не имеющих привычку курить;
2. Анализ данных пациентов, имеющих только гипертонию;
3. Анализ данных пациентов, имеющих гипертонию и диабет;
4. Анализ данных пациентов, имеющих гипертонию и анемию;
5. Анализ данных пациентов, имеющих все вышеуказанные факторы риска.

Алгоритм анализа данных для каждого этапа кластеризации выглядит следующим образом:

Шаг 1. Загрузка исходных данных. Выбор пациентов согласно этапу кластеризации.

Шаг 2. Стандартизация значений для приведения к единому порядку.

Шаг 3. Выбор оптимального количества кластеров методом силуэта.

Шаг 4. Проведение кластеризации методом k-средних, построение графика кластеризации.

Шаг 5. Построение матрицы рассеяния для визуализации распределения данных в зависимости от кластера.

Шаг 6. Дестандартизация значений и нахождение среднего значения показателя по кластеру.

После проведения кластеризации и анализа данных можно получить следующие результаты и выводы:

1. Практически у всех пациентов из набора данных сниженная фракция выброса крови (40 процентов при норме в 50-70). Стоит отметить возраст у наблюдаемых пациентов находится в пределах 40-95 лет.

2. Все пациенты, не имеющие гипертонию, анемию, диабет и вредные привычки имели повышенный показатель креатинфосфокиназы. Средний возраст по кластерам – 45-85 лет. Смерть наступала при превышении уровня

креатинфосфокиназы выше 480 мкг/л, сниженной фракции выброса крови (меньше 30 процентов), низком уровне тромбоцитов (ниже 150 тысяч мг/дЛ) и натрия (меньше 130). В большинстве случаев смерть наступает при значительном повышении уровня креатинфосфокиназы.

3. У пациентов, имеющих высокое артериальное давление средний возраст 53-65 лет, количество тромбоцитов варьируется от 223 до 303 тысяч. Смерть наступала при следующих показателях: повышение уровня креатинфосфокиназы, процент крови при сокращении не достигает 40%. Такие показатели, как количество тромбоцитов, уровень натрия оставались в норме. Смертность пациентов происходила в 10 или 45% случаев.

4. У умерших пациентов, имеющих гипертонию, диабет, но без анемии и употребления табака наблюдаются следующие признаки: крайне низкие показатели процента крови, покидающей сердце (ниже 35 процентов), высокие показатели уровня креатинфосфокиназы (выше 600), у пациенток пониженный уровень натрия (ниже 134).

5. У пациентов, имеющих гипертонию, анемию, но не страдающих диабетом и не имеющих вредные привычки, смерть наступала при следующих показателях здоровья: превышение уровня креатинфосфокиназы, низком проценте выброса крови (ниже 30 процентов), высоком показателе по креатинину (выше допустимого значения на 0,5-7,4 раза). При обработке результатов имелся кластер, в котором показатели здоровья пациента находились в рамках допустимых значений, но пациент умер. Можно сделать предположение, что это произошло в силу возраста (средний показатель по кластеру – 83 года).

6. Пациенты, имеющие гипертонию, анемию, диабет и курящие имеют следующие особенности по здоровью: превышение нормы показателя уровня креатинфосфокиназы на 416-555 значений, количество тромбоцитов около 255 тысяч. Смерть наступала при превышении уровня креатинфосфокиназы, низкой фракции выброса ниже 33 процентов.

Согласно получившимся выводам, можно дать следующее заключение: при наличии высокого артериального давления снижается фракция выброса крови из сердца (варьируется около 20 -39 процентах при норме в 50), также наблюдается превышение показателя креатинфосфокиназы, креатинина.

Библиографический список

1. В докладе ВОЗ впервые подробно анализируются катастрофические последствия заболеваемости гипертонией и возможные ответные меры [Электронный ресурс]. - URL: <https://www.who.int/ru/news/item/19-09-2023-first-who-report-details->

devastating-impact-of-hypertension-and-ways-to-stop-it (Дата обращения: 23.10.2023).

2. Набор данных [Электронный ресурс]. - URL: <https://www.kaggle.com/datasets/andrewmvd/heart-failure-clinical-data/data> (Дата обращения: 23.10.2023).

© Косоручкина А.А., Чирко А.Д., Шапошникова А.С., 2023

УДК 004.85

Т.З. КРЫМГУЖИН

timur_krymguzhin@mail.ru

Науч. руковод. – канд.техн. наук, доцент каф. АСУ **Т.К. ГИНДУЛЛИНА**

Уфимский университет науки и технологий

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕСТИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ СКРИПТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Аннотация: в данной статье предлагается новый метод тестирования с использованием машинного обучения. Рассмотрение метода начинается с обучения нейронной сети обнаружению объектов и интегрирования ее в скрипт. Затем формируются предпосылки для использования этого метода в других техниках тестирования и приводятся преимущества и ограничения предложенного подхода.

Ключевые слова: нейронная сеть, тестирование, машинное обучение, скрипт, автоматизация, селектор.

Введение

Обеспечение качества (QA) – один из ключевых процессов в разработке программного обеспечения. Он включает систематический и интегрированный подход к проверке соответствия продукта установленным стандартам качества [1]. Благодаря автоматизации тестирование претерпело значительные изменения и стало более эффективным и действенным.

Развитие искусственного интеллекта снова меняет подход к тестированию, расширяя его возможности. Способность искусственного интеллекта к обучению на основе данных способствует повышению общей эффективности процесса разработки программного продукта за счет более точного и надежного этапа тестирования. Результативность достигается использованием алгоритмов машинного обучения, способных к анализу

информации, выявлению закономерностей и принятию интеллектуальных решений в автоматизации различных задач ручного тестирования.

Уже существуют программные средства, способные автоматически определить избыточные или недостаточно эффективные тестовые случаи и оптимизировать весь тестовый набор, сокращая временные затраты при сохранении эффективного тестового покрытия. Также существуют нейронные сети, которые можно использовать для автоматического обнаружения багов или генерации тест-кейсов.

Для прогнозирования потенциальных ошибок в программном обеспечении также был предложен метод с использованием алгоритма дерева решений на предварительно обученной нейронной сети. На структуру дерева и точность модели влияет множество факторов: параметры функций, количество элементов в множестве, количество классов входной переменной [2].

Основной проблемой автоматизации тестирования с помощью машинного обучения является то, что не для всех подходов улучшения проверки графического пользовательского интерфейса детально рассмотрены соответствующие области.

Актуальность поставленной проблемы заключается в том, чтобы предпринять новые шаги для разработки стратегии автоматизации тестирования, путем улучшения стандартных методов проверки программного обеспечения с помощью машинного обучения.

Чтобы решить сформулированную проблему была поставлена цель исследования, заключающаяся в улучшении подхода автоматизации с помощью написания скриптов, добавляя в него машинное обучение, способное к автоматической идентификации определенных элементов пользовательского интерфейса на веб-странице вместо использования селекторов или языка запросов к элементам XML Path Language (XPath)

Для достижения поставленной цели были сформированы задачи исследования, такие как:

- Рассмотрение принципа работы машинного обучения;
- Обучение нейронной сети для определения элементов интерфейса;
- Анализ преимуществ и недостатков представленного метода.

Основная часть

Материалы и методы. Методы машинного обучения помогают компьютеру учиться решать задачи на основе множества примеров. После обучения машина способна решать те же задачи на новых данных, которые не видела в процессе анализа.

Например, чтобы научить систему распознавать изображения, специалисты используют большой массив изображений – датасет, с

описанием, или разметкой, представленных на них объектов: человек, кошка, автомобиль и так далее. После загрузки массива картинок, по мере анализа полученной информации, программа учится самостоятельно идентифицировать объекты. Связь между нейронами, которые привели к правильному ответу, усиливается, а к неправильному – ослабляется. После многократных итераций сеть создаёт правильные нейронные соединения – в этот момент можно сказать, что система научилась верно решать задачу. Кроме задачи распознавания изображения, машинное обучение может решать такие классические задачи, как: классификация, кластеризация, регрессия, понижение размерности ряда и др. [4].

С помощью программного средства Selenium и языка Python можно создавать самостоятельные скрипты, способные автоматически запускать браузер для перехода на определенный источник и взаимодействовать с элементом веб-страницы, указывая селектор, написанный на формальном языке Cascading Style Sheets (CSS) или XPath с помощью метода `find_element`. Но возникает проблема в том, что тестируемое приложение часто может изменяться из-за редактирования кода разработчиков или же созданные автоматические тесты не могут найти детерминированные и простые селекторы. Также в Selenium есть и другие способы найти элементы на веб-странице: по имени HTML-тега, по тексту ссылки, по классу элемента. Но такие способы применимы не для всех элементов (не все элементы могут быть ссылками) или являются недостаточно точными (на странице может быть много элементов с одинаковым именем HTML-тега) [3].

Предлагается использовать возможности машинного обучения по идентификации элементов на изображении, то есть при каждом запуске скрипта будет работать нейронная сеть, динамически определяющая элементы на странице. Предварительно обученная нейронная сеть подойдет для поиска кнопок различных форм и цвета, чек-боксов (выбор нескольких вариантов), радиокнопок (выбор только одного компонента), полей форм и паролей. Для этого модель придется обучить с использованием большого массива изображений (около 15 в каждом классе), включающих различные вариации элементов с соответствующей разметкой.

На рис. 1 представлен контур управления, показывающий то, какие действия может предпринимать лицо, принимающее решения, в зависимости от результативности работы сети обнаружения объектов. Если в результате анализа ошибок будет определено, что сеть плохо работает вследствие некорректных входных критериев прохождения тестов, то их придется изменить. То же самое касается некачественного или недостаточного по объему датасета, на котором нейронная сеть обучается разметке элементов.

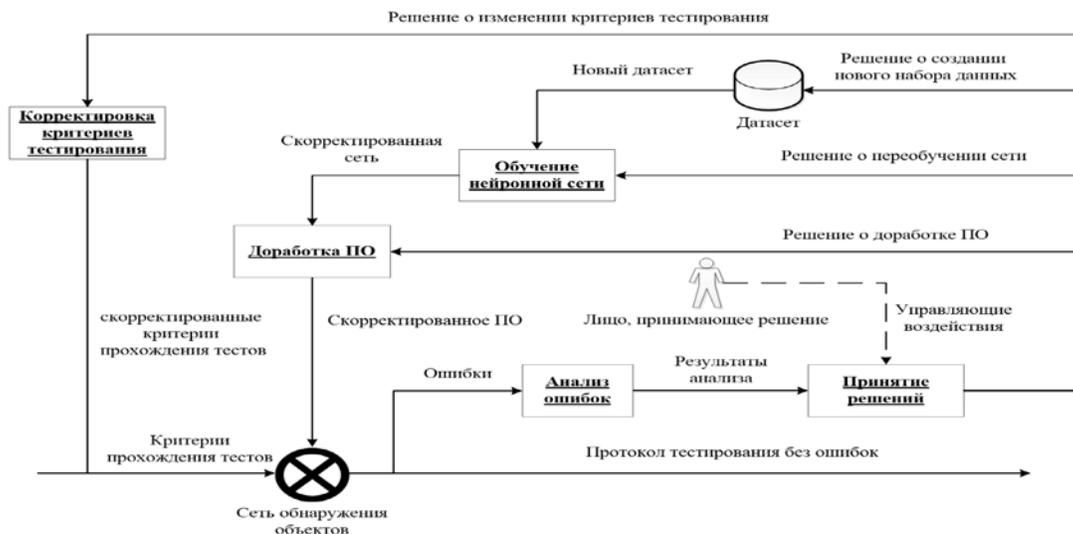


Рис. 1. Контур управления

Работа предварительно обученной нейронной сети может выглядеть таким образом:

1. Первоначальная разметка элементов на каждой фотографии для создания собственного детектора-классификатора с помощью специализированных инструментов. Итогом данного пункта будет формирование границ каждого элемента группы;
2. Загрузка предварительно обученной нейронной сети;
3. Загрузка набора данных и разделение их на обучающую, валидационную и тестовую выборки. То есть указывается на каком количестве изображений сеть будет обучаться (60% данных), 10% на валидацию и остальные на тестирование;
4. Создание сети обнаружения объектов, в качестве архитектуры которой используется нейронная сеть ResNet-50 для извлечения признаков [5]. В результате помимо внутренне подготовленных категорий объектов (около 1000) будет присутствовать новый классификационный слой на примерах соответствующих элементов. Таким образом, кроме стандартных категорий, например, кошек или собак, рассмотренная модель сможет по изображению определять, имеются ли на нем наши элементы и какова процентная доля предсказания на основе эталонных данных.

На рис. 2 показан примерный принцип работы созданной сети обнаружения объектов.



Рис. 2. Пример работы собственного детектора – классификатора:
 1 – процесс разметки элементов для дальнейшего обучения;
 2 – принцип работы сети обнаружения объектов

Предлагаемый метод имеет хороший потенциал для различных модификаций, особенно в области тестов в режиме реального времени. Так как обученная нейронная сеть представляет собой сеть обнаружения объектов, то ее с легкостью можно использовать для сравнения страницы до и после изменения кода. В таком случае создаются необходимые скриншоты и загружаются внутрь модели, в которой обученные алгоритмы размечают отличающиеся элементы.

Также имеется гибкая возможность добавления новых элементов веб-страниц, таких как подсказки, всплывающие при наведении, поисковая строка, маски. Для этого достаточно разметить новые изображения и заново переобучить сеть. Поэтому данный метод может быть использован не только для простых одностраничных сайтов, но и для многостраничных.

Результаты и обсуждения. Оценить эффективность использования предлагаемого решения с использованием машинного обучения вместо существующего метода написания скриптов с указанием CSS селекторов или XPath можно на основании двух моментов: с одной стороны, насколько эффективно будет происходить автоматизированное тестирование, а с другой стороны, не будет ли снижаться процент покрытия тестами кода веб-приложения, то есть все ли элементы веб-страницы будут распознаны.

Показатель точности определения элементов и количества истинно – положительных решений при большом количестве разнообразных наборов данных будет стремиться к 1, потери и ложно – положительные результаты к 0.

При полностью обученной нейронной сети предлагаемое решение проведенное тестирование гораздо быстрее, чем существующее, однако, время запуска тестового браузера в обоих случаях будет одинаковым.

Рассмотрим несколько возможных сценариев, которые могут произойти, для сравнения двух методов:

1. Идеальная среда, то есть полностью обученная нейронная сеть и CSS селекторы для каждого элемента определены правильно. В таком случае ожидается более быстрая скорость выполнения тестирования у предложенного метода не менее чем в два раза;

2. Нейронная сеть обучена не до конца, то есть некоторые элементы страницы может определять неверно, а в скрипте с селекторами в одном из них содержится указание на старый элемент. В таком случае существующий метод не сможет опознать новый элемент на странице и прекратит свое выполнение, а предлагаемая модель с разной долей вероятности либо правильно его протестирует, либо возьмет тестовые данные из другой базы, но завершит свою работу полностью.

Таким образом, можно сформировать преимущества автоматизации метода написания скриптов с помощью предлагаемого метода идентификации элементов. Во-первых, тестирование многофункционального сайта значительно ускорится по сравнению с написанием скриптов для проверки каждого селектора введенным набором данных, то есть длительность этапа тестирования уменьшится. Во-вторых, скорость обучения новых элементов для идентификации и переобучения имеющихся позволяет легко менять структуру сети, обеспечивая ее гибкость. В-третьих, данные для теста закрепляются за определенным элементом, что создает структурированную тестовую базу, облегчающую их редактирование в дальнейшем.

Кроме преимуществ, предложенный метод имеет и недостатки. Самый главный из них относится к первоначальному созданию классификатора, так как требует загрузки и разметки большого количества изображений элементов, делая этот процесс трудоемким.

Заключение

Для подхода к тестированию программного обеспечения с помощью написания скриптов предложен новый метод, осуществленный на возможностях машинного обучения к идентификации объектов на основе специально созданного классификатора элементов. Для этого составлен алгоритм обучения нейронной сети и рассмотрен механизм ее работы. Также рассмотрен потенциал внедряемого метода для дальнейших исследований и проанализированы преимущества и недостатки.

Библиографический список

1. Полевщиков И.С., Файзрахманов Р.А. Автоматизированное управление тестированием программных систем с применением нейронных сетей // Инженерный вестник Дона. 2018. №4 (51). С. 94-104.
2. Чупакова А.О., Гудин С.В., Хабибулин Р.Ш. Разработка и обучение модели искусственной нейронной сети для создания систем поддержки принятия решений // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. 2020. №3. С. 61-73.
3. Ткачев А.В., Иртегов Д.В. Методика автоматического тестирования развивающегося веб-приложения // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Информационные технологии. 2019. Том 17. № 3. С. 93-110.
4. Козачок А.В., Козачок В.И., Осипова Н.С., Пономарев Д.В. Обзор исследований по применению методов машинного обучения для повышения эффективности фаззинг-тестирования // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. 2021. № 4. С. 83-106.
5. Елизаров А.А. Метод адаптивной классификации изображений с использованием обучения с подкреплением // Программные продукты и системы. 2022. №1. С. 28-36.

© Крымгужин Т.З., 2023

УДК 004.85

А.В. ПЕЧЕНКИНА

anastasia.pechenkina000@gmail.com

Науч. руковод. – канд.техн. наук, доцент **К.А. КОНЕВ**

Уфимский университет науки и технологий

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В ВЕДЕНИИ ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Аннотация: в данной статье рассматривается проблема управления проектной деятельностью, заключающаяся в невыполнении проектов. Для ее решения предлагается использовать алгоритм машинного обучения, который будет реализовывать механизм прогнозирования значений отклонения временных ресурсов. Приведена пошаговая инструкция по методике обучения алгоритма и будущая перспектива его использования.

Ключевые слова: управление проектами, планирование, машинное обучение, прогнозирование, дерево принятия решений.

Введение

Ведение проектов – это сложная и трудоемкая деятельность, основанная на пяти группах процессов, протекающих в рамках каждого проекта, – инициирование, планирование, выполнение, контроль и завершение. При этом для успешного управления необходимо обладать компетенциями из следующих областей знаний: управление интеграцией, управление содержанием, управление временем, управление затратами, управление качеством, управление персоналом, управление коммуникациями, управление рисками, управление поставками и управление стейкхолдерами. Каждая из перечисленных областей сопровождается специфичными трудностями, которые по итогу могут привести к одной из главных проблем ведения проектной деятельностью, заключающейся в невыполнении проектов. В качестве таких трудностей могут выступать неполноценность информационной поддержки, несогласованность потоков информационных сведений, указанные в статье, анализирующей сферу управления проектами строительной деятельности [1].

Для успешной реализации необходимо использовать системы, помогающие справляться с возникающими препятствиями и способствующие достижению стоящих перед проектом целей без нарушения ограничений по срокам, бюджету и ресурсам. Но, к сожалению, не все программные средства, представленные на современном рынке, способны действительно точно отслеживать и учитывать все изменения для последующего грамотного управления.

В других сферах деятельности для улучшения алгоритмов работы системы применяют методы машинного обучения, которые позволяют решать задачи на основе опыта прошлых лет. Искусственный интеллект способен находить закономерности и анализировать большой поток информации, предоставляя данные для принятия решения. Для построения подобных методов используются средства математической статистики, численных методов, математического анализа, методов оптимизации, теории вероятностей, теории графов, различные техники работы с данными в цифровой форме. Например, прогнозирование временного ряда для работы модуля поддержки принятия решений информационной среды технологической поддержки производства [2].

В качестве примера областей, задействующих методы искусственного интеллекта, можно привести множество иллюстраций. К примеру, применение машинного обучения на основе сбора цифрового следа для задачи

классификации причин дефектов при обеспечении качества в приборостроении [3]. Еще одной областью применения является сфера продаж, где на основе данных прошлых лет предсказываются изменения на рынке продукции при использовании алгоритма градиентного бустинга над решающими деревьями. Машинные алгоритмы также широко распространены в системах планирования производства, подтверждением чего является работа, посвященная применению нейросетевых моделей при планировании производства лакокрасочных материалов, реализующих прогнозирование прибыли для каждого вида продукции [4].

Таким образом, можно судить о наличии явно положительной тенденции использования методов машинного обучения в самых различных отраслях. Но несмотря на явный рост популярности, такие методы по-прежнему не используются в деятельности, касающейся управления проектами, хоть и имеют потенциал развития.

Целью исследования является формирование модели машинного обучения на основе алгоритма дерева решений.

Для достижения поставленной цели сформулированы следующие задачи:

- Рассмотрение алгоритма машинного обучения – дерева решений;
- Формирование методики обучения;
- Анализ результатов и оценка дальнейшего развития.

Основная часть

Материалы и методы. Деревья решений – это универсальные алгоритмы машинного обучения, которые могут выполнять как задачи классификации и регрессии, так и задачи с несколькими выходами. Применение алгоритма дерева решений, используемого для оценки производительности сотрудников, представлено в работе, посвящённой аналитическому обзору данного алгоритма [5]. Деревья решений – мощные алгоритмы, способные обрабатывать сложные наборы данных. Они также являются фундаментальными компонентами случайных лесов, одних из самых мощных алгоритмов машинного обучения.

Существуют шаблонные задачи, которые повторяются из проекта в проект. На основе проектов прошлых лет, их задач и отклонений алгоритм должен провести анализ и предсказать какое время, какое количество ресурсов или какой бюджет необходим в этот раз конкретной задаче для успешного выполнения проекта в целом.

Для того, чтобы реализовать данный механизм прежде всего необходимо обучить дерево решений (рис. 1).

Первым шагом является загрузка набора данных, соответственно, необходимо подготовить планы уже закрытых проектов как реализованных точно в срок, так и с отклонениями. Чем более разнородные данные будут использованы при обучении, тем более точной окажется модель.

Затем можно очистить набор данных от значений, не влияющих на результат, например, различные комментарии к задачам. Также должны быть исключены задачи, в которых допущены серьезные ошибки, или задачи, веденные по ошибке, то есть в случае если у задачи не заполнен хотя бы один из параметров, задача должна быть удалена.

Полученный набор преобразуется в подходящий для дальнейшей работы формат.



Рис. 1. Методика обучения

Для следующего шага необходимо определить набор предикторов – характеристик и параметров, на основе которых в будущем можно будет предсказать значение отклонения по срокам или бюджету.

В роли таких предикторов могут выступить следующие характеристики задач:

- Дата начала задачи;
- Дата окончания задачи;
- Длительность;
- Процент завершения;

- Планируемые инвестиционные затраты;
- Последователи – номера задач, идущих после и зависящих от представленной;
- Предшественники – номера задач, которые идут до и от которых зависит представленная;
- Функциональные направления – тип задачи (например, согласование документации, материально-техническое снабжение, строительно-монтажные работы, технологическая подготовка производства, управление инвестициями, управление качеством, финансово-экономические вопросы, юридические или правовые вопросы);
- Уровень контрольной точки;
- Ответственный – сотрудник или подразделение, собирающее и передающее руководителю проекта отчетность по задаче;
- Уровень контроля – подразделение, осуществляющее функцию контроля;
- Названия ресурсов – перечень необходимых для выполнения задачи ресурсов как трудовых, так и аппаратных.

Далее данные подвергаются делению на обучающую и тестовую выборку. Обучающая выборка способствует разработке модели машинного обучения, а с помощью тестовой выборки определяется адекватность полученного дерева решений путем сравнения реальных и спрогнозированных значений. Обученная модель способна прогнозировать величину значения отклонения в зависимости от указанных параметров задачи.

Результаты и обсуждения. Выявлено, что в зависимости от функционального направления задачи, то есть в зависимости от ее типа, необходимы разные наборы предикторов. Так например, если задача относится к направлению «Согласование документации», то для предсказания ее длительности необходимо использовать предикторы «Уровень контроля» и «Ответственный», поскольку согласование на уровне высшего руководства занимает куда больше времени нежели согласование с непосредственным руководителем ответственного по задаче. Также можно обнаружить взаимосвязь между функциональным направлением «Строительно-монтажные работы» и предикторами «Названия ресурсов», чем меньше назначенных ресурсов, тем сильнее будет расти значение отклонения временных и финансовых ресурсов.

Поэтому для правильного обучения необходимо, чтобы в дальнейшем для каждого типа задач была создана своя модель прогнозирования. Так как одно дерево будет строиться для одного функционального направления, то для решения всех типов необходимо объединить модели в одну, создав тем самым

алгоритм случайного леса, суть которого заключается в использовании ансамбля решающих деревьев.

По итогу получена модель, способная определять тип задачи и в зависимости от полученного значения запускать определенный алгоритм, прогнозирующий значение отклонения. Модель позволит уменьшить на ~70% объем расходов, связанных с нерациональным планированием и неучтенными рисками, и поможет сократить количество перенесенных задач на ~60%, что поспособствует выполнению проектов в срок в соответствии с поставленными рамками.

При дальнейшем развитии данная модель может быть способна:

- Сократить неопределенность;
- Снизить человеческий фактор;
- Предложить корректировки по устранению отклонений.

Заключение

Для сферы ведения проектной деятельности сформирована модель машинного обучения на основе алгоритма дерева решений, в ходе создания которой рассмотрен непосредственно сам алгоритм.

Определена методика обучения с пошаговым описанием задач по работе с данными, после чего описаны полученные результаты, вариант совершенствования и проанализированы возможности модели при дальнейшем развитии.

Библиографический список

1. Гиря Л.В., Ахобадзе Т.Ш., Попов Е.П., Коренюгина Е.В., Ягода И.А. Анализ сферы управления проектами строительной деятельности // Инженерный вестник Дона. 2020. № 11 (71). С. 56–63.

2. Романов А.А., Филиппов А.А., Ярушкина Н.Г., Маклаев В.А. Модуль поддержки принятия решений информационной среды технологической поддержки производства // Автоматизация процессов управления. 2020. № 2 (60). С. 62–72.

3. Конев К.А. Использование методов машинного обучения в задачах принятия решений при обеспечении качества в приборостроении // Экономика. Информатика. 2022. №49(4). С. 820–832.

4. Скрипина И.И., Зайцева Т.В., Путивцева Н.П., Скрипин А.А. О применении нейросетевых моделей при планировании производства ЛКМ // Экономика. Информатика. 2021. №48(4). С. 794–801.

5. Кулиев Э.В., Семенов В.А., Котельва А.В., Игнатьева С.В. Аналитический обзор алгоритма дерева решений в технологии

УДК 004.67

И.А. ПОКРОВСКИЙ, И.С. ЛАТКИН, Л.А. КАЗЫХАНОВА

pokrovskiiilya@mail.ru, igorlatkin2@gmail.com, kazyhanovalilia@gmail.com

Науч. руковод. – д-р техн. наук, доцент **О.Н. СМЕТАНИНА**,

канд. техн. наук, доцент **Е.Ю. САЗОНОВА**

Уфимский университет науки и технологий

МЕТОД КЛАССИФИКАЦИИ СОСТОЯНИЯ ПАЦИЕНТОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАБОЛЕВАНИЯ СЕРДЦА

Аннотация: в статье рассматривается задача классификации состояния пациента для определения заболевания сердца. Обоснована актуальность разработки системы классификации состояния пациента, дана постановка задачи, приведен сравнительный анализ методов решения, представлен алгоритм работы программы, приведены результаты и интерпретация предложенного решения.

Ключевые слова: классификация; заболевания сердца; машинное обучение; предсказывание; искусственный интеллект

Введение

Статья посвящена решению задачи классификации состояния пациента для определения заболевания сердца. Актуальность решения задачи классификации для определения наличия или отсутствия сердечного заболевания очевидна, так как сердечно-сосудистые заболевания являются одной из основных причин смертности во всем мире [1]. Они могут проявляться различными симптомами, и раннее обнаружение и диагностика этих заболеваний имеют важное значение для успешного лечения и предотвращения осложнений. Использование алгоритмов машинного обучения для классификации состояния пациентов позволяет

автоматизировать процесс диагностики и сделать его более точным и эффективным. Кроме того, такие модели могут быть использованы для предсказания риска развития сердечных заболеваний у пациентов, что помогает в принятии решений по проведению профилактических мер и назначению соответствующего лечения.

Целью работы является разработка системы для определения наличия заболевания сердца у пациента.

Для ее достижения были поставлены следующие задачи: формирование набора данных с необходимыми и достаточными признаками; выбор методов и проведения их сравнительного анализа; разработка пошагового алгоритма работы программы; реализация алгоритма.

Постановка задачи

Рассмотрим содержательную постановку задачи, необходимо построить модель, которая на основе характеристик пациента, сможет предсказать, есть ли болезнь у пациента или нет.

Формальную постановку задачи можно представить в виде функциональных диаграмм (рис. 1-2).

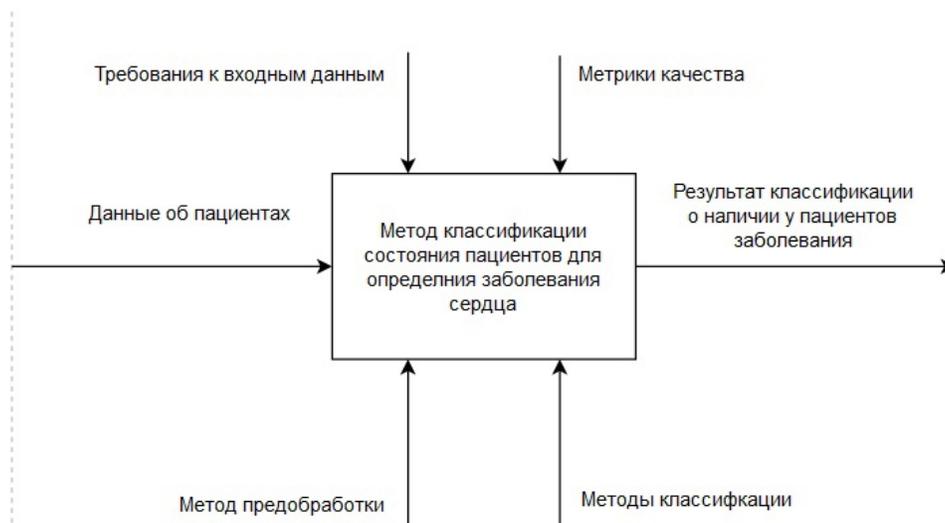


Рис. 1. Функциональная модель системы верхнего уровня



Рис. 2. Декомпозиция функциональной модели системы уровня А0

Рассмотрим входные и выходные данные. Для исследования был взят набор данных, который состоит из 918 строк и 12 столбцов [2].

Информация, которую содержат столбцы набора данных, представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Описание входных и выходных данных

Параметр	Обозначение
Входные данные	
Age	Возраст пациента [лет]
Sex	Пол пациента [М: Мужской, Ж: Женский]
Chestpaintype	Тип боли в груди [ТА: типичная стенокардия, АТА: атипичная стенокардия, NAR: неангинальная боль, ASY: бессимптомная]
Restingbp	Артериальное давление в состоянии покоя [мм рт.ст.]
Cholesterol	Холестерин сыворотки [мм/дл]
Fastingbs	Уровень сахара в крови натощак [1: если fastingbs > 120 мг/дл, 0: иначе]
Restingecg	Результаты электрокардиограммы в покое [норма: нормальная, ST: аномалия ST-T (инверсия зубца T и/или подъем или депрессия ST > 0,05 мВ), ГЛЖ: вероятная]

	или определенная гипертрофия левого желудочка по критериям Эстеса]
Maxhr	Максимальная достигнутая частота сердечных сокращений [Числовое значение от 60 до 202]
Exerciseangina	Стенокардия, вызванная физической нагрузкой [Д: да, Н: нет]
Oldpeak	Пик = [Числовое значение, измеренное в депрессии]
St_slope	Наклон сегмента st пикового упражнения [вверх: восходящий, плоский: плоский, вниз: нисходящий]
Выходные данные	
Heartdisease	Выходной класс [1: болезнь сердца, 0: нормальный]

Выбор методов для анализа

При классификации состояния пациентов для определения заболевания сердца будут использоваться такие методы как: метод ближайших соседей, метод опорных векторов и градиентный бустинг деревьев решений.

Метод k ближайших соседей (k Nearest Neighbors, KNN) относится к метрическим методам и считается простейшим классификатором. Объект присваивается тому классу, который является наиболее распространенным среди соседей данного элемента. Достоинства данного метода: простая реализация, проработанная теоретическая база, адаптация под нужную задачу выбором метрики или ядра, интерпретируемость. К недостаткам относятся: недостаточная производительность в реальных задачах; трудность в наборе подходящих весов и определением, какие признаки необходимы для классификации; зависимость от выбранной метрики расстояния между примерами [3].

Метод опорных векторов (Support Vector Machine, SVM) является линейным методом классификации. Потенциальные недостатки метода опорных векторов заключается в следующем: невозможность калибровки вероятности попадания в определенный класс, подходит только для решения задач с 2 классами, параметры модели сложно интерпретировать [4].

Градиентный бустинг деревьев решений (Gradient Boosting Trees, GBT) представляет собой метод последовательного обучения. GBT не присваивает

неправильно классифицированным элементам больший вес, а оптимизирует функцию потерь через последовательное генерирование базовых моделей, в результате чего текущая базовая модель всегда становится эффективнее предыдущей. Достоинства данного метода: простота реализации, бустинг имеет простые для понимания и интерпретации алгоритмы. А также уменьшение смещения, алгоритмы бустинга объединяют несколько слабых моделей в последовательный метод, итеративно улучшающий наблюдения. К недостаткам относятся: уязвимость к выбросам в данных и реализация в режиме реального времени, при реализации бустинга в режиме реального времени могут возникнуть затруднения [5].

Результат анализов, перечисленных выше методы классификации, позволяет сделать вывод, что они могут быть эффективно использованы для решения задачи классификации состояния пациентов для определения заболевания сердца.

Рассмотрим шаги алгоритма классификации состояния пациентов для определения заболевания сердца.

Шаг 1. Импорт необходимых библиотек

Шаг 2. Загрузка данных.

Происходит загрузка данных в формате .csv таблицы на сервер.

Шаг 3. Преобразование данных.

Нормализация небинарных и количественных признаков

- Бинарным признакам присваивается 1 и 0
- Небинарные признаки нормализуются путем вычитания среднего из каждого значения и деления разности на стандартное отклонение

Шаг 4. Разбиение данных

Обработанные данные разбиваются на обучающую и тестовую выборку в соотношении 70/30

Шаг 5. Классификация

Предобработанные данные подаются на вход методам классификации.

Шаг 6. Вывод результата

Результаты классификации выводятся в виде сравнительной таблицы, где столбцы - методы классификации, а строки метрики оценки классификации. Также предусмотрено построение графиков зависимостей между признаками.

Сравнительный анализ методов на основе результатов проведенного анализа

Для решения задачи были проанализированы такие методы как: метод ближайших соседей, метод опорных векторов и градиентный бустинг деревьев решений. Для балансировки данных было применено сэмплирование. Результаты работы всех методов представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Результаты работы методов KNN SVC GBT до и после сэмплирования

	KNN	SVC	GBT	KNN_Sample	SVC_Sample	GBT_Sample
accuracy	0.847826	0.840580	0.833333	0.859756	0.853659	0.865854
precision	0.858407	0.869159	0.846847	0.864198	0.862500	0.875000
recall	0.788618	0.756098	0.764228	0.853659	0.841463	0.853659
Fscore	0.822034	0.808696	0.803419	0.858896	0.851852	0.864198
roc_auc	0.842021	0.832297	0.826558	0.859756	0.853659	0.865854

По результатам проведения бинарной классификации различными методами наилучшим образом показал себя метод ближайших соседей (85% точность). После сэмплирования доля правильных ответов увеличилась для всех методов, лучшим оказался также метод ближайших соседей (87% точность).

Интерпретация результатов анализа

На рисунке 3 можно увидеть, что при бессимптомной боли в груди наибольшее число людей с болезнью сердца.

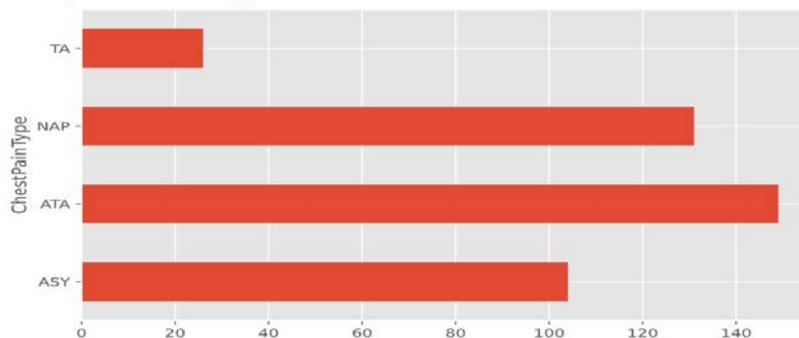


Рис. 3. График зависимости болей в груди от количества людей с болезнью сердца

Рисунок 4 показывает, что у женщин реже обнаруживается болезнь сердца, чем у мужчин.

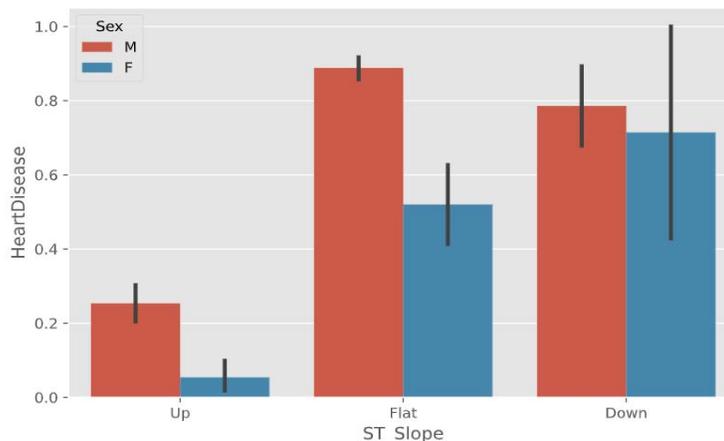


Рис. 4. График зависимости болезни сердца от пола

Рисунок 5 показывает, что наиболее часто болезнь сердца встречается у людей в возрасте от 50 до 65 лет.

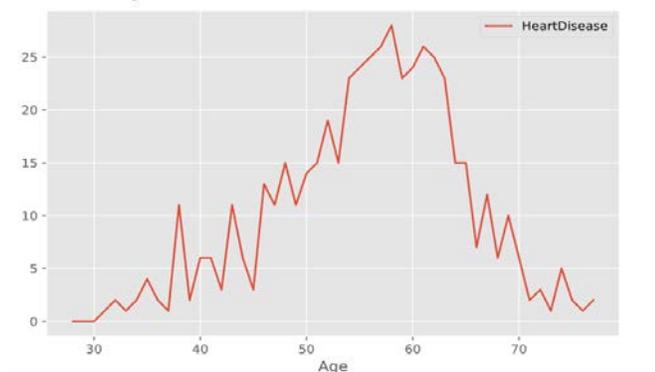


Рис. 5. График зависимости количества людей с болезнью сердца от возраста

Заключение

Таким образом, использование алгоритмов машинного обучения позволяет автоматизировать диагностику заболевания сердца и сделать ее более точной и эффективной. В ходе анализа, метод ближайших соседей показал лучшие результаты при бинарной классификации, а разработанная на его основе система для определения заболевания сердца может быть полезным инструментом в медицинской практике. Интерпретация результатов работы системы позволяет выявить закономерности появления болезни и определить группы людей, которые более подвержены риску заболевания.

Библиографический список

1. Всемирная организация здравоохранения. Информационный бюллетень «Неинфекционные заболевания». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/noncommunicable-diseases>
2. Kaggle. Обучающий набор данных. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.kaggle.com/code/tanmay111999/heart-failure-prediction-cv-score-90-5-models>
3. Классификатор KNN. Коллективный блог Хабр. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://habr.com/post/149693>
4. Деревья решений и алгоритмы их построения. Информационно образовательный портал DataReview.info. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://datareview.info/article/derevya-resheniy-i-algoritmy-i-ih-postroeniya>

© Покровский И.А., Латкин И.С., Казыханова Л.А., 2023

УДК 519.816

В.Н. ПОЯРКОВ

bugs1bunny01@mail.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, профессор **Д.Р. БОГДАНОВА**

Уфимский университет науки и технологий

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ЭМОЦИОНАЛЬНЫМ СОСТОЯНИЕМ СОТРУДНИКОВ

Аннотация: рассматривается влияние эмоции и типа темперамента на работу сотрудника, а также возникновение эмоциональное выгорания на рабочем месте. Приводится анализ видов автоматизированной обработки эмоциональных состояний, а также приведены доступные сервисы по распознавания эмоций по голосу.

Ключевые слова: управление эмоциональным состоянием сотрудников, управление человеческими ресурсами, эмоциональное выгорание, сервисы распознавания, инструменты для проектирования системы поддержки принятия решений.

ВВЕДЕНИЕ

Человеческая жизнь обладает взлетами и падениями, которая зависит от сопутствующих событий. Оказавшись на перипетии выбора, в ситуации положительного или отрицательного характера, людям приходится полагаться

на голос разума. Частью любого разума являются эмоции, которые вносят свой баланс в осознанное принятие решений.

Поскольку люди становятся частью какого-либо коллектива, они могут вносить в него как порядок, так и хаос. Задача грамотного руководителя понимать с каким сотрудником ты имеешь дело. Считаясь с человеческими характеристиками, в данном случае с темпераментом и преследуемой эмоцией, можно выстроить как минимум подобие идеального коллектива.

Данная деятельность может положительно сказаться как на деятельности компании ее прибыли и положении на рынке, так и на самих людях.

Любому человеку приятно, когда к нему относятся как к особенному, с уважением. В случае организации это поможет привлекать новых клиентов, которая приведет к повышению финансовых показателей. В случае с сотрудниками, положительные эмоции могут повлечь за собой желание остаться в команде, так как люди социальные существа. Социум в свою очередь нужен чтобы искать единомышленников, разделяющих точки зрения любого человека на земле. В противном случае человек может полностью лишиться гармонии с самим собой или к эмоциональному выгоранию на работе.

Из всего вышперечисленного можно сделать вывод, что данная тема является актуальной, так как это поможет руководителю выстроить гармоничные отношения в коллективе, которые могут привести к повышению эффективности работы организации, а также решить проблему с эмоциональным выгоранием сотрудников на рабочих местах.

Влияние эмоций на человека

Люди устроены так, что им необходимо в зависимости от ситуации проявлять определенные реакции. Эмоции помогают это демонстрировать, как осознано, так и наоборот. Исходя из этого можно сделать предположения, что они оказывают как благотворное, так и негативное влияние. Существует ряд исследований, подтверждающих это. Например, влияние эмоций на память человека от Афанасьевой Марины Евгеньевны.

В своей работе она провела опрос среди студентов на тему «Самооценка эмоционального состояния» А. Уэссмана и Д. Рикса. Их методика включает в себя 4 шкалы: «спокойствие-тревожность», «энергичность-усталость», «приподнятость-подавленность», «уверенность в себе – чувство беспомощности». Исходя из которых проводится суммарная оценка состояния. Результате она получила следующие показатели:

1. 80% студентов имеют средние показатели по всем шкалам;

2. 16% студентов оценивают себя как запуганного, закомплексованного, нерешительного человека;

3. 4% студентов наблюдаются закаленность, решительность, упорство, работоспособность, смелость, твердость и т. д.

Также она провела методику «ДШЭ» по Изарду, получив следующие доминирующие эмоции:

1. 25% - радость;
2. 22% - интерес;
3. 13% - удивление.

В завершении работы, была проведена диагностика работы памяти, с помощью методики «заучивание 20 слов».

Получились следующие результаты:

1. Из 100% слов, были запомнены 46;
2. Из 46% слов отлаженных в памяти студентов, 60% были положительны и 40% отрицательные.

Результатом ее исследований стал вывод, что негативные эмоции плохо сказываются на запоминании и воспроизведении информации.

Основываясь на ее исследованиях, можно сделать вывод, что эмоции напрямую влияют на память, следовательно, и на работоспособность сотрудников. Чем положительнее эмоции испытывает работник, тем более новой информации касаясь его деятельности отложится в памяти, что приведет к повышению эффективности [1].

Еще одним хорошим примером может стать проведение исследования М.А. Глазкова на тему «влияние эмоций на здоровье человека».

В своей работе автор проверил, гипотезу как радостное настроение влияет на производительность. Для этого ему пришлось провести опрос с количеством человек равным 30, с возрастом от 25 -30 лет.

В результате опроса 80% людей, участвующих в данном мероприятии, ответили, что при хорошем настроении они ощущают больше сил. Следовательно, хорошее самочувствие.

Исходя из проделанной работы, вышеупомянутым автором, можно сделать вывод, что поддержания хорошего настроения в группе благотворно скажется на работоспособности [2].

Влияние темперамента на человека

Существует множество исследований в области влияния темперамента на эффективность работы сотрудника. Одним из таких примеров является исследование на тему «изучение влияния типа темперамента на стрессоустойчивость сотрудников».

В данной работе автор, используя методику «Личностный опросник Айзенка (ЕРІ/А)» на 36 испытуемых получил следующие результаты:

1. 37% - холерики;
2. 26% - сангвиники;
3. 23% - меланхолики;
4. 14% - флегматики.

Автор провел диагностику стрессоустойчивости по методике «Прогноз» (НПУ) со следующими результатами:

1. самый большой уровень нервно-психической устойчивости у сангвиников. К ним также относятся и флегматики;
2. уровень НПУ у холериков и меланхоликов – удовлетворительный.

В результате своей работы автор пришел к следующим выводам: Сотрудники с типом темперамента сангвиник и флегматик будут более адекватно оценивать сложившиеся обстоятельства на работе. Им проще чем всем остальным удастся контролировать эмоции;

Холерики и меланхолики в стрессовых ситуациях могут быть не объективны, а также больше подвержены нервному истощению и выгоранию [3].

Еще одним примером может стать исследование на тему «взаимосвязь удовлетворенности трудом с общностью ценностно смысловой сферы руководителя и сотрудников организации» Т. В. Васильевой.

В своей работе она описала насколько сильно важно учитывать ценностно смысловую сферу сотруднику.

Автор провел анализ и построил дендрограмму типов личности сотрудников организации, из которой пришел к выводу, что существует общность в ценностно-смысловой сфере руководителя с сотрудником.

Выделил психологические характеристики ЦСТ по каждому типу личности. Всего их вышло 3.

Результатом ее работы стало следующее заключение, что если подбирать руководителей и сотрудников с одинаковым типом ЦСТ, то это послужит развитию межличностной привлекательности членов группы. Как итог сплоченность снизит конфликтные ситуации, следовательно, повысится уровень удовлетворенности [4].

Исходя из проделанного обзора вышеперечисленных исследований, можно прийти к выводу, что темперамент и ценностно смысловые типы личности имеют место быть при работе с сотрудниками. Результатом станет повышение эффективности деятельности работника. Это позволит, опираясь на работы других авторов использовать случайные данные для демонстрации информационной поддержки принятия решений.

Автоматизированная обработка эмоциональных состояний

Для автоматизации определения эмоциональных состояний необходимо отметить факт того, что эмоции мультимодальны. В основном это проявляется в мимике, жестах, интонации голоса, а также общих движений человека.

Существует множество вариантов распознаваний при автоматизированной обработке эмоциональных состояний. Такие как распознавание:

1. по голосу;
2. по лицу;
3. по позе;
4. по тексту.

Распознавание по голосу предполагает под собой предобработку звука. В которой происходит преобразование звуковой волны в цифровой вид. На основе цифровых данных можно построить нейросеть, обучить ее и получать уже готовые эмоциональные состояния анализируемого человека.

Распознавание по лицу происходит за счет мимики человека. Для этого также нужно обучить нейросеть используя уже готовые шаблоны с эмоциями людей. Также можно нанять команду актеров и уже с помощью их реакции на происходящие получить похожий результат.

Распознавание по позе, позволяет считывать эмоции с расположения тела в пространстве. Например, можно изобразить 8 эмоциональных состояний: гордость, радость, гнев, стыд, печаль, страх, любовь, ненависть. На основе этих данных обучить нейросеть.

Распознавание по тексту, происходит за счет ключевых слов в предложении или сообщении. Например, слово радость в разных вариациях будет говорить о положительных эмоциях, а слово злость в вариации рассержен о том, что собеседник явно чем-то недоволен. Используя подобные данные можно обучить нейросеть и уже автоматически распознавать эмоции в электронной переписке с каким-либо клиентом.

Для получения более точных результатов стоит использовать несколько видов распознавания. Например, голос, мимику лица и движение тела.

Исходя из проделанного анализа, можно сделать вывод, что более универсальным можно считать распознавание эмоций по голосу, так как голос человека фигурирует везде. Например, можно считывать данные через смартфон.

Существующие сервисы для распознавания эмоций сотрудников

Поскольку более универсальным считается распознавание эмоций по голосу, то стоит расписать какие есть готовые сервисы затрагивающие данную область. Они в свою очередь упрощают работу в данной области. То есть компаниям нет необходимости, создавать продукт с нуля, так как можно обратиться уже к готовым вариантам. Результат анализа представлен в таблице 1 [5] [6] [7].

Таблица 1

Сервисы по распознаванию эмоций по голосу

Программа	Страна	Доступность	Распознавание русской речи	Платформа	Цена
Empath	Япония	Платная подписка	-	ПК	8 851 руб/мес
Beyond Verbal (EmPath)	Израиль	Свободный доступ	+	Android	Бесплатно
Cogito	США	Нет доступа	-	ПК	Неизвестно
Sense NEMESYSCO	Израиль	Платный доступ	+	ПК	123 961 руб.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения работы можно прийти к следующим заключениям:

1. Эмоции играют важную роль в принятии решений, они могут побудить людей мыслить позитивно или негативно. В результате чего организация может получить как сильного сотрудника готового выкладываться на максимум или наоборот вечно недовольного, обиженного человека, который не только вносит положительный вклад на предприятии, но и разрушает его изнутри себя разлад внутри коллектива;
2. Определение темперамента сотрудника, позволит грамотно распоряжаться набором характеристик человека, что приведет к эффективности его работы и предприятия в целом;

3. Существует множество различных вариантов автоматизированной обработки эмоциональных состояний, которые можно внедрить в любые сферы деятельности человека;

4. Были приведены 4 сервиса распознавания эмоций по голосу. Среди которых есть как платные, так и бесплатные варианты;

5. Разбор эмоций и темперамента, позволит принимать правильные решения, которые позволят снизить риск возникновения эмоционального выгорания у сотрудников. В свою очередь это приведет к стабильности выполнения поставленных задач, так как будет снижен риск возникновения непредвиденных ситуаций, такого как резкое ухудшения показателей здоровья работника, что может привести к срывам срока выполнения какого-либо проекта.

Библиографический список

1.Афанасьева М.Е. «Общая психология и психология личности» [Электронный ресурс] URL: <https://interactive-plus.ru/e-articles/165/Action165-10100.pdf>

2.Глазков М.А. «Влияние эмоций на здоровье человека» [Электронный ресурс] URL: <https://rucont.ru/file.ashx?guid=22a211c0-d35b-4af4-829e-904a02265e3d>

3.Научный электронный журнал «академическая публицистика» ISSN 2541-8076 № 5-2/2023, Григорова С.А. «Изучение влияния типа темперамента на стрессоустойчивость сотрудников УИС» [Электронный ресурс] URL: <https://aeterna-ufa.ru/sbornik/AP-2020-05.pdf>

4.Васильева Т.В. «Взаимосвязь удовлетворенности трудом с общностью ценностно-смысловой сферы руководителя и сотрудников организации» [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vzaimosvyaz-udovletvorennosti-trudom-s-obschnostyu-tsennostno-smyslovoy-sfery-rukovoditelya-i-sotrudnikov-organizatsii/viewer> (дата обращения: 10.06.2023).

5.Сервис Empath [Электронный ресурс] URL: <https://webempath.net/lp-eng/>

6.Сервис от Beyond Verbal (EmPath) [Электронный ресурс] URL: <https://apkcombo.com/empath/com.beyondverbal.empath/>

7.Программный продукт Sense NEMESYSO [Электронный ресурс] URL: <http://www.akvilona.ru/brands/nemesysco/description/mod5742096088.htm>

© Поярков В.Н., 2023

А.А. САЛИМОВ

salimov.ar5@mail.ru

Науч. руковод. – канд. техн.наук, профессор **Л.А. КРОМИНА**

Уфимский университет науки и технологий

ОБЗОР ИНСТРУМЕНТОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ДИЗАЙНА ПОМЕЩЕНИЙ

Аннотация: в статье рассмотрен обзор инструментов интеллектуального проектирования и дизайна помещений.

Ключевые слова: нейронная сеть; искусственный интеллект; дизайн.

Введение

Хинтон Хинтон предложил модель глубокой нейронной сети в 2006 году, которая реализовала метод сокращения объема данных, и с тех пор исследования в области нейронных сетей продолжают [1]. В последние годы глубокие структурные сети достигли превосходной производительности в различных полевых приложениях и продемонстрировали наиболее быстрое развитие в области искусственного интеллекта [2]. Многие традиционные отрасли промышленности начали использовать технологию искусственного интеллекта для бизнес-инноваций, поэтому применение индустрии внутренней отделки и нейронных сетей появится с развитием времени. Тем не менее, остается еще много сложных проблем. Существующий алгоритм графической идентификации является слабым, точность распознавания низкой, а рыночный спрос не удовлетворен [3]; и количество внутренней отделки должно соответствовать функциональности, эстетике, комфорту и т.д. С точки зрения эргономики. Алгоритм автоматического проектирования планировки не может гибко решать все виды сложных задач и не может реализовать интеллектуальную планировку.

Таким образом, в данном исследовании предлагается модель искусственной нейронной сети для интеллектуального и автоматизированного проектирования. Она анализирует характеристики внутреннего убранства с использованием искусственных нейронных сетей, интеллектуально вычисляет данные и объединяет набор данных внутреннего убранства для создания автоматизированной модели проектирования на основе искусственной нейронной сети. Эта модель преодолела ограничение области внутренней

отделки, снижает зависимость людей от благоустройства дома, повышает эффективность производства внутренней отделки и может быть стандартизирована и прозрачна. Таким образом, применение искусственных нейронных сетей в внутренней отделке и дизайне имеет высокую деловую и даже социальную ценность.

Роль искусственного интеллекта в дизайне дома

Искусственный интеллект нашел свое место в каждом уголке нашей жизни и проник в наши дома. Люди, которые хотят переделать свои дома, но не могут сочетать цвета и предметы, могут воспользоваться инструментами искусственного интеллекта. Декораторы с искусственным интеллектом могут помочь пользователям выбрать мебель, поэкспериментировать с различными стилями и посмотреть, как будет выглядеть их дом. Эти инструменты, как правило, удобны в использовании и просты в управлении.

Инструменты искусственного интеллекта для украшения интерьера вашего дома

Archi AI – это уникальный инструмент искусственного интеллекта для дизайна интерьера, который помогает пользователям украшать свои дома или офисы. Устройство соответствует предпочтениям пользователей и соответствующим образом генерирует изображения дизайна помещений.

Процесс создания изображений довольно прост.

1. Загрузите изображение;
2. Выберите тип комнаты;
3. Выберите стиль и нажмите кнопку «Создать».

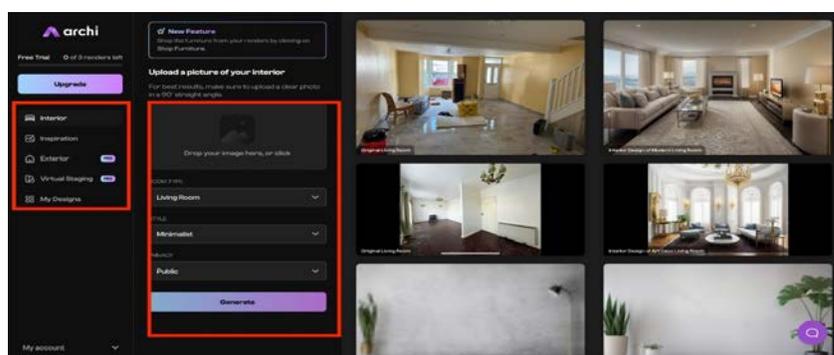


Рис. 1. Функционал программы Archi AI

Reimagine Home – это высококачественное программное обеспечение для дизайна интерьера, которое помогает пользователям генерировать идеи о том, как обновить свои дома, добавить немного изюминки и улучшить их эстетику.

Лучше всего использовать его, когда вы хотите поменять определенный предмет мебели в своей комнате и посмотреть, как он выглядит в разных цветах и стилях.

Инструмент предлагает два варианта создания интерьера вашей мечты. Вы можете украсить свой дом самостоятельно, нажав кнопку «Дополнительные параметры», или позволить искусственному интеллекту создавать изображения, нажав кнопку «Удиви меня».

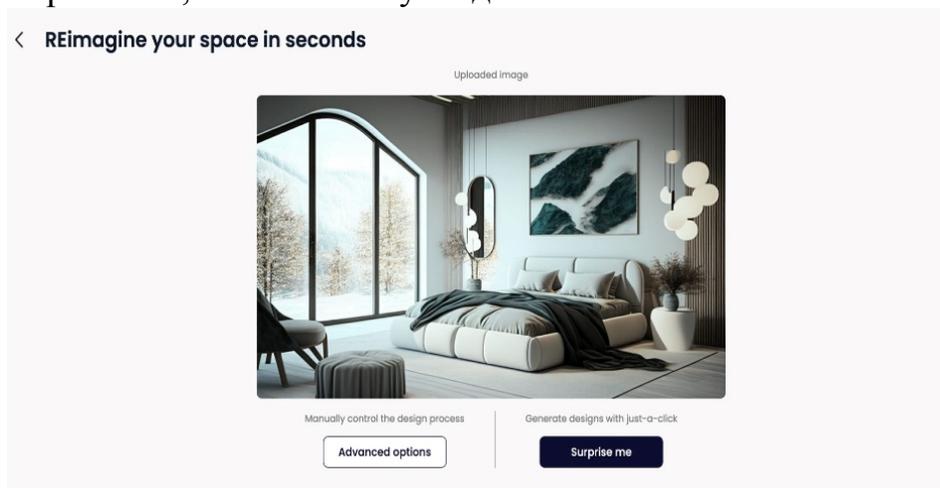


Рис. 2. Функционал программы ReImagine Home

CoolAIid – это простое программное обеспечение для проектирования, которое помогает пользователям черпать идеи по организации и декорированию своего пространства.

Пользователи должны загрузить фотографию своего помещения, выбрать стиль и дождаться, пока инструменты сгенерируют рекомендации по дизайну.

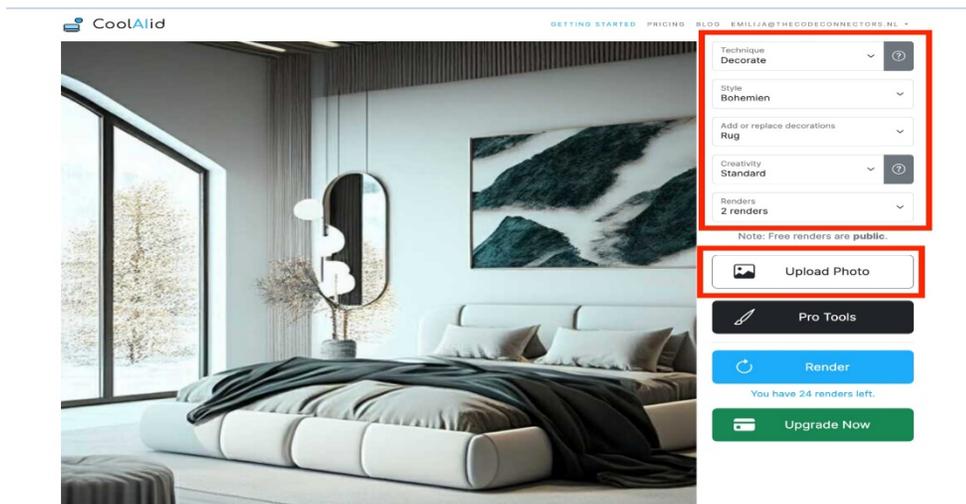


Рис. 3. Функционал программы CoolAIid

Как правильно выбрать инструмент искусственного интеллекта для ваших нужд в дизайне дома

Инструменты искусственного интеллекта для домашнего декора должны быть интуитивно понятными, простыми в использовании и предлагать

функции, которые помогут вам визуализировать ваш дом или, по крайней мере, дадут представление о том, как ваше пространство будет выглядеть в определенном стиле.

Сказав это, вам следует поискать программное обеспечение, предлагающее библиотеку из множества стилей и опций, куда вы можете загрузить изображение реального пространства, которое хотите украсить.

Существует широкий выбор инструментов для дизайна интерьера с использованием искусственного интеллекта. Однако не все предлагают качество и скорость, а некоторые стоят дорого.

Те, что мы предоставили, предназначены для начинающих и подходят для бюджета и обеспечивают реалистичную визуализацию того, как может выглядеть ваш дом или офис, добавляя различные цвета и мебель.

Выводы

Итак, насколько полезным может быть искусственный интеллект?

Всего за несколько секунд вы можете сгенерировать изображения, включающие ваше реальное пространство, и посмотреть, как оно будет выглядеть с учетом вашего стиля и мебели.

Вы также можете генерировать идеи и находить предложения, которые идеально подойдут для вашего дома или офиса.

Инструменты искусственного интеллекта, конечно, не могут превзойти настоящих дизайнеров интерьера, которые могут профессионально спланировать ваше пространство, но они могут стать источником потрясающих бюджетных интерьерных идей.

Библиографический список

1. S.-W. Hsiao and H.-C. Tsai, “Applying a hybrid approach based on fuzzy neural network and genetic algorithm to Interior decoration design,” *International Journal of Industrial Ergonomics*, vol. 39, no. 14, pp. 411–428, 2019.
2. S. Ting-Ting, “Interest points guided convolution neural network for furniture styles classification,” *Systems and Informatics*, vol. 10, no. 3, pp. 342–357, 2018.
3. C.-q Zhang and H.-t Xing, “Colour correction method of interior decoration engineering based on dense convolution neural network,” *International Journal of Arts and Technology*, vol. 13, no. 8, pp. 108–122, 2021.

© Салимов А.А., 2023

Н.С. ТАРАТОРИН

www.klaem-assassin@mail.ru

Науч. руковод. – канд. физ.-мат. наук, доцент **Е.И. ПРОКУДИНА**

Уфимский университет науки и технологий

СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ ПОИСКА ОПТИМАЛЬНОГО КОЛИЧЕСТВА ГЛАВНЫХ КОМПОНЕНТ ПРИ РСА НА ПРИМЕРЕ ТРАНСКРИПТОМНЫХ ДАННЫХ

Аннотация: проведён анализ методов определения оптимального количества РСs при РСА на примере анализа транскриптомных данных, опубликованных в различных источниках. На основе проанализированных подходов выявлен метод, позволяющий выводить приемлемое количество РСs без участия эксперта.

Ключевые слова: анализ главных компонент, РСА, транскриптом, правило Кайзера, кумулятивная доля объяснённой дисперсии, УК.

С увеличением объема данных во всех сферах деятельности современного общества эффективный анализ информации приобретает особую важность. Для достижения приемлемого времени обработки Big Data применяются алгоритмы снижения размерности данных. Корректное применение этих методов напрямую влияет на качество проводимых исследований в целом.

Анализ главных компонент (РСА, Principal Component Analysis) – метод многомерного анализа данных, который используется для сокращения размерности данных. Алгоритм разработан Карлом Пирсоном и впервые опубликован в журнале «Philosophical Magazine» в 1901 году [1].

Более формально. Алгоритм РСА принимает на вход:

- Матрицу А размерности $n \times m$, описывающую n объектов. Каждый объект представляется набором из m чисел, называемых переменными или признаками, являющимися численными оценками каких-либо рассматриваемых свойств объектов.
- $k \leq m$ – желаемая размерность конечного пространства данных.

Результатом РСА является матрица A' размерности $n \times k$, где k новых введённых переменных являются линейными комбинациями исходных, причём построенных таким образом, чтобы наилучшим образом описывать первоначальные данные. Новые переменные называются главными

компонентами (PC) и нумеруются от 1 до k (PC_1 , PC_2 и так далее). Они все попарно ортогональны.

Рисунок 1 иллюстрирует полученные PC в процессе работы PCA. Красным цветом обозначена PC_1 , синим – PC_2 . Вдоль PC_1 наблюдается наибольший разброс значений. Численно это выражается дисперсией проекций точек на эту ось, называемой объяснённой дисперсией (ОД).

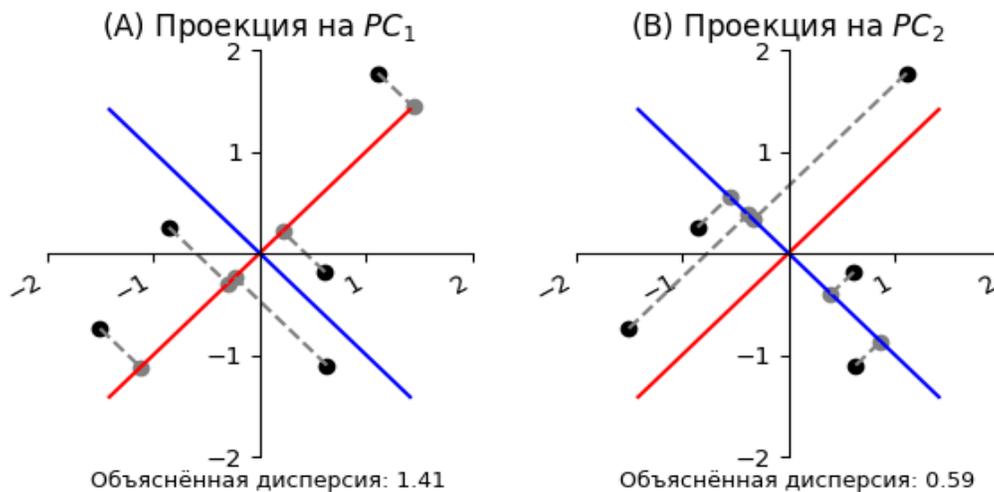


Рис. 1. Демонстрация нового базиса, построенного PCA

Выбор параметра k – ключевая задача при использовании PCA.

Необходимо выбрать достаточное количество PCs, чтобы сохранить основные закономерности в данных, но при этом не слишком много, чтобы уменьшить трудозатраты на последующие этапы анализа данных и провести их фильтрацию от шумов.

Чаще всего, из-за сильно отличающихся шкал оценки признаков анализируемых объектов, производится так называемая нормализация: преобразование оценок каждого отдельно взятого признака к шкале с математическим ожиданием и дисперсией равными 0 и 1 соответственно. В работе рассматриваются предварительно нормализованные данные.

Все методы оценки числа k базируются на анализе объяснённой дисперсии. Их можно поделить на две группы:

- численный анализ объяснённой дисперсии;
- поиск точки «локтя» графика объяснённой дисперсии – место наибольшего изгиба кривой объяснённой дисперсии.

Среди численных методов в данной работе рассмотрены:

- правило Кайзера;
- кумулятивная доля объяснённой дисперсии.

Среди методов поиска точки «локтя» в данной работе рассмотрены:

- эмпирический анализ графика объяснённой дисперсии;

– Unit Invariant Knee.

Правило Кайзера – эвристика, используемая при выборе количества РСs при PCA, которое гласит следующее: в случае предварительно нормализованных данных, необходимо взять в дальнейшее рассмотрение только те РСs, чья ОД больше единицы, поскольку они несут в себе информации больше, чем любая из исходных переменных, чья ОД после нормализации равна 1 [2].

Кумулятивная доля ОД – метод выбора РСs при PCA, чья сумма ОД составляет заданный процент от общей ОД. Обозначим ОД i -ой РС как D_{PC_i} , t – заданную долю ОД, а результат данного критерия – k_{cev} . Тогда:

$$k_{cev}: \frac{\sum_{i=1}^{k_{cev}} D_{PC_i}}{\sum_{i=1}^k D_{PC_i}} \cong t$$

Под эмпирическим анализом графика ОД понимается поиск точки «локтя» графика ОД “на глаз”. Данный метод часто используется в многих статьях и публикациях, однако он является субъективным, неформальным и слабоповторимым [3].

В качестве альтернативы эмпирическому анализу в данной работе рассмотрен метод поиска точки «локтя» Unit Invariant Knee (UIK). Общая идея метода заключается в покоординатном вычитании из графика функции, на котором ищется точка «локтя», прямой, протянутой от крайней левой точки до крайней правой [4]. В таком случае точка «локтя» лежит в точке экстремума полученной ломанной.

Рассмотрим описанные методы на примере анализа транскриптомных данных – информации о количестве мРНК (матричной РНК), которые производятся исследуемыми клетками или организмом в определенное время.

Большинство исследований транскриптомных данных проводится с использованием Seurat – инструмента для анализа транскриптомных данных одиночных клеток, являющегося библиотекой для языка программирования R. В работе «Seurat - Guided Clustering Tutorial» представлен пример использования данной библиотеки на примере обработки данных мононуклеарных клеток периферической крови (РВМС) [5]. В работе демонстрируется выбор РСs, в том числе эмпирическим методом. На основе графика, приведённого на рисунке 2, в работе принимается решение о приемлемости выбора от 7 до 12 первых РСs.

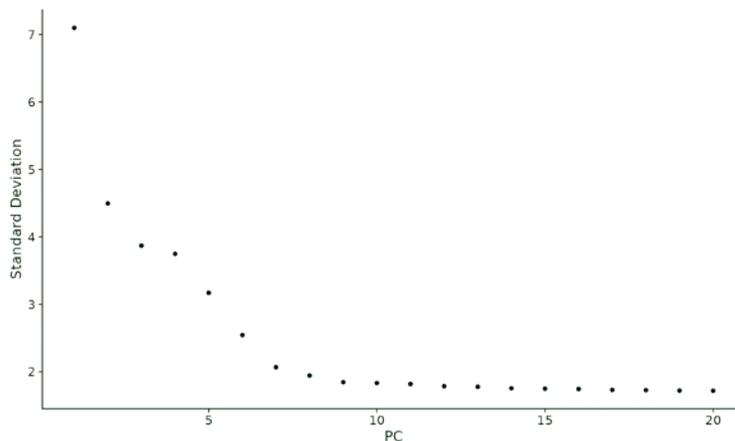


Рис. 2. Пример графика объяснённой дисперсии первых 20 PCs из работы «Seurat - Guided Clustering Tutorial»

Применены правило Кайзера, метод кумулятивной доли объяснённой дисперсии с порогом отсечения 95% и UIK для поиска количества PCs РВМС-данных (рисунок 3).

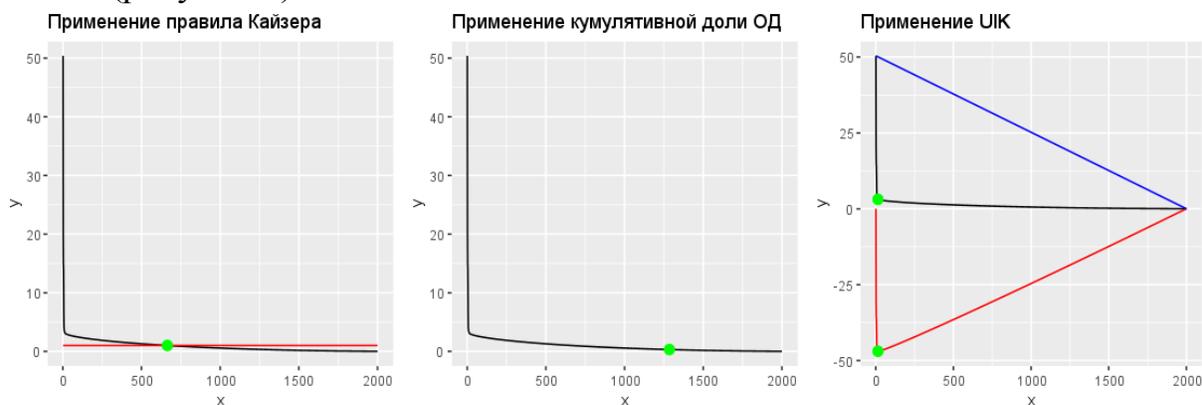


Рис. 3. – Определение оптимального количества PCs РВМС-данных

По правилу Кайзера необходимо выбрать 664 первых PCs, по кумулятивной доле ОД с порогом отсечения 95% – 1285 PCs, а по UIK – 14 PCs.

Как можно видеть, UIK дал результат максимально приближенный к количеству PCs из исходной работы. Правило Кайзера и метод кумулятивной доли объяснённой дисперсии дали слишком большое количество PCs.

В качестве следующего примера взято исследование «Single-cell transcriptomes and whole-brain projections of serotonin neurons in the mouse dorsal and median raphe nuclei», в котором анализируются клетки дорсального и срединного ядра шва головного мозга мышей (DaMR) [6]. В этой работе выбрано 20 первых PCs на основе статистического метода JackStraw [7]. Согласно описанным методам, получены следующие результаты (рисунок 4).

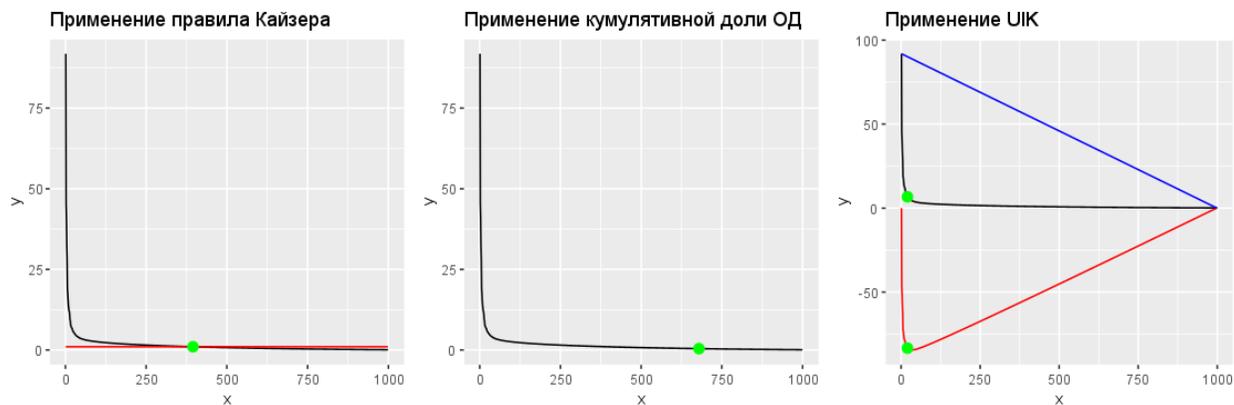


Рис. 4. – Определение оптимального количества PCs DaMR-данных

Согласно правилу Кайзера необходимо выбрать 395 PCs, по кумулятивной доле ОД с порогом отсечения 95% – 679 PCs, а по UIK – 20 PCs. В результате применения UIK удалось получить такое же количество PCs, как и в исходной работе. Остальные методы дали завышенные количества PCs.

В данной работе проиллюстрированы классические методы определения оптимального количества PCs на примере анализа транскриптомных данных. Произведено сравнение результата их работы с достаточно новым алгоритмом Union Invariant Knee. Показано на прикладных примерах, что UIK – алгоритм, позволяющий находить приемлемое количество PCs без участия эксперта.

Библиографический список

1. Pearson K. LIII. On lines and planes of closest fit to systems of points in space //The London, Edinburgh, and Dublin philosophical magazine and journal of science. – 1901. – Т. 2. – №. 11. – С. 559-572.
2. Kaiser H.F. A second generation little jiffy. – 1970.
3. Тараторин Н.С., Прокудина Е.И. Быстрое автоматизированное определение субоптимальной кластеризации на основе метрики WCSS и алгоритма UIK //Научный аспект №6-2023 - Информ. Технологии – 2023.
4. Christopoulos D.T. A practical guide for using Unit Invariant Knee (UIK) as elbow point estimation in multivariate analysis //ResearchGate. – 2014.
5. Seurat - Guided Clustering Tutorial [электронный ресурс]. satijalab.org 27.03.2023. URL: https://satijalab.org/seurat/articles/pbmc3k_tutorial.html.
6. Chung N.C., Storey J.D. Statistical significance of variables driving systematic variation in high-dimensional data //Bioinformatics. – 2014. – Т. 31. – №. 4. – С. 545-554.
7. Chung N.C., Storey J.D. Statistical significance of variables driving systematic variation in high-dimensional data //Bioinformatics. – 2014. – Т. 31. – №. 4. – С. 545-554.

© Тараторин Н.С., 2023

УДК 616.006

А.И. ХАЕРТДИНОВ

nyarlat7@gmail.com

Науч. руковод. – д-р техн. наук, профессор **Г.Р. ШАХМАМЕТОВА**

Уфимский университет науки и технологий

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К АНАЛИЗУ НОВООБРАЗОВАНИЙ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Аннотация: в статье рассматриваются проблемы распознавания новообразований щитовидной железы, приводится анализ современного состояния исследований и готовых программных продуктов, а также приводится содержательная постановка задачи.

Ключевые слова: классификация, машинное обучение; глубокое обучение; нейронные сети; медицина; новообразование.

Введение

В последние десятилетия проблемы, связанные с заболеваниями щитовидной железы, стали важным вопросом в сфере общественного здравоохранения. Возросшая распространенность новообразований щитовидной железы представляет серьезную угрозу для пациентов. Раннее выявление и точная диагностика таких новообразований имеют критическое значение для успешного лечения и улучшения процесса диагностики.

Однако обнаружение новообразований щитовидной железы является сложным заданием, требующим высокой точности и скорости. В этом контексте информационные технологии и биоинформатика играют важную роль в разработке автоматизированных систем для диагностики и классификации новообразований щитовидной железы.

Современное состояние проблемы

В статье [1] осуществляется обзор актуальных исследований, посвященных использованию методов машинного обучения в процессе классификации новообразований щитовидной железы. На ее основе ниже

представлена таблица 1, содержащая три исследования и основные характеристики каждой из них.

Таблица 1 – Сводная таблица по исследованиям

Статья	Алгоритмы машинного обучения	Производительность	Методы улучшения
Deep Learning Method for Classifying Thyroid Nodules Using Ultrasound Images [2]	Глубокая сверточная нейронная сеть ResNet	Точность 83% с использованием модели ResNet	Использование современных моделей классификации изображений
Intelligent Diagnosis Algorithm for Thyroid Nodules Based on Deep Learning and Statistical Features [3]	Fused-4 EfficientNet B3	Увеличение точности и AUC	Использование ACR TI-RADS и статистических характеристик

Статья	Алгоритмы машинного обучения	Производительность	Методы улучшения
Cascade Convolution Neural Networks for Automatic Thyroid Nodule Detection and Recognition [4]	Многозадачная каскадная сверточная нейронная сеть (MC-CNN)	Захват различных особенностей глобальным и локальным способом	Использование контекстной информации

Важно учесть, что большая часть исследований в данной сфере была проведена в Китае и охватывает период последних 4-7 лет.

Готовые решения в области распознавания

Для решения этой задачи, связанной с обнаружением новообразований в щитовидной железе, существует несколько программных решений, используемых медицинскими специалистами для анализа медицинских изображений этой железы. Однако многие разработчики не публикуют подробную информацию о своих продуктах, что затрудняет оценку их качества и эффективности в решении данной задачи. Несмотря на это, существуют такие продукты, которые доступны для анализа и сравнения. Ниже представлена сводная таблица 2 по программным продуктам.

Таблица 2 – Сводная таблица по программным продуктам

Программный продукт	Преимущества	Недостатки
S-Detect™ [5]	- позволяет сохранять данные и УЗ-изображения щитовидной железы пациентов для	- не является самостоятельным инструментом;

Программный продукт	Преимущества	Недостатки
	<p>последующего анализа и сравнения;</p> <ul style="list-style-type: none"> - обладает высокой чувствительностью и специфичностью при распознавании различных типов опухолей. 	<ul style="list-style-type: none"> - требует калибровки и настройки для достижения оптимальных результатов; - может быть дорогим для некоторых медицинских учреждений.
Mindray Resona 7 [6]	<ul style="list-style-type: none"> - позволяет определять степень жесткости новообразования. 	<ul style="list-style-type: none"> - не является самостоятельным инструментом; - ограниченная глубина проникновения сигнала может затруднять оценку; - менее точно работает на небольших новообразованиях.
Butterfly Network's iQ+ [7]	<ul style="list-style-type: none"> - портативный и удобный в использовании; - имеет возможность создания трехмерных изображений и объемной визуализации щитовидной железы; - позволяет сохранять результаты для последующего анализа. 	<ul style="list-style-type: none"> - не является самостоятельным инструментом; - сравнительно высокая цена; - может быть не столь точным, как другие технологии из-за ограниченных возможностей портативного устройства; - не доступен в России.

Все три программных продукта предназначены для анализа УЗ-изображений и оценки новообразований щитовидной железы, однако они не являются автономными решениями и требуют использования в сочетании с другими методами, встроенными в свои аппаратные комплексы. Также стоит отметить, что не все эти программные продукты доступны в Российской Федерации.

Содержательная постановка задачи

Обнаружение новообразований в щитовидной железе - значимая задача в медицине, требующая высокой точности и внимательности. Эти новообразования могут иметь разные характеристики, и их правильная классификация может потребовать значительных усилий и времени со стороны врачей. Здесь методы машинного обучения могут быть весьма полезны.

Одной из основных сложностей при обнаружении новообразований в щитовидной железе является их разнообразие. Некоторые из них могут быть безопасными и не требовать лечения, в то время как другие могут быть злокачественными и представлять угрозу для жизни пациента. Для правильной идентификации этих новообразований необходимо учитывать множество параметров, таких как размер, форма, структура и текстура.

Использование методов машинного обучения может значительно упростить процесс обнаружения новообразований в щитовидной железе. В частности, алгоритмы машинного обучения могут быть задействованы для автоматического определения типа новообразования на основе её характеристик.

Для обучения таких алгоритмов можно использовать образцы изображений УЗИ (ультразвуковое исследование) щитовидной железы, на которых можно наблюдать различные типы новообразований, и их характеристики могут служить для обучения алгоритмов обнаружения.

В целом, задача обнаружения новообразований в щитовидной железе является сложной, но использование методов машинного обучения может значительно облегчить её решение. Однако следует помнить, что для достижения хороших результатов необходимо иметь большой объем данных для обучения и тщательно настраивать параметры алгоритмов.

Задача обнаружения новообразований в щитовидной железе на основе УЗИ изображений включает в себя две основные задачи: определение наличия новообразования и классификацию типа этой новообразования на изображении УЗИ. Для решения этой задачи необходимо выполнить следующие шаги:

1. Подготовка данных: собрать набор УЗИ изображений щитовидной железы с соответствующей разметкой.
2. Создание модели для бинарной классификации: выбрать и обучить модель, способную определить наличие новообразования на УЗИ изображении.
3. Создание модели для многоклассовой классификации: выбрать и обучить модель, способную классифицировать тип новообразования на УЗИ

изображении.

4. Оценка качества моделей: оценить точность и надежность моделей на тестовых данных, используя метрики качества.

5. Применение модели: использовать обученные модели для автоматической классификации новых УЗИ изображений щитовидной железы.

Заключение

На основе обзора существующих исследований и программных продуктов, данная статья представляет новый взгляд на проблему распознавания новообразований щитовидной железы, а также предоставляет концептуальное решение этой задачи, предложенное на основе содержательной постановки задачи и выявленных тенденций в области медицинской диагностики.

Библиографический список

1. Хаертдинов А.И. Анализ современного состояния исследований в области классификации злокачественных узловых образований щитовидной железы с применением методов машинного обучения // Мавлютовские чтения, Материалы XVI Всероссийской молодежной научной конференции. Том 5. 2022. С. 431-442. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50072873&pff=1> (дата обращения: 26.10.2023).
2. 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: 26.10.2023).
3. 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 (дата обращения: 26.10.2023).
4. 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: 26.10.2023).

5. Samsung Healthcare. RS80A with Prestige [Электронный ресурс]. URL: <https://www.samsunghealthcare.com/en/products/UltrasoundSystem/RS80A%20with%20Prestige/General%20Imaging/benefit> (дата обращения: 26.10.2023).
6. Mindray Resona 7 - General Imaging [Электронный ресурс]. URL: <https://www.mindray.com/en/products/ultrasound/general-imaging/resona-7> (дата обращения: 15.06.2023).
7. Butterfly Network. iQ + Ultrasound [Электронный ресурс]. URL: <https://www.butterflynetwork.com/iq-ultrasound-individuals> (дата обращения: 26.10.2023)

© Хаертдинов А.И., 2023

УДК 004.9:004.9:004.8:577.21

С.Н. ХАМЗИН

samat.hamzin_13@mail.ru

Науч. руковод. – д-р техн. наук, профессор **Г.Р. ШАХМАМЕТОВА**

Уфимский университет науки и технологий

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ В ОБЛАСТИ СТРУКТУРИРОВАНИЯ МЕДИЦИНСКОЙ ТЕКСТОВОЙ ИНФОРМАЦИИ

Аннотация: цель статьи состоит в обзоре и анализе современного состояния в области структурирования текстовой медицинской информации, так же были проанализированы и сравнены существующие решения в данной области.

Ключевые слова: структурирование; natural language processing; электронные медицинские карты; ИИ; обработка естественного языка; машинное обучение; анализ текстовых данных.

Под структурированием текстовой информации понимается организация информации для облегчения решения задач, а точнее, разделение ее на определенные группы и создание логических связей между ними.

Помимо электронных медицинских карт, огромное количество другой медицинской информации так же хранится в формате простого текста. К ним относятся научные статьи, описание заболеваний и жалоб, клинические

рекомендации. Даже если содержащиеся в них данные частично структурированы, общепризнанного формата нет.

Извлечение полезных знаний из неструктурированного текста представляет собой сложную задачу. Простые алгоритмы могут лишь проверить вхождение определенных слов, но этого недостаточно. Врачам необходимо знать динамику течения болезни, а не только что у больного высокая температура. Например: "Вечером температура поднялась до 39°C и держится в течение четырех дней".

Технология обработки естественного языка [2] (Natural Language Processing, NLP) способна помочь в извлечении важной информации из медицинских текстов и ЭМК.

NLP – это направление искусственного интеллекта, которое занимается применением лингвистики и алгоритмов машинного обучения для анализа текстовых данных. Основной целью NLP является воспроизведение и понимание естественного человеческого языка.

Актуальность работы. Региональная информационно-аналитическая медицинская система «Промед» [3] представляет собой специальное комплексное программное обеспечение, автоматизирующее процесс сбора, обработки и хранения медицинской, экономической и статистической информации в региональной системе здравоохранения. В данной системе медицинские данные хранятся в виде неструктурированного текста. Это усложняет работу врачей, которые ищут определенную медицинскую информацию, например показатель сахара в крови пациента при поступлении в больницу. В системе данные недоступны для анализа без предварительной обработки и спецификация медицинских данных не позволяет использовать универсальные решения для выявления сущностей из медицинских текстов. Обработка медицинских текстов позволит оптимизировать и упростить работу медицинских работников и организаций, позволит выявить скрытые закономерности в медицинских эпикризах, так же поможет в подготовке данных для их дальнейшей обработки методами машинного обучения и создания прогностических моделей.

Анализ современного состояния.

1. П.В. Дудченко. Проблемы извлечения данных из медицинских выписок [4].

Данные из медицинских выписок могут быть полезны при Case Based подходах, статическом анализе и поиске скрытых закономерностей. Однако предварительное извлечение и структурирование информации из медицинской документации является необходимым условием ее автоматизированной обработки. В данной статье рассматриваются основные проблемы при извлечении данных из медицинских выписок пациентов.

Выделяются три типа данных для извлечения: персональные данные, диагнозы, количественные характеристики диагнозов. Для решения каждой задачи были предложены алгоритмы;

2. А.А. Баранов, Л.С. Намазова-Баранова, И.В. Смирнов, Д.А. Девяткин, А.О. Шелманов, Е.А. Вишнева, Е.В. Антонова, В.И. Смирнов. Технологии комплексного интеллектуального анализа клинических данных [5].

В статье рассматривают построение комплексной системы интеллектуальной обработки данных в многопрофильном педиатрическом центре. Извлечение информации из клинических текстов на русском языке основывается на полном лингвистическом анализе, используются медицинские тезаурусы, созданные вручную шаблоны, а также различные методы, основанные на машинном обучении. Предложен метод на основе машинного обучения для классификации пациентов со схожей нозологией, и выделение наиболее информативных признаков;

3. Д. Гаврилов, А. Гусев, И. Корсаков, Р. Новицкий, Л. Серова. Методы извлечения признаков из электронных медицинских карт в России [6].

В статье приводится пример разработанной модели извлечения признаков из медицинских текстовых записей с использованием методов NLP. Данная модель показала высокую точность при обработке неструктурированной ЭМК пациента. В настоящий момент проводится комплексное тестирование модели на реальных данных пилотных проектов медицинских организаций для выявления предикторов развития заболеваний.

Для дальнейшего развития прогностических способностей системы в отношении различных заболеваний и факторов риска пациентов планируется расширение числа извлекаемых признаков моделью NLP.

Метод извлечения признаков позволяет использовать очень большое количество данных из ЭМК для машинного обучения. Речь идет о сотнях тысяч записей, что практически невозможно реализовать в клинических исследованиях, таких как Framingham Heart Study, где было обследовано около 10 тысяч пациентов за длительных период.

В таблице 1 приведено сравнение результатов и используемых инструментов вышеперечисленных исследований.

Таблица 1

Сравнение используемых инструментов и результатов исследований

Авторы	Название	Инструменты, технологии	Результаты
Дудченко П.В.	Проблемы извлечения данных из медицинских выписок.	NLP	Предлагается решение, позволяющее отслеживать динамику заболеваний отдельных пациентов путем извлечения из истории болезни данных, наименований диагнозов и количественных характеристик диагноза для создания базы данных.
А.А. Баранов, Л.С. Намазова-Баранова, И.В. Смирнов, Д.А. Девяткин, А.О. Шелманов, Е.А. Вишнева, Е.В. Антонова, В.И. Смирнов	Технологии комплексного интеллектуального анализа клинических данных.	SOAP, XML, UMLS, деревья решений CART	Проведены экспериментальные исследования методов извлечения информации из клинических текстов, методов интеллектуальной диагностики хронических заболеваний у детей, метода определения относительной значимости признаков заболевания, и построения ассоциативных правил.
Д. Гаврилов, А. Гусев, И. Корсаков, Р. Новицкий, Л. Серова	Методы извлечения признаков из электронных медицинских карт в России	NLP, NER, Python, SpaCy, Keras, TensorFlow, PyTorch	Разработаны модели извлечения признаков из медицинских карт с использованием методов обработки естественного языка.

Анализ готовых решений.

1. Webiomed.NLP Система извлечения данных из неструктурированных медицинских записей [7]. Система позволяет автоматически извлекать машинно-понимаемые признаки с помощью технологий обработки естественного языка (Natural Language Processing). Врачи могут вести записи в электронную медицинскую карту (ЭМК) в собственной системе без специального внесения информации или заполнения экранных форм, затем медицинская система обезличивает записи из ЭМК, формирует из этого специальный документ и отправляет пакет данных в Webiomed. Платформа берет каждый медицинский документ и извлекает из него максимально возможное число признаков;

2. DRESS Double reading/entry system [8]. DRESS использует двойное чтение/запись и независимое решение для ручного отбора элементов структурированных данных из неструктурированных медицинских текстов. Данный метод был разработан в 2014-2015 годах. Система не использует методы NLP, так как на момент создания точность распознавания признаков и степень исследования темы были не достаточными для использования в медицинской сфере. Структурированные данные из текста извлекают специально обученные и подготовленные люди, им приходят изначально неструктурированный текст, они анализируют текст и проводят структуризацию текста. Затем данные проверяют на ошибки и после отправляют структурированные данные на хранение в базу данных.

В таблице 2 приведено сравнение вышеперечисленных готовых решений

Таблица 2 Сравнение готовых решений

Название	Страна	Используемые инструменты при создании	Преимущества	Недостатки
Webiomed .NLP	Россия	Python, Spacy, PyTorch, TensorFlow, Keras	3 тыс. поддерживаемых признаков; умение выявлять признаки, состоящие из нескольких терминов; точность определения 98%	Необходимость интеграции с местными медицинскими системами
DRESS	Китай	PHP, Linux, MongoDB	Проверка данных людьми; возможность структурировать все виды медицинской информации;	Устаревшая технология; необходимость в квалифицированных людях, умеющих грамотно извлекать данные (чтение рентгеновских снимков, кт, мрт и т.д.)

Таким образом, в ходе анализа современного состояния в области структурирования текстовой медицинской информации видно, что метод

естественной обработки языка активно исследуется и даже внедряется в системы ведения электронных медицинских карт. Данный метод может облегчит работу врачей в поиске нужной медицинской информации и позволит хранить структурированные данные об пациентах.

Работа выполнена в рамках исследований при поддержке гранта РФФИ 22-19-00471.

Библиографический список

1. Language Understanding Innovation Shows Value for Healthcare // Huffpost URL: https://www.huffpost.com/entry/language-understanding-in_b_951964 (дата обращения: 14.09.2023)
2. Зачем нужна обработка естественного языка в медицине: современные задачи и вызовы // Habr URL: <https://habr.com/ru/companies/docplus/articles/411123/> (дата обращения: 14.09.2023)
3. Султанов В.М. История развития «Региональной информационно-аналитической медицинской системы (РИАМС)» // Внедрение медицинской информационной аналитической системы в образовательную деятельность колледжа при преподавании дисциплины ИТПД и ПМ.06.Организационно-аналитическая деятельность раздел ИОПД. – Стерлитамак: 2019. – С. 3
4. Дудченко П.В. Проблемы извлечения данных из медицинских выписок // Наука, техника и образование. – 2018. – С. 36
5. А.А. Баранов, Л.С. Намазова-Баранова, И.В. Смирнов, Д.А. Девяткин, А.О. Шелманов, Е.А. Вишнева, Е.В. Антонова, В.И. Смирнов Технологии комплексного интеллектуального анализа клинических данных // Вестник Российской академии медицинских наук. – 2016. – С. 160
6. Д. Гаврилов, А. Гусев, И. Корсаков, Р. Новицкий, Л. Серова Методы извлечения признаков из электронных медицинских карт в России // Proceeding of the 26th FRUCT. – 2020.– С. 497-500
7. Система извлечения данных из неструктурированных медицинских записей // Webiomed URL: <https://webiomed.ru/products/webiomednlp/> (дата обращения: 4.10.2023)
8. A hybrid solution for extracting structured medical information from unstructured data in medical records via a double-reading/entry system // BMC Medical Informatics and Decision Making URL: <https://bmcmedinformdecismak.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12911-016-0357-5#Sec10> (дата обращения: 6.10.2023)

© Хамзин С.Н., 2023

УДК 004.056.5

О.Е. ЧУРКИН

churkin.o.e@mail.ru

Науч. руковод. – д-р техн. наук **А.М. ВУЛЬФИН**

Уфимский университет науки и технологий

ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ РАЗВИТИЯ БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ И НЕКОТОРЫЕ СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ИХ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Аннотация: выполнен обзор нескольких статей по теме машинного обучения больших языковых моделей за недавнее время. Даны основные положения работ, характеристика выполненных исследований, выводы и перспективы дальнейшего использования полученных результатов.

Ключевые слова: большие языковые модели, трансформер, токен, промт, масштабирование контекста, дерево мыслей, сохраняющая сеть, Promtbreeder.

Некоторое время назад свет увидела очередная большая языковая модель (Large Language Model, LLM) GPT-3.5 под маркетинговым названием ChatGPT от коллектива OpenAI, совершившая коренной перелом в массовом общественном сознании [1]. Не преодолев фундаментальных технологических ограничений (размер памяти модели (контекста), количество и качество данных в обучающем наборе данных, требования к аппаратному обеспечению), но будучи специально обучена на примерах диалогового взаимодействия с пользователем с использованием методики обучения с подкреплением на основе человеческих предпочтений (Reinforcement Learning from Human Feedback, RLHF), модель достигает почти человеческого уровня понимания, отвечает пользователю сообразно ситуации, запоминает и удерживает в «памяти» существенную часть истории диалога, достаточную для имитации живого общения. Даже этого оказалось достаточно, чтобы уже обычные люди без опыта работы с нейросетями заинтересовались ей и начали использовать в повседневной и профессиональной деятельности [2]. Такая яркая демонстрация возможностей языковых моделей закономерно подстегнула интенсивность исследований в этой области, особенно в части повышения их эффективности.

Масштабирование контекста модели до 1 миллиона токенов и выше с помощью рекуррентного трансформера с памятью

Как уже было сказано ранее, длина контекста запоминания – одно из наиболее существенных ограничений больших языковых моделей на основе трансформеров, а прямое увеличение его размеров требует существенных затрат аппаратных ресурсов. Тем не менее, обойти данное ограничение все же возможно.

Обычно модель обучается на текстах однонаправленным способом, поскольку последующие токены после того, который необходимо предсказать, всегда маскируются в декодере, из-за чего генерация токенизированного ответа идет последовательно, по слову за раз. Однако модели с использованием энкодера можно предварительно обучать на большом текстовом корпусе с помощью технологии моделирования языка с использованием маски (Masked Language Modeling, MLM). Основная идея заключается в маскировании (или замене) случайных токенов слов во входной последовательности, а затем обучения модели прогнозированию исходных токенов на основе окружающего контекста.

Авторы [3] развивают эту идею и предлагают применить в такой схеме рекуррентный трансформер с памятью (Recurrent Memory Transformer, RMT). Тогда длинный входной вектор текстовых данных можно будет делить на сегменты, а векторы памяти будут добавляться к первым внедрениям сегмента и обрабатываются вместе с его токенами.

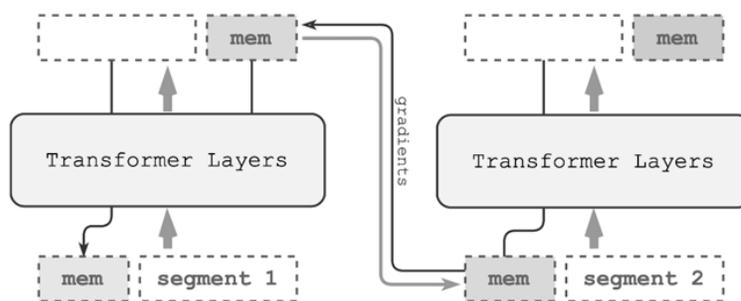


Рисунок 1 – Предлагаемый авторами механизм с рекуррентной памятью

Для проверки работоспособности гипотезы авторами были созданы синтетические наборы данных, требующие запоминания простых фактов и выполнения базовых рассуждений. Входные данные состояли из одного или нескольких фактов и вопроса, на который можно было ответить, только используя все эти факты. Для повышения сложности задачи факты

помещались в случайные места не связанного с ними текста. Целью модели было отделить факты от несущественного текста и использовать их для ответов на вопросы.

Экспериментальная проверка такого подхода для языковых моделей с различным количеством параметров показала хорошую эффективность и масштабируемость, вместе с относительно низкими показателями использования вычислительных ресурсов.

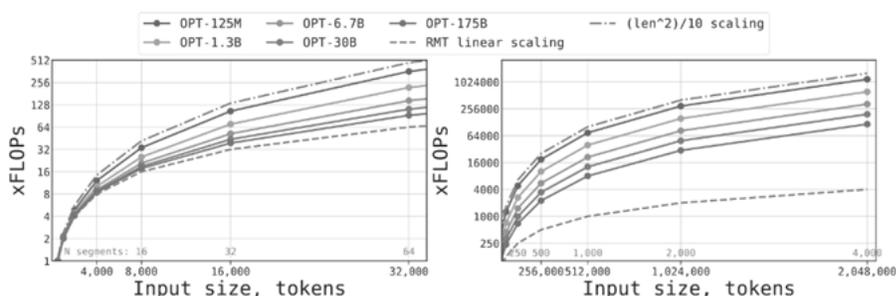


Рисунок 2 – Оценка использования вычислительных ресурсов (в FLOPS) моделями разной размерности (от 1.3 до 175 миллиардов параметров) с использованием механизма с рекуррентной памятью в зависимости от размера контекста. Слева график, охватывающий диапазон от 0 до 32000 токенов, справа – до 2048000

В своей работе авторы продемонстрировали, что применение моделей-трансформеров к длинным текстам не обязательно требует больших объемов памяти. Использование рекуррентного трансформера с памятью позволило уменьшить квадратичную сложность до линейной. Более того, обученные на достаточно большом количестве входных данных модели могут экстраполировать свои способности на тексты существенного объема. Полученная языковая модель оказалась способна обобщать задачи с невидимыми свойствами, включая языковое моделирование, при этом оперируя большим размером контекста, чем сходные по прочим параметрам языковые модели на основе обычных трансформеров.

Дерево мыслей: целенаправленное решение проблем с помощью больших языковых моделей

Для действительно больших языковых моделей было обнаружено, что незначительные изменения в условии постановки входной задачи могут серьезно повлиять на выходной результат. Это наталкивает на мысль о некотором несовершенстве процесса взаимодействия пользователя с языковой моделью.

Авторы исследования [4] задались вопросом, можно ли существенно повысить качество ответов языковых моделей без их изменения или переобучения, одним лишь изменением специальной инструкции, подаваемой на вход модели вместе с начальным условием для помощи ей в достижении результата – «промта» (prompt).

Ранее уже были известны методы «цепочка мыслей» (Chain of Thoughts, CoT) и «самосогласование с цепочкой мыслей» (Self-Consistency with Chain of Thoughts). Первый представляет собой простое добавление к текстовому запросу, подаваемому на вход языковой модели, фразы «думай последовательно, шаг за шагом» (let’s think step by step)³. В этом случае модель как бы «размышляет вслух», благодаря чему не теряет нить повествования. Второй же метод, «самосогласование с цепочкой мыслей», заставляет модель генерировать разные ответы на один и тот же запрос, сформулированный по системе «цепочки мыслей» [6]. Из полученных результатов некоторым образом выбирается итоговый, как предполагаемый наиболее верный или подходящий.

Авторы же рассматриваемого исследования расширяют эту систему новым методом – «деревом мыслей» (Tree of Thoughts, ToT). В нем задача представляется поиском по дереву, где каждый узел эквивалентен состоянию – репрезентации некоего частичного решения с входными данными и последовательностью мыслей на данный момент.

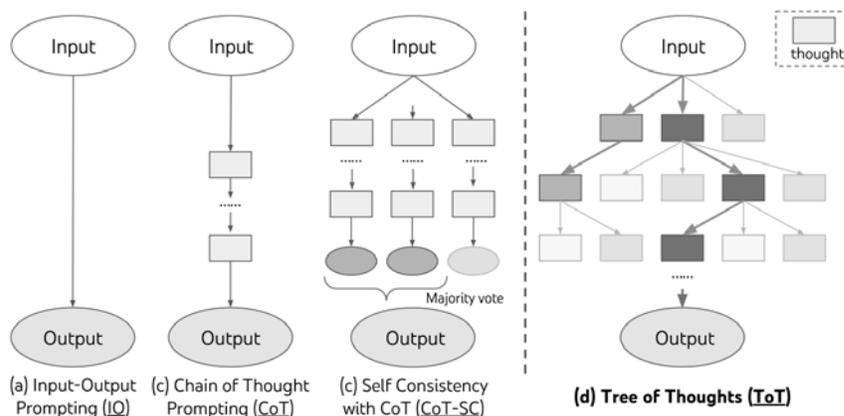


Рисунок 3 – Схемы принципов общей работы вышеприведенных методов. Слева направо: обычный запрос без дополнительных оптимизаций; цепочка мыслей; самосогласование с цепочкой мыслей; дерево мыслей.

Прямоугольниками обозначены сами мысли как законченные логические высказывания, генерируемые языковой моделью по ходу решения

³Совсем недавно, 19 сентября 2023 года, исследователи команды Google DeepMind открыли еще более эффективный вариант этой «магической фразы» – «сделай глубокий вдох и работай над решением шаг за шагом» (Take a deep breath and work on this problem step-by-step) [5]

На практике это можно реализовать указанием модели представить нескольких «экспертов» в требуемой по задаче области, которые бы генерировали ответы на запрос, обсуждали их между собой, отбирали несколько наиболее валидных и продолжали бы работать уже отталкиваясь от них. При этом в случае возникновения логической несостыковки в последовательности высказываний они должны будут вернуться к вызвавшему ее этапу и устранить ее. «Рассуждения» могут быть завершены, когда все «эксперты» согласились бы с одной, наиболее корректной версией ответа.

В качестве экспериментальных задач, предлагавшихся языковой модели для решения, авторы использовали задачу «Двадцать четыре» (требовалось составить из четырех целых входных чисел и арифметических операций «+», «-», «*», «/» такое арифметическое выражение, чтобы оно при решении давало 24); задачу из 4-х входных предложений составить связный текст с добавлением 4-х новых предложений; задачу решения мини-кроссворда 5x5.

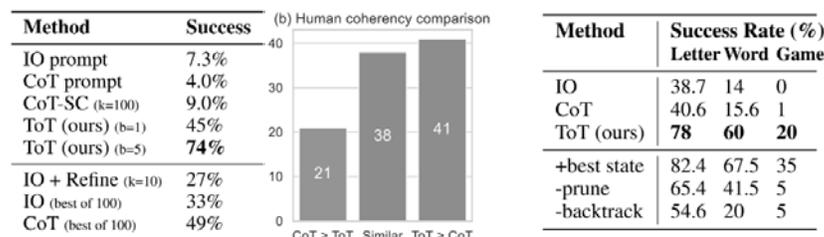


Рисунок 4 – Показатели эффективности метода. Слева направо: задача «Двадцать четыре»; задача составления связного текста; задача решения мини-кроссворда 5x5

Авторы видят большой потенциал метода в применении к задачам принятия и планирования решений, саморефлексии моделей по поводу формируемых решений, программно-ориентированной генерации решений в связке с классическими нисходящими программными алгоритмами, а также к классическим задачам поиска решений. Отмечается также более прозрачная для человека логика размышлений языковых моделей при таком подходе, поскольку почти весь ход решения, за исключением точки начальной инициации, будет наглядно представлен при генерации ответа.

Сохраняющая сеть: преемник трансформера для больших языковых моделей

Существуют и более изощренные способы преодоления технических ограничений больших языковых моделей. Так, авторы [7] предлагают вместо трансформеров и рекуррентных сетей [8] использовать называемую «сохраняющую сеть» (Retentive Network, RetNet).

По заверениям авторов, разработанная ими архитектура для больших языковых моделей одновременно обеспечивает высокую производительность (сравнимую с трансформерами), низкокзатратный вывод (сопоставимый с рекуррентными сетями) и параллельное обучение.

Основную идею «сохраняющей сети» можно свести к двум общим пунктам: она представляет многоуровневый механизм удержания на замену «многоголового внимания» [9], и может работать с тремя парадигмами вычислений на выбор (параллельное, рекуррентное и фрагментарно-рекуррентное представление), в отличие от трансформера, способного использовать только один тип обработки последовательностей как во время обучения, так и в процессе вывода.

На примере использования параллельной реализации различия «сохраняющей сети» и обычного трансформера заключаются в замене многопеременной логистической функции (softmax, SM) на D-матрицу, сочетающую в себе случайное маскирование и экспоненциальное затухание вдоль относительного расстояния. Дополнительно вывод подвергается групповой нормализации (GroupNorm, GN) [10].

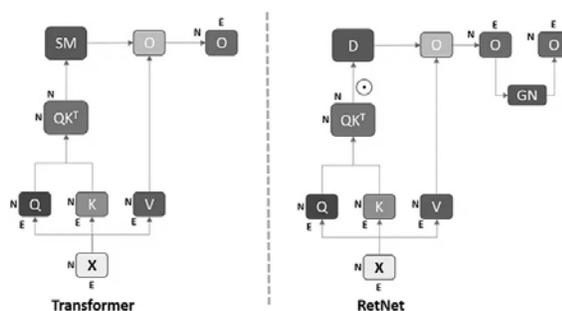


Рисунок 5 – Сравнение архитектуры трансформера (слева) и «сохраняющей сети» в параллельном представлении (справа)

Результаты экспериментов показали, что «сохраняющая сеть» превосходит трансформер как с точки зрения кривых масштабирования, так и с точки зрения контекстного обучения.

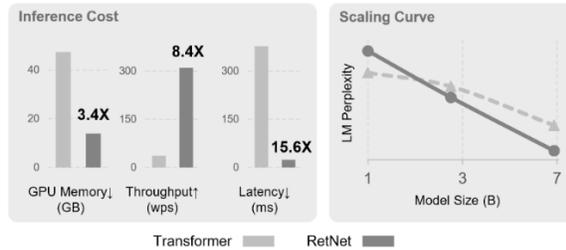


Рисунок 6 – Сравнение сохраняющей сети и модели на основе трансформера в части потребления объема видеопамяти, пропускной способности и временных задержек. Правая диаграмма показывает кривую масштабирования обеих моделей

Интригующие свойства делают «сохраняющую сеть» возможным преемником трансформеров для построения архитектуры больших языковых моделей, однако отсутствие примеров реального применения технологии не позволяет сделать однозначный вывод, по крайней мере на данный момент.

Promptbreeder: самоотсылающее самосовершенствование через быструю эволюцию

Популярные стратегии создания «промтов» предполагают самостоятельное формирование человеком вспомогательных инструкций для языковой модели вручную, опираясь на требования и особенности каждого отдельного запроса, которые могут быть не учтены в полной мере и привести к получению неоптимального результата. Авторы работы [11] предлагают использовать для этого систему эволюции промтов (Promptbreeder), способную автоматически исследовать потенциальные входные инструкции для требуемой задачи и находить такие, которые улучшают способность языковой модели формировать ответы в рамках указанной предметной области.

Учитывая описание проблемы, исходный набор общих «стилей мышления» и наборы промтов мутации, Promptbreeder генерирует популяцию компонентов эволюции, каждая из которых обычно состоит из промта задачи и промта мутации. Затем запускается стандартный генетический алгоритм бинарного турнира [12]. На протяжении нескольких поколений Promptbreeder изменяет промты задач и промты мутации с использованием операторов мутации, а затем оценивает производительность на случайной выборке обучающих данных. Предыдущее поколение приводит к появлению все более подходящих к

предметной области промтов задач, тогда как последующее развивает все более полезные промты мутаций самоотсылающим способом.

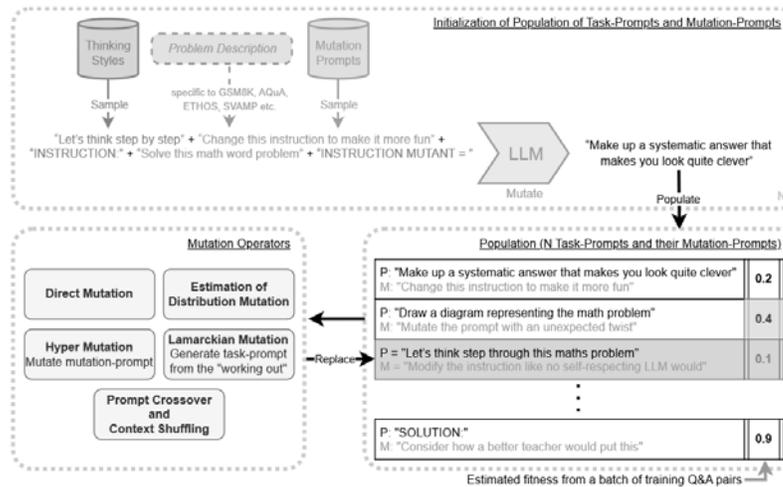


Рисунок 7 – Схематичное представление процесса генерации наиболее подходящего конкретной задаче промта

Операторы мутации, в свою очередь, не что иное как большие языковые модели. Для каждого события репликации применяется только один из нескольких операторов мутации. Цель состоит в том, чтобы позволить языковой модели исследовать большое пространство когнитивных методов лингвистического самоанализа, неоднократно меняя постановку проблемы, а также извлекать ментальные модели, выраженные на естественном языке и способные помочь решить заданную логическую задачу.

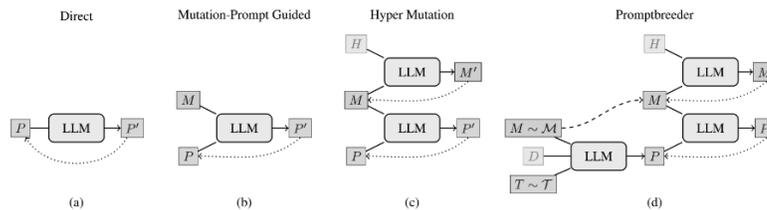


Рисунок 8 – Схематичное объяснение процесса самоотсылающего самосовершенствования

Ниже представлена сводная таблица результатов использования различных техник инструктирования нескольких языковых моделей (в один и несколько прогонов). В частности, «цепочка мыслей» (CoT), «программа мыслей» (PoT), «автоматическая цепочка мыслей» (Auto-CoT), оптимизация через промтинг (OPRO), автоматический

составитель промтов (Automatic Prompt Engineer Zero-shot prompt, APE), обычный (PS) и улучшенный (PS+) планировщик-решатель промтов (Plan-and-Solve).

	Method	LLM	MultiArith*	SingleEq*	AddSub*	SVAMP*	SQA	CSQA	AQuA-RAT	GSM8K
Zero-shot	CoT	text-davinci-003	(83.8)	(88.1)	(85.3)	(69.9)	(63.8)	(65.2)	(38.9)	(56.4)
	PoT	text-davinci-003	(92.2)	(91.7)	(85.1)	(70.8)	-	-	(43.9)	(57.0)
	PS	text-davinci-003	(87.2)	(89.2)	(88.1)	(72.0)	-	-	(42.5)	(58.2)
	PS+	text-davinci-003	(91.8)	(94.7)	(92.2)	(75.7)	(65.4)	(71.9)	(46.0)	(59.3)
	PS	PaLM 2-L	97.7	90.6	72.4	83.8	50.0	77.9	40.2	59.0
	PS+	PaLM 2-L	92.5	94.7	74.4	86.3	50.1	73.3	39.4	60.5
	APE	PaLM 2-L	95.8	82.2	72.2	73.0	38.4	67.3	45.7	77.9
	OPRO	PaLM 2-L	-	-	-	-	-	-	-	80.2
	PB (ours)	PaLM 2-L	99.7	96.4	87.8	90.2	71.8	85.4	62.2	83.9
	Few-shot	Manual-CoT	text-davinci-003	(93.6)	(93.5)	(91.6)	(80.3)	(71.2)	(78.3)	(48.4)
Auto-CoT		text-davinci-003	(95.5)	(92.1)	(90.8)	(78.1)	-	-	(41.7)	(57.1)
PB (ours)		PaLM 2-L	100.0	98.9	87.1	93.7	80.2	85.9	64.6	83.5

Рисунок 9 – Сопоставление результатов различных техник инструктирования

Авторы полагают небезынтересным использовать такой подход для оценки и продвижения разнообразия генерируемых входных инструкций к запросу или даже всего «мыслительного процесса». Представляется теоретически возможным использовать Promptbreeder в режиме самостоятельной игры с целью разработки предварительных промтов для больших языковых моделей, находящих друг с другом в конкурентном сократовском диалоге. Однако также отмечается, что полностью решить проблему возможного недопонимания языковой моделью исходной задачи не удастся, поскольку сам алгоритм работы Promptbreeder остается неизменным в ходе формирования входной инструкции-промта, и в случае специфических задач может не создать достаточно подходящий предметной области промт.

Заключение

Рассмотренные в данной обзорной работе способы повышения эффективности больших языковых моделей в большинстве своем представляют качественные улучшения уже известных механизмов. Они могут поспособствовать их развитию только в известных пределах. Однако демонстрируемые ими результаты красноречиво свидетельствуют о широком поле возможностей для развития технологии искусственного интеллекта. Особенно значимым в данной ситуации видится внедрение больших языковых моделей в творческих областях, ранее считавшихся прерогативой человека. Подведение под это коммерческого основания определенно даст положительный эффект к развитию технологии.

При таком стремительном развитии вполне естественно появление некоторого недоверия к моделям машинного обучения. И хотя призывы к ограничению разработки технологии порядка более высокого, чем есть сейчас [13], выглядят преждевременными, различные регулирующие органы уже начинают оперировать понятием ИИ как объектом права [14]. Конечно, пока нельзя точно сказать, как скоро будет создан сильный искусственный интеллект общего назначения. Но можно с высокой долей уверенности утверждать, что у человечества есть все знания и ресурсы для этого.

Библиографический список

1. Introducing ChatGPT [Электронный ресурс] OpenAI // URL: <https://openai.com/blog/chatgpt> (дата обращения 27.10.2023)
2. 18 Best ChatGPT Examples in 2023 [Электронный ресурс] Piya Valchanov / Team-GPT // URL: <https://team-gpt.com/blog/chatgpt-examples> (дата обращения 27.10.2023)
3. Bulatov A., Kuratov Y., Burtsev M.S. Scaling Transformer to 1M tokens and beyond with RMT [Электронный ресурс] URL: <https://arxiv.org/pdf/2304.11062.pdf> (дата обращения 27.10.2023)
4. Yao S. et al. Tree of Thoughts: Deliberate Problem Solving with Large Language Models [Электронный ресурс] URL: <https://arxiv.org/pdf/2305.10601.pdf> (дата обращения 27.10.2023)
5. Yang C. et al. Large Language Models as Optimizers [Электронный ресурс] URL: <https://arxiv.org/pdf/2309.03409.pdf> (дата обращения 27.10.2023)
6. Wang X. et al. Self-Consistency Improves Chain of Thought Reasoning in Language Models [Электронный ресурс] URL: <https://arxiv.org/pdf/2203.11171.pdf> (дата обращения 27.10.2023)
7. Sun Y. et al. Retentive Network: A Successor to Transformer for Large Language Models [Электронный ресурс] URL: <https://arxiv.org/pdf/2307.08621.pdf> (дата обращения 27.10.2023)
8. Karpathy A., Jhonson J., Li F. Visualizing and Understanding Recurrent Networks [Электронный ресурс] URL: <https://arxiv.org/pdf/1506.02078.pdf> (дата обращения 27.10.2023)
9. Cordonnier J., Loucas A., Jaggi M. Multi-Head Attention: Collaborate Instead of Concatenate [Электронный ресурс] URL: <https://arxiv.org/pdf/2006.16362.pdf> (дата обращения 27.10.2023)
10. Wu Y., He K. Group Normalization [Электронный ресурс] URL: https://openaccess.thecvf.com/content_ECCV_2018/papers/Yuxin_Wu_Group_Normalization_ECCV_2018_paper.pdf (дата обращения 27.10.2023)

11. Fernando C. et al. Promptbreeder: Self-Referential Self-Improvement via Prompt Evolution [Электронный ресурс] URL: <https://arxiv.org/pdf/2309.16797.pdf> (дата обращения 27.10.2023)
 12. Harvey I. The Microbial Genetic Algorithm [Электронный ресурс] URL: http://users.sussex.ac.uk/~inmanh/MicrobialGA_ECAL2009.pdf (дата обращения 27.10.2023)
 13. Pause Giant AI Experiments: An Open Letter [Электронный ресурс] Future of Life Institute // URL: <https://futureoflife.org/open-letter/pause-giant-ai-experiments> (дата обращения 27.10.2023)
 14. The AI Act [Электронный ресурс] Future of Life Institute // URL: <https://artificialintelligenceact.eu/the-act> (дата обращения 27.10.2023)
- © Чуркин О.Е., 2023

УДК 004

У.М. Янбердин, Р.М. Яппаров

yanberdin2000@gmail.com, bist2002@yandex.ru

Науч. руковод. – канд. юр. наук, доцент **Р.М. ЯППАРОВ**

Уфимский университет науки и технологий

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ОБЕСПЕЧЕНИИ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Аннотация: в работе рассмотрено понятие и содержание искусственного интеллекта в киберпространстве. Проводится анализ современного законодательства в сфере применения искусственного интеллекта, предлагаются способы использования технологий искусственного анализа данных для обеспечения информационной безопасности.

Ключевые слова: искусственный интеллект, информационные технологии, кибербезопасность, анализ данных, киберугрозы, информация.

Искусственный интеллект - это широкий термин, который относится к науке о моделировании человеческого интеллекта в машинах с целью дать им возможность мыслить подобно нам и имитировать наши действия. Это позволило бы машинам с искусственным интеллектом выполнять задачи, с которыми ранее могли справиться только люди. В решении некоторых задач искусственный интеллект может даже превзойти людей. Многие машины с искусственным интеллектом пытаются определить наилучший способ достижения результата или решения проблемы. Обычно они делают это,

анализируя огромные объемы обучающих данных, а затем находя в них закономерности для воспроизведения при принятии собственных решений [1]. Хотя искусственный интеллект может показаться футуристичным, считается, что концепция, лежащая в его основе, зародилась в 1950 году, когда британский математик и логик Алан Тьюринг предположил о “мыслящих машинах”, которые могли бы рассуждать аналогично людям. Термин “искусственный интеллект” появился на свет несколько лет спустя [2].

Совершенствование информационных технологий передачи данных, внедрение в повседневную жизнь передовых инженерных решений, создание цифровых телекоммуникационных сетей с использованием последних достижений современного рынка IT-технологий, применение прогрессивных методов и способов обработки и передачи информационных потоков влекут за собой принятие соответствующих мер по обеспечению нормального функционирования телекоммуникационных ресурсов и защите законных интересов государства и граждан [5].

Искусственный интеллект помогает в обеспечении кибербезопасности, он трансформирует практически все отрасли, и кибербезопасность не является исключением. Согласно недавнему исследовательскому отчету, мировой рынок продуктов кибербезопасности на основе искусственного интеллекта в 2021 году оценивался примерно в 15 миллиардов долларов, а к 2030 году вырастет примерно до 135 миллиардов долларов [3]. Организации, занимающиеся кибербезопасностью, все чаще полагаются на искусственный интеллект в сочетании с более традиционными инструментами, такими как антивирусная защита, предотвращение потери данных, обнаружение мошенничества, управление идентификацией и доступом, обнаружение вторжений, управление рисками и другие основные области безопасности.

Основная опасность скрывается в так называемых социальных сетях, в которые пользователи выкладывают огромное количество личной информации. Растущее число новых сервисов в сетях вроде Facebook и Twitter дают преступникам практически неограниченное поле для деятельности. Так, они могут воспользоваться сервисом сокращения URL, чтобы замаскироваться под безобидного пользователя и направлять своих жертв на нужные им сайты, получая таким путем их персональные данные. Также во многих социальных сетях есть геолокационные сервисы, которые позволяют пользователям отслеживать местоположение других людей. Растущая популярность таких услуг позволяет правонарушителям получать исчерпывающую информацию о том, где находится их потенциальная жертва, что и с кем обсуждает в сети Интернет, какие у него планы на будущее.

Благодаря особенностям искусственного интеллекта, который может анализировать огромные объемы данных и находить закономерности, его можно использовать для решения таких задач, как:

- обнаружение реальных атак с большей точностью, чем это может сделать человек, уменьшение числа ложноположительных результатов и определение приоритетности ответных действий с учетом их реальных рисков;

- выявление и пометка типов подозрительных электронных писем и сообщений, часто используемых в мошеннических кампаниях;

- имитация атак социальной инженерии, которые помогают службам безопасности выявлять потенциальные уязвимости до того, как ими воспользуются киберпреступники;

- поддержка принятия решений по киберинцидентам.

Преступления, совершаемые в сфере компьютерной информации – это преступления в так называемом «виртуальном пространстве». Оно включает в себя не только деяния, совершаемые в глобальной сети Интернет, но распространяется и на все виды преступлений, охватываемые информационно-телекоммуникационной сферой, т.е. там, где информация, информационные ресурсы, информационная техника могут выступать (являться) предметом (целью) преступных посягательств, средой, в которой совершаются правонарушения и средством или орудием преступления. По сути - это виновное противоправное вмешательство в работу компьютеров, компьютерных программ, компьютерных сетей, несанкционированная модификация компьютерных данных, а также иные противоправные общественно опасные действия, совершенные с помощью или посредством компьютеров, компьютерных сетей и программ.

Так, искусственный интеллект потенциально может стать инструментом, меняющим правила игры при тестировании на проникновение - преднамеренном изучении защиты программного обеспечения и сетей для выявления слабых мест. Разрабатывая инструменты искусственного интеллекта, нацеленные на их собственные технологии, организации смогут лучше выявлять свои слабые места до того, как хакеры смогут злонамеренно воспользоваться ими. По мере развития искусственного интеллекта продолжают расти опасения по поводу конфиденциальности данных и управления рисками как для частных лиц, так и для предприятий. Регулирующие органы рассматривают способы развития искусственного интеллекта и максимизации его преимуществ при одновременном снижении вероятности негативных последствий для общества. Однако в настоящее время в Российской Федерации не существует какого-либо всеобъемлющего федерального законодательства в области искусственного интеллекта.

Итак, что все это значит для нас? Как достижения в области искусственного интеллекта влияют на нашу жизнь с точки зрения безопасности? К счастью, ответ на удивление прост. Нам не нужно изучать новый набор правил кибербезопасности. Вместо этого нам следует пересмотреть свою текущую систему защиты от киберугроз и убедиться в том, что она соответствует лучшим практикам в таких ее важных областях, как пароли, конфиденциальность данных, личная кибербезопасность и особенно социальная инженерия.

Библиографический список

1. Петренко С.А., Бирюков Д.Н., Петренко А.С. // В сборнике: The 2019 Symposium on Cybersecurity of the Digital Economy - CDE'19. третья международная научно-техническая конференция. 2019. С. 160-172.

2. What is artificial intelligence? [Электронный ресурс] / URL: <https://www.brookings.edu/research/what-is-artificial-intelligence/> (дата обращения 10.10.2023)

3. Artificial Intelligence in Cybersecurity Market Analysis - Global Industry Size, Share, Trends and Forecast 2022 – 2030 [Электронный ресурс] / URL: <https://www.acumenresearchandconsulting.com/artificial-intelligence-in-cybersecurity-market> (дата обращения 10.10.2023)

4. Яппаров, Р.М. К вопросу об интеллектуальной собственности в сети Интернет / Р.М. Яппаров // Правовое государство: теория и практика. – 2010. – № 4(22). – С. 77-84. – EDN NWFQNZ.

© Янбердин У.М., Яппаров Р.М., 2023

УДК 004.00.000

А.И. Ярулина

iarulina.sasha@mail.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук **Г.Н. Верхотурова**

Уфимский университет науки и технологий

УЛУЧШЕНИЕ ПРОДУКТА КОМПАНИИ ПРИ ПОМОЩИ МАШИНОЙ ОБРАБОТКИ ЕСТЕСТВЕННОГО ЯЗЫКА

Аннотация: в статье рассмотрен метод машинной обработки естественного языка в качестве применения анализа отзывов для улучшения продуктов компаний. Произведен анализ естественного языка. Рассмотрены задачи и методы естественного языка.

Ключевые слова: естественный язык, машинная обработка, повышение качества, отзывы.

В эпоху интернета и социальных сетей все больше усиливается влияние отзывов о продуктах той или иной компании на ее прибыль и репутацию. Сегодня изучение в Интернете потребностей и проблем клиентов является одной из приоритетных задач любого бизнеса. Это связано в первую очередь с развитием технологий, распространением интернет-коммерции и возможностью пользователей сети обмениваться мнениями о продуктах и услугах компании. Пользователи выкладывают свои мнения в открытом доступе на интернет-ресурсах, чтобы компании и потенциальные покупатели продукции могли принять во внимание информацию, полученную от потребителей. Ручной анализ отзывов является трудоемким процессом, в связи с чем анализ отзывов с помощью методов машинной обработки естественного языка становится все более актуальным.

Данные методы позволяют автоматизировать процесс обработки информации, сокращая время и ресурсы, затрачиваемые на ручной анализ. Алгоритмы могут классифицировать отзывы, выявлять паттерны и тенденции, а также определять настроение и тональность текста, что позволяет компаниям быстро реагировать на обратную связь клиентов и адаптировать свои продукты и услуги.

Обработка естественного языка (Natural language processing, NLP) – это область, посвященная разработке алгоритмов и компьютерных программ, позволяющих компьютерам «понимать» естественный язык, это синтез искусственного интеллекта и компьютерной лингвистики. Компьютеры понимают такие естественные языки, как английский, немецкий, французский и т.д.

Обработка естественного языка используется:

- для создания различных систем интеллектуального анализа текстов;
- машинного перевода;
- анализа тональности;
- анализ настроения;
- автоматическая классификации текстов и т.д.

Обработка естественного языка основана на алгоритмах преобразования неоднозначных данных в исчерпывающую информацию для машин, чтобы построить понимание. Для анализа естественного языка используются различные методы, включая статистический анализ, машинное обучение и

глубокое обучение. Они применяются в различных областях, включая медицину, юриспруденцию, образование, рекламу и финансы.

Задачи, решаемые с помощью этой технологии, включают анализ сложных синтаксических конструкций, а также зачастую нестандартный анализ интонации и эмоций. Обработка естественного языка является технологической основой для создания многих современных приложений, таких как голосовые помощники, персонализированные рекомендации и системы автоматизированной обработки текстов.

На рис. 1 представлены основные задачи обработки естественного языка.

Морфологический анализ	• Разбор текста на отдельные слова и выделение их формы и значения
Синтаксический анализ	• Определение грамматической структуры предложения и взаимосвязей между его частями
Семантический анализ	• Анализ смысла слов и выражений в контексте текста
Анализ тональности	• Определение тональности и эмоциональной окраски текста
Классификация текста	• обработки естественного языка, которая заключается в автоматической классификации текстов на основе заданного критерия, например, по тематике продукта
Named Entity Recognition, NER	• Извлечение именованных сущностей, таких как имена людей, организаций и географических мест
Машинный перевод	• обработки естественного языка, которая заключается в автоматическом переводе текста с одного языка на другой язык
Текстогенерация	• Генерация текста на основе заданных параметров и условий
Распознавание голоса и естественной речи	• обработки естественного языка, которая заключается в переводе устной речи в текстовую форму и обратно

Рис. 1. Задачи обработки естественного языка

Из приведенного рис. 1 видно, что при использовании обработки отзывов компаний на основе машинной обработки естественного языка компании смогут сгенерировать отзывы покупателей, распознать их тональность, степень удовлетворенности и многое другое. Более детальный анализ отзывов в свою очередь, позволит произвести, например, определенную выборку по товарам, повысить качество этих товаров или улучшить описание характеристик, упаковку товара и прочее.

На рис. 2 представлены методы и подходы к обработке естественного языка.

Статистические	• используют математические методы для анализа больших объёмов текста и выявления статистических закономерностей
Машинное обучение	• позволяет компьютеру анализировать большие объёмы текстов и находить закономерности в них
Глубокое обучение	• подход к машинному обучению, который использует нейронные сети для обработки текстов и извлечения информации
Правила и эвристики	• Используют заранее заданные правила и эвристики для анализа и интерпретации текстов
Комбинированные	• сочетание различных методов, для достижения наилучшей производительности и точности обработки текстов
Обработка на основе знаний	• подход позволяет более точно понимать смысл текстов, так как базы знаний содержат информацию о связях между словами, понятиями и фактами
Многопроходная обработка	• обработки текста, в котором текст проходит через несколько этапов или проходов, каждый из которых отвечает за обработку разных аспектов языка

Рис. 2. Методы и подходы к обработке естественного языка.

Обработка естественного языка является одним из наиболее интересных и перспективных направлений исследований в области вычислительной лингвистики, искусственного интеллекта и машинного обучения.

Современные технологии обработки естественного языка включают в себя вышеперечисленные методы и алгоритмы, которые в случае использования их в анализе отзывов позволят обрабатывать значительный объем информации, что существенно облегчит процесс анализа продуктов компаний.

В целом, обработка отзывов с помощью машинного обучения позволяет компаниям более эффективно выявлять и анализировать потребности пользователей, оптимизировать процессы и повышать качество своих продуктов и услуг.

Библиографический список

1. Джумабаева М.Ш., Бурнашев Р.Ф. Информационные технологии в обработке лингвистической информации // Science and Education. 2023. Т.4. №4. С.643-653.
2. Столбун Е.А., Полоско Е.И. Искусственный интеллект и обработка естественного языка для классификации текстов // Актуальные вопросы экономики и информационных технологий: сборник тезисов и статей

докладов 59-ой научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, 17–21 апреля 2023 г. 2023. С. 97-99.

3. Курбатова С.А. Обзор технологий, связанных с искусственным интеллектом, машинным обучением и распознаванием образов на примере российских и зарубежных компаний // Международная научно-техническая конференция молодых ученых, Белгород, 25–27 мая 2020 года. 2020. С. 3909-3921.

4. Андреева А.Ю. Искусственный интеллект: основные понятия, проблемы и прогнозы развития // XXIII Всероссийская студенческая научно-практическая конференция Нижневартковского государственного университета, Нижневартовск, 06–07 апреля 2021 года. Том Ч.4. Нижневартовск: Нижневартковский государственный университет, 2021. С. 185-191.

5. Исакова, М.Е. Подход к автоматическому анализу отзывов о товарах и услугах интернет-магазина / М. Е. Исакова. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. – 2023. – № 10 (457). – С. 11-14. – URL: <https://moluch.ru/archive/457/100621>

© Ярулина А.И. 2023

УДК: 004.9:004.9:004.8:577.21

В.В. ЕФИМЕНКО

MrRimidalV@yandex.ru

Науч. руковод. – д-р техн. наук, профессор **Г.Р. ШАХМАМЕТОВА**

Уфимский университет науки и технологий

СОВРЕМЕННЫЕ АЛГОРИТМЫ: ОБРАБОТКА ДАННЫХ ГЕНОМОВ И ТРАНСКРИПТОМОВ

Аннотация: статье предлагаются к обсуждению проблемы суперкомпьютерных вычислений, которые являются необходимым инструментом работы с генетическими данными. Дан обзор компьютерных подходов и разработанных авторами программ для решения задач, возникающих при аннотации геномных данных и анализе экспрессии генов.

Ключевые слова: языки программирования; методы исследований; алгоритмы; анализ генетических данных; транскриптом; метод интеллектуального анализа данных; метод машинного обучения.

С развитием технологий высокопроизводительного секвенирования геномов и транскриптомов, появилась актуальная проблема оптимизации

обработки и анализа полученной информации. Разработка эффективных алгоритмов анализа данных транскриптомов и геномов представляется междисциплинарной задачей, требующей знаний объектно-ориентированного программирования, биоинформатики, биологической и технической терминологии. Современные информационные технологии позволяют переосмыслить фундаментальные понятия этики, медицины и биологии, созидавая на их пересечении знания, которые помогают формализовать информацию о природе человека в обрабатываемые для информатики данные.

В данной статье предлагается краткий обзор исследований, направленных на изучение биоинформационных ресурсов баз данных, программного обеспечения и вычислительных моделей для изучения обработки данных геномов и транскриптомов.

Отличительной особенностью современного этапа развития науки является интеграция достижений биологии, химии, медицины, информатики, программирования, машинного обучения, искусственного интеллекта.

В научной литературе, описывающей проблемы анализа генетических данных, используются медицинские, биологические, биоинформационные, IT и технические термины. В связи с этим у молодых исследователей возникают терминологические сложности как на количественном, так и на качественном уровне понимания. Термины используются в зависимости от предпочтений исследователя и того научного подхода, с позиции которого анализируется указанная проблема. Следовательно, ученые должны “держатъ руку на пульсе” современных изысканий и нововведений, знать математические методы компьютерного анализа в сравнительной геномике (геномная биоинформатика), разработку алгоритмов и программ для предсказания пространственной структуры белков (структурная биоинформатика) и исследование стратегий, соответствующих вычислительных методологий, а также общее управление информационной сложностью биологических систем.

Авторы [Спицина А.М., Брагин А.О., Дергилев А.И., Чадаева И.В., Твердохлеб Н.Н., Галиева Э.Р., Табиханова Л.Э., Орлов Ю.Л.] полагают, что «биоинформационный анализ молекулярных механизмов экспрессии генов помогает в решении задач естественных наук, биотехнологии и медицины. Анализ таких биоинформационных данных все больше входит в сферу суперкомпьютерных исследований. Методы секвенирования ДНК позволяют не только измерять уровни транскрипции генов (количество мРНК) в клетке, но и решать качественно новые научные проблемы исследования закономерностей взаимодействия генов, их согласованной работы в тканях организма, предоставляя все возрастающий объем транскриптомных

данных»⁴. Продолжающееся развитие современных технологий секвенирования позволило собрать большой объем экспериментальных транскриптомных данных, для обработки которых необходимы новые компьютерные решения. Требуется применение компьютерных методов и программ, позволяющих обрабатывать данные быстро и с высокой точностью, предоставлять удобный интерфейс решения пользователю-специалисту в области естественных наук. Исследователи «реализовали инструментарий для обработки данных микрочипов Affymetrix U133 и данных RNA-Seq на языке Python, включая алгоритмы оценок коэффициентов корреляции и фильтрации проб по качеству для проб платформы Affimetrix»⁵. Были включены опции визуализации данных (построение распределений коэффициентов корреляции, кластеризация и построение тепловых карт, визуализация сети). Для чистоты эксперимента анализ проводился на данных, уже отфильтрованных с помощью разработанной программы.

По мнению Кулаковой Е.В., Спициной А.М., Орловой Н.Г., Дергилева А.И., Свичкарева А.В., Сафроновой Н.С., Черных И.Г., Орлова Ю.Л., «суперкомпьютерные вычисления позволяют решать задачи исследования регуляции транскрипции генов на качественно новом уровне. Продолжающееся в последние годы стремительное развитие геномных технологий высокопроизводительного секвенирования ДНК, также называемое «секвенирование следующего поколения» (NGS, или Next Generation Sequencing), ведет к росту объемов доступных геномных данных. Особое внимание ученые уделяют рассмотрению задач анализа геномных данных секвенирования, полученных на основе технологий ChIP-seq, ChIA-PET и Hi-C. В результате работы вышеуказанных авторов был развит набор программ и утилит для обработки данных ChIP-seq; программы были написаны на языках Java, C+, Python; разработан текстовый и графический пользовательский интерфейс, где предусмотрена возможность автоматической загрузки референсного генома с базы данных UCSC Genome Browser и возможность загружать данные любого геномного формата (bed-файлы, координаты, участки последовательностей)»⁶.

⁴ Спицина А.М., Брагин А.О., Дергилев А.И., Чадаева И.В., Твердохлеб Н.Н., Галиева Э.Р., Табиханова Л.Э., Орлов Ю.Л. Компьютерные средства анализа транскриптомных данных: программный комплекс ExpGene // Программные системы: теория и приложения. № 2 (29), Т.8. Новосибирск: НГУ, 2017. С. 45-68.

⁵ Там же.

⁶ Кулакова Е.В., Спицина А.М., Орлова Н.Г., Дергилев А.И., Свичкарев А.В., Сафронова Н.С., Черных И.Г., Орлов Ю.Л. Программы анализа геномных данных секвенирования, полученных на основе технологий ChIP-seq, ChIA-PET и Hi-C // Программные системы: теория и приложения. № 2 (25), Т.6. Новосибирск: НГУ, 2015. С. 129-148.

Считается, что исследование структуры и динамики транскриптома, лежащих в основе формирования второго уровня фенотипа – протеома клеток, тканей и т.д., является задачей транскриптомики.

Задачи функциональной геномики, перекрывающиеся с задачами транскриптомики, заключаются в выявлении и исследовании условий для формирования характерной для клеток определенных типов структуры транскриптома, предопределенной генетическими программами развития, т.е. зашифрованными в геноме сигналами. Применение методов биоинформатики на уровне анализа транскриптома, а именно при исследовании структуры транскриптов и их дифференциального временного и пространственного распределения в клетках и организмах, позволяет реконструировать коды, заключенные в геноме (кооперация с геномикой); выявлять информацию в виде сигналов и кодов, необходимую для формирования протеома (кооперация с протеомикой). Соответственно, подсистема «Компьютерная транскриптомика» является аналитическим инструментом для исследования «качественных и количественных характеристик экспрессии генов и реконструкции ген-генных взаимодействий при формировании биомедицински и биотехнологически значимых фенотипических признаков эукариотических и прокариотических организмов. Подсистема «Компьютерная Транскриптомика» представляет собой информационно-программный комплекс, предназначенный для проведения анализа профилей экспрессии генов с целью их кластеризации и классификации, выявления групп коэкспрессирующихся генов в результате решения задач:

- 1) проводить предварительную математическую обработку файлов с данными ДНК биочип-экспериментов, их фильтрацию и статистический анализ;
- 2) накапливать и визуализировать профили транскрипционной экспрессии генов;
- 3) выявлять дифференциально экспрессирующиеся гены,
- 4) проводить кластеризацию и классификацию профилей экспрессии генов;
- 5) выявлять гены с коррелирующей экспрессией,
- 6) сохранять списки выявленных групп генов в базе знаний;
- 7) предоставлять интерфейс для запрашивания, доставки и просмотра данных по профилям экспрессии генов»⁷.

⁷ Подсистема «Компьютерная Транскриптомика»: анализ профилей экспрессии генов // Transcriptomics.pdf [Электронный ресурс]. 2,5 МБ. URL: <https://samurai.bionet.nsc.ru/pages/help/transcriptomics.pdf>

Данная подсистема рассчитана на пользователей с различной подготовкой в области анализа биочиповых данных. «Начинающие пользователи могут просматривать результаты анализа имеющихся в БЗ-ПГЭ данных по заранее заготовленным сценариям карт, графиков и таблиц. Пользователи с некоторым опытом анализа биочиповых данных могут помещать свои таблицы в хранилище данных, обрабатывать их по имеющимся сценариям, менять некоторые параметры в сценариях и скачивать через Интернет результаты обработки в виде текстовых файлов и рисунков на свой локальный компьютер»⁸.

Сфера анализа данных стремительно развивается, разрабатываются новые методы хранения, передачи и обработки биомедицинских (транскриптомных) данных, многие из которых успешно интегрируются в медицинских учреждениях по всему миру, позволяя сократить затраты, лучше понять причины заболеваний, значительно улучшить процесс принятия решений и точность прогнозирования.

Появление новых высокопроизводительных экспериментальных технологий в молекулярной биологии привело к информационному взрыву и накоплению гигантского объема экспериментальных данных, для анализа которых широко используются методы биоинформатики, системной компьютерной биологии, искусственного интеллекта и машинного обучения.

Таким образом, в ходе анализа теоретического и экспериментального материала по проблеме обработки данных геномов и транскриптомов мы пришли к выводу, что имеющиеся сегодня базы данных секвенированных геномов все активнее используются для вынесения экспертных заключений, что способствует не только прогрессу в анализе профилей экспрессии генов с целью их кластеризации и классификации, но и генерации новых идей для проведения мероприятий по транскрипционной экспрессии генов.

Работа выполнена в рамках исследований, при поддержке гранта РФФ 22-19-00471

Библиографический список

Брагин А.О., Табанюхов К.А., Чадаева И.В., Цуканов А.В., Бабенко Р.О. Медведева И.В. Богомоллов А.Г. Бабенко В.Н., Орлов Ю.Л. Программы статистической обработки, кластеризации и визуализации распределения сайтов связывания транскрипционных факторов в геноме // Вестник

⁸ Там же.

Новосибирского государственного университета. Серия: Информационные технологии. № 3, Т.16. Новосибирск: НГУ, 2018. С.7-21.

Гайнуллина А.Н., Сухов В.Д., Шалыто А.А., Сергушичев А.А. Применение метода независимых компонент для определения начального приближения при поиске активных модулей в биологических графах // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. № 6, Т.20. Санкт-Петербург, ИТМО, 2020. С.888-892.

Гринев В.В., Яцков Н.Н., Скакун В.В. Интеллектуальный анализ больших транскриптомных данных [Электронный ресурс]. Минск: Белорусский государственный университет, 2022. URL:

<https://elib.bsu.by/bitstream/123456789/280096/1/261-264.pdf>

Ковалев С.С., Леберфарб Е.Ю., Губанова Н.В., Брагин А.О., Галиева А.Г., Цуканов А.В., Бабенко В.Н., Орлов Ю.Л. Компьютерный анализ альтернативного сплайсинга генов в культурах клеток глиом по данным RNA-seq // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Информационные технологии. № 3, Т.16. Новосибирск: НГУ, 2018. С.22-36.

Кулакова Е.В., Спицина А.М., Орлова Н.Г., Дергилев А.И., Свичкарев А.В., Сафронова Н.С., Черных И.Г., Орлов Ю.Л. Программы анализа геномных данных секвенирования, полученных на основе технологий ChIP-seq, ChIA-PET и Hi-C // Программные системы: теория и приложения. № 2 (25), Т.6. Новосибирск: НГУ, 2015. С. 129-148.

Подсистема «Компьютерная Транскриптомика»: анализ профилей экспрессии генов // Transcriptomics.pdf [Электронный ресурс]. 2,5 МБ. URL: <https://samurai.bionet.nsc.ru/pages/help/transcriptomics.pdf>

Спицина А.М., Брагин А.О., Дергилев А.И., Чадаева И.В., Твердохлеб Н.Н., Галиева Э.Р., Табиханова Л.Э., Орлов Ю.Л. Компьютерные средства анализа транскриптомных данных: программный комплекс ExpGene // Программные системы: теория и приложения. № 2 (29), Т.8. Новосибирск: НГУ, 2017. С. 45-68.

© Ефименко В.В., 2023

Д.С. ЯСТРЕБОВ, Ф.М. ЗАЙНЕТДИНОВ, Р.Д. ШАЯХМЕТОВ

derectwib@gmail.com

Науч. руковод. – канд. техн. наук, ст. препод. каф. ВМиК, **Б.С. ЮДИНЦЕВ**

Уфимский университет науки и технологий

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ОБЛАСТИ РАСПОЗНАВАНИЯ РЕНТГЕНОВСКИХ, КТ И МРТ СНИМКОВ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Аннотация: статья посвящена анализу проблемы распознавания рентгеновских, КТ и МРТ снимков органов дыхания, а также актуальности рассматриваемой тематики и современного состояния проблемы. Собраны и структурированы научные работы, посвященные затрагиваемой проблеме, в ходе анализа которых были отмечены аспекты решаемой проблемы в виде решаемых задач, подходов, моделей и методов, используемых информационных технологий, инструментальных средств и программных решений проблемы.

Ключевые слова: машинное обучение; нейронные сети; обработка медицинских изображений.

Введение

Современные методы медицинского изображения, такие как рентгенография, компьютерная томография (КТ) и магнитно-резонансная томография (МРТ), предоставляют высококачественные изображения внутренних структур дыхательных органов. Однако анализ и интерпретация этих изображений требуют значительных усилий и экспертных навыков со стороны врачей. Здесь на помощь приходит машинное обучение, которое позволяет автоматизировать процесс анализа и сделать его более точным и эффективным.

Последние достижения в области машинного обучения, особенно в глубоком обучении, позволяют компьютерам самостоятельно находить, описывать и классифицировать различные паттерны и особенности на медицинских изображениях. Это стало возможным благодаря тому, что компьютеры могут извлекать информацию из изображений, не требуя предварительной настройки на определенные характеристики снимков. Глубокое обучение становится очень популярным методом, который

значительно улучшает работу во многих медицинских приложениях и помогает врачам более эффективно выявлять и классифицировать различные медицинские состояния.

Согласно заключениям третьего издания форума международных респираторных обществ “The Global Impact of Respiratory Disease” от 2021 года около 200 млн. человек, что составляет 4% населения планеты, страдают от хронической обструктивной болезни легких (ХОБЛ), и каждый год 3,2 миллиона человек умирают от нее, что делает ее третьей ведущей причиной смерти в мире. Астма – это самое распространенное, в числе хронических, заболевание среди детей, и, кроме того, более 350 млн. человек со всего мира сталкиваются с этой проблемой. Основная причина смертей среди детей младше 5 лет и взрослых старше 65 лет – это пневмония. Каждый год она уносит жизни более 2,4 млн. человек. С каждым годом больных туберкулезом становится на более, чем 10 млн. человек больше, а 1,4 млн. умирают от него, делая туберкулез самым распространенным смертельным инфекционным заболеванием после пандемии COVID-19. Такие неинфекционные заболевания, как сердечно-сосудистые заболевания, рак, диабет и хронические заболевания легких, вместе составляют почти 70% всех смертей в мире.

Раннее обнаружение играет ключевую роль в повышении шансов на выздоровление и улучшении долгосрочной выживаемости.

Важно отметить, что автоматизация процесса не может полностью заменить врача, однако призвана помочь специалисту обратить внимание на те изображения, на которых с большой вероятностью есть патология.

Все это подчеркивает важность распознавания рентгеновских снимков и компьютерной и магнитно-резонансной томографии органов дыхания с применением методов машинного обучения.

Современное состояние исследований

В статье [2] рассмотрен опыт создания модели гибридного глубокого обучения для выявления заболеваний легких под названием VGG Data STN with CNN (VDSNet). Для этой модели были применены несколько методов, включая VGG (нейронную сеть), аугментацию данных и сеть пространственных трансформаторов (STN), в сочетании с сверточной нейронной сетью (CNN). Исследование проводилось на наборе данных рентгеновских изображений грудной клетки.

VDSNet продемонстрировал высокую эффективность при диагностике заболеваний легких. Например, для полного набора данных модель достигла точности валидации на уровне 73%, что превосходит другие методы, такие как VGG и модифицированная капсульная сеть. Даже при использовании сокращенного набора данных, VDSNet показал значительно более низкое время обучения, при незначительном снижении точности валидации.

В статье [3] было разработано программный инструмент для анализа цифровых патологических изображений аденокарциномы легкого с помощью сверточной нейронной сети. Общая точность классификации составила 92,9% на обучающей выборке и 90,1% на независимой тестовой выборке. Пайплайн может преобразовать изображение патологического среза в "пространственную карту" опухоли. На основе этой карты извлекаются характеристики, которые могут быть использованы для прогнозирования прогноза заболевания. Модель прогноза была валидирована на двух независимых когортах пациентов и показала независимое прогностическое значение. Главной особенностью данной работы является создание автоматизированного пайплайн, содержащий алгоритмы сегментации изображений, глубокого обучения и извлечения признаков для облегчения практического применения.

Li Li. и др. [4] разработали новый метод прогнозирования и диагностики респираторных заболеваний путем сочетания методов сверточной нейронной сети и двунаправленной долгосрочной кратковременной памяти на основе медицинских карт стационарных пациентов респираторного отделения, в том числе: основные жалобы, анамнез настоящего заболевания, а также компьютерная томография органов грудной клетки.

Статья [5] посвящена исследованию метода Transfer Learning, используемого для распознавания COVID-19 по рентгеновским снимкам. Решается задача классификации изображений по 3 меткам: здоров, пневмония, COVID-19. Статья посвящена созданию и обучению модели нейронной сети, а также последующему анализу результатов, для этого сначала были собраны и предварительно подготовлены необходимые данные.

По мнению авторов статьи [6], сверточные нейронные сети – наиболее перспективны при анализе изображений. В работе описывается модель, которая основывается на сверточной нейронной сети и используется для классификации патологий по рентгеновским снимкам органов грудной клетки. Разработанная авторами модель предоставляет возможность для определения таких патологических изменений, как ателектаз, пневмонию и эмфизему мягких тканей по рентгенограммам, а при использовании тестовых данных

результаты работы данной модели показали высокую точность распознавания патологий.

В статье [7] уделяется внимание сравнению двух принципиально разных подходов к задаче классификации рентгеновских снимков грудной клетки для диагностики пневмонии. Использование нейронных сетей – основа первого подхода, в основе второго же лежит понятие колмогоровской сложности, благодаря которой возможно определение расстояния между различными объектами, в том числе изображениями или снимками. Авторы работы описывают и первый, и второй подходы, а также основанные на них алгоритмы и программные реализации. Каждый подход имеет свои преимущества, описанные в статье. Отмечается, что первый подход имеет преимущества при использовании большого количества обучающих данных, в то время как второй подход может решить ту же самую задачу при небольшом числе классифицированных изображений. Богданов Н.А. и Печников А.А. на основе полученных результатов делают выводы о том, что разработка методов, которые будут сочетать в себе оба этих подхода для диагностики пневмонии, имеет хорошие перспективы.

Щетинин Е.Ю. в своей работе [8] предложил методологию, в основе которой лежат этапы стандартизации размеров рентгенограмм, а также классификация снимков при помощи таких глубоких сверточных нейронных сетей, как Xception, InceptionResNetV2, MobileNetV2, DenseNet121, ResNet50 и VGG16. При этом используемые нейронные сети были заранее обучены и настроены. В результате проведения экспериментов было выявлено, что модель VGG16 с тонкой настройкой параметров в классификации COVID-19 показала самую высокую эффективность.

Таблица 1

Анализ исследований в области применения методов машинного обучения для распознавания R, КТ и МРТ снимков органов дыхания

Публикация	Результаты	Технологии
CheXNet: Radiologist-Level Pneumonia Detection on Chest X-Rays with Deep Learning [9]	CheXNet превосходит средние показатели радиологов по метрике F1. Обнаружение всех 14	121-слойная сверточная сеть, обученная на ChestX-ray14

	заболеваний в ChestX-ray14.	
Deep-Pneumonia Framework Using Deep Learning Models Based on Chest X-Ray Images [10]	Предложенный фреймворк глубокого обучения улучшает показатели точности, прецизионности, F1-score, recall и Area Under the Curve (AUC) на 99,22%, 99,43%, 99,44%, 99,44% и 99,77% соответственно	CNN и LSTM-CNN с Transfer Learning и расширением данных
Сверточная нейронная сеть для распознавания рака легких на медицинских снимках [11]	Точность модели достаточно высока и составляет 85,3%, а также повышается из-за эффективной архитектуры и сегментации сети U-Net. Почти все пациенты были классифицированы правильно.	3D сверточная нейронная сеть U-Net, сегментация Watershed
Алгоритм обнаружения образований в легких человека на снимках компьютерного томографа с использованием искусственной нейронной сети [12]	Проверка алгоритма на предоставленной базе снимков показала точность распознавания 94%. Полученные результаты позволили определить виды образований, которые вызывали	Метод получения вектора входных признаков искусственной нейронной сети

	наибольшие затруднения при классификации, а также способы устранения несовершенств.	
Transfer Learning with Deep Convolutional Neural Network (CNN) for Pneumonia Detection Using Chest X-ray [13]	Точность классификации изображений нормальной и пневмонии, бактериальной и вирусной пневмонии, а также нормальной, бактериальной и вирусной пневмонии составила 98%, 95% и 93,3%.	CNN с Transfer Learning и аугментацией данных. Обучение с моделей AlexNet, ResNet18, DenseNet201 и SqueezeNet.

Таким образом можно сделать вывод, что системы поддержки принятия врачебных решений на основе моделей машинного обучения активно разрабатываются и совершенствуются.

Заключение

Анализ современного состояния исследований в области распознавания рентгеновских, КТ и МРТ снимков органов дыхания показал, что в настоящее время распознавание аномалий на снимках с использованием методов анализа данных и машинного обучения – одна из важнейших задач обработки и анализа медицинских снимков. Обнаружение патологий на ранних стадиях развития является необходимой частью современной медицины.

Стоит отметить, что ответы моделей и готовых платформ на данном этапе не являются альтернативой заключению врача и применяются в исследовательских целях.

Работа выполнена в рамках исследований, при поддержке гранта РФФ 22-19-00471.

Библиографический список

1. Joshua R Astley, Jim M Wild, Bilal A Tahir. Deep learning in structural and functional lung image analysis // The British Journal of Radiology. – 2022. – v.

95(1132) URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9153705/> (дата обращения 04.10.2023).

2. Subrato Bharati. Hybrid deep learning for detecting lung diseases from X-ray images // Informatics in Medicine Unlocked. - 2022. - V. 20 URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352914820300290> (дата обращения 04.10.2023)

3. Shidan Wang, Tao Wang, Lin Yang, Donghan M. Yang, Junya Fujimoto, Faliu Yi, Xin Luo, Yikun Yang, Bo Yao, Shin Yi Lin, Cesar Moran, Neda Kalhor, Annikka Weissferdt, John Minna, Yang Xie, Ignacio I. Wistuba, Yousheng Mao, Guanghua Xiao. ConvPath: A software tool for lung adenocarcinoma digital pathological image analysis aided by a convolutional neural network // eBioMedicine: Part of THE LANCET Discovery Service. - 2019. - V. 50 - Pages 103-110 URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352396419307030> (дата обращения 04.10.2023)

4. Li Li, Alimu Ayiguli, Qiyun Luan, Boyi Yang, Yilamujiang Subinuer, Hui Gong, Abudureherman Zulipikaer, Jingran Xu, Xuemei Zhong, Jiangtao Ren, Xiaoguang Zou. Prediction and Diagnosis of Respiratory Disease by Combining Convolutional Neural Network and Bi-directional Long Short-Term Memory Methods // Front Public Health. - 2022. - V. 10. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpubh.2022.881234/full> (Дата обращения 04.10.2023)

5. Зубаиров В.А., Захарова Д.В., Смирнова П.С. Использование Transfer Learning в распознавании COVID-19 на рентгеновских снимках // Тенденции развития науки и образования. – 2021. – № 73-1. – С. 48-44.

6. Александрович В.Ю., Грязнов А.Ю., Камышанская И.Г. [и др.] Распознавание патологий легких на рентгеновских снимках грудной клетки при помощи сверточных нейронных сетей // Физические основы приборостроения. – 2021. – Т. 10, № 4(42). – С. 37-41.

7. Печников А.А., Богданов Н.А. Два подхода к распознаванию пневмонии по рентгеновским снимкам: описание, реализация и сравнение // Управление большими системами: сборник трудов. – 2022. – № 99. – С. 114-134.

8. Щетинин Е.Ю. Обнаружение коронавирусной инфекции COVID-19 на основе анализа рентгеновских снимков грудной клетки методами глубокого обучения // Компьютерная оптика. – 2022. – Т. 46, № 6. – С. 963-970.

9. Pranav Rajpurkar, Jeremy Irvin, Kaylie Zhu, Brandon Yang, Hershel Mehta, Tony Duan, Daisy Ding, Aarti Bagul, Curtis Langlotz, Katie Shpanskaya, Matthew P. Lungren, Andrew Y. Ng. CheXNet: Radiologist-Level Pneumonia

Detection on Chest X-Rays with Deep Learning // Cornell University: arXiv. - 2017. - V3. URL: <https://arxiv.org/abs/1711.05225> (дата обращения 15.10.2023)

10. Nada M Elshennawy, Dina M Ibrahim. Deep-Pneumonia Framework Using Deep Learning Models Based on Chest X-Ray Images // Diagnostics. - 2020 - 10:649. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32872384/> (дата обращения 14.10.2023)

11. Андреев В.В., Минаев Н.Ю. Сверточная нейронная сеть для распознавания рака легких на медицинских снимках // Colloquium-Journal. – 2019. – № 13-3(37). – С. 173-175.

12. Максимова Е.И., Хаустов П.А. Алгоритм обнаружения образований в легких человека на снимках компьютерного томографа с использованием искусственной нейронной сети // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 4-2. – С. 290-294.

13. Rahman T., Chowdhury M.E.H., Khandakar A., Islam K.R., Islam K.F., Mahbub Z.B., Kadir M.A., Kashem S. Transfer Learning with Deep Convolutional Neural Network (CNN) for Pneumonia Detection Using Chest X-ray // MDPI: Computing and Artificial Intelligence. - 2020. - 10(9) URL: <https://www.mdpi.com/2076-3417/10/9/3233> (дата обращения 14.10.2023)

© Ястребов Д.С., Зайнетдинов Ф.М., Шаяхметов Р.Д., 2023

УДК 004.89

Ф.М. ЗАЙНЕТДИНОВ, Д.С. ЯСТРЕБОВ, Р.Д. ШАЯХМЕТОВ

zainetdinov102@mail.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доцент **Р.В. НАСЫРОВ**

Уфимский университет науки и технологий

АНАЛИЗ ГЕНОМНЫХ БРАУЗЕРОВ ДЛЯ ИНТЕГРАЦИИ С БИОИНФОРМАЦИОННЫМИ ИНСТРУМЕНТАМИ

Аннотация: в данной статье проводится анализ возможности интеграции инструментов в геномные браузеры. В настоящее время исследователи сталкиваемся с большими объемами генетической информации, и чтобы полностью понять ее значение и взаимосвязи, необходимо объединить усилия различных инструментов. Помимо этого, геномные браузеры имеют большое значение в образовательной области.

Ключевые слова: геномный браузер, биоинформатика, биоинформационные инструменты, белки, гены, нуклеотиды.

Введение

Расшифровка нуклеотидных последовательностей геномов организмов в конце XX века открыла новую эру в генетике. Исследователи получили возможность взглянуть на последовательность букв, так называемых «пар оснований» или «нуклеотидных пар». Прочтение данных последовательностей, основанное на мировых достижениях науки и техники современности можно сравнить с расшифровкой древних письменностей. Значение данного языка, а также правила и грамматика этого языка до сих пор остаются не ясны в полной мере. [1]

В данной статье рассматриваются библиотеки для интеграция геномных браузеров с другими биоинформационными инструментами и базами данных для более полного анализа генетических данных. [2] Геномные браузеры предоставляют уникальные возможности для визуализации и анализа генетических данных с высокой детализацией, но их интеграция с другими биоинформационными ресурсами может значительно расширить наши возможности.

В статье проведен обзор существующих геномных браузеров, выявлены их преимущества и недостатки, и на основе анализа выбраны наиболее эффективные.

С точки зрения создания комплексной системы, способной объединять разнообразные данные и инструменты для глубокого анализа генетических процессов, и их связи с фенотипическими проявлениями, необходимо рассмотреть следующие задачи:

1. Состояние исследования
2. Анализ браузеров
3. Анализ функциональных возможностей
4. Рассмотрение инструментов, которые можно интегрировать в браузер

Современное состояние исследования в области разработки геномных браузеров

Вопрос эффективности геномных браузеров становился предметом изучения в статье «Браузер для генома» [1]. В работе был представлен геномный браузер с названием "GBrowse".

GBrowse - это программное обеспечение, разработанное для выполнения на веб-сервере с использованием языка программирования Perl и его

расширения BioPerl. Одной из ключевых особенностей GBrowse является доступность для пользователей без необходимости знания программирования.

Существует четыре основных способа работы с программой GBrowse:

-Использование на сервере разработчиков: Этот способ является наиболее простым и подходит для начинающих пользователей. Пользователи могут воспользоваться GBrowse, используя сервер разработчиков по адресу webgbrowse.cgb.indiana.edu.

-Локальная установка: Второй способ предполагает установку всего программного обеспечения, эмулирующего веб-сервер и браузер, на собственный компьютер. Это обеспечивает автономную работу и не зависит от подключения к сети. Процесс установки относительно прост и включает в себя установку виртуальной машины и самого браузера.

-Установка на собственный веб-сервер: Третий способ требует опыта в администрировании серверов и баз данных, а также их настройке. Это более сложный путь, который обеспечивает большую гибкость и контроль.

-Интеграция в собственный интерфейс: Четвертый способ включает в себя предыдущий, но также позволяет интегрировать браузер GBrowse в собственный пользовательский интерфейс и настраивать его под конкретные задачи.

В другой статье «G-OnRamp: Создание геномных браузеров для облегчения совместной аннотации генома студентами» выделены браузеры UCSC Genome Browser и JBrowse. [3]

Ученые все чаще секвенируют новые геномы с целью связать содержимое генома с фенотипическими признаками. После секвенирования и сборки нового генома, аннотация структурных генов становится первым этапом в анализе. Несмотря на успехи в вычислительных алгоритмах для предсказания генов, большинство эукариотических геномов до сих пор требуют ручной аннотации.

Для облегчения этого процесса была разработана веб-платформа G-OnRamp, созданная в партнерстве между Образовательным партнерством по геномике (GEP) и проектом Galaxy. G-OnRamp позволяет создавать браузеры генома на основе UCSC Genome Browser и JBrowse. Эти браузеры могут быть переданы в хранилище данных CyVerse для долгосрочного доступа.

Анализ функциональных возможностей выбранных геномных браузеров

При выборе геномного браузера с точки зрения разработки рассматривается простота интеграции. После исследования семи браузеров выявлено два (табл.1), которые эффективнее с точки зрения функциональных возможностей подходят для работы.

Следующим не менее важным свойством геномного браузера является поддержка библиотеки. Многие браузеры прекратили поддерживать, поэтому интерфейс и данные, которые они отображают могут стать неактуальными. Выделены три браузера, которые поддерживаются по сей день, поэтому за актуальность данных в них не стоит волноваться. Один из браузеров потерял поддержку в 2015 году, но простота интерфейса, возможности и простота интеграции делают этот браузер подходящим.

Основные функции, которые имеют браузеры:

- просмотр отдельных нуклеотидов
- просмотр экзон-интронной структуры генов
- работа с файлами
- просмотр спектра нуклеотидов
- просмотр кариотипа хромосом

Таблица 1 Геномные браузеры

Библиотека	Поддержка	Работа с файлами	Просмотр отдельных нуклеотидов	Просмотр спектра нуклеотидов	Просмотр экзон-интронной структуры генов	Просмотр кариотипа хромосом	простота интеграции
genome-browser[4]	22 ноября 2021	-	+	+	-	-	-
Genovese [5]	22 августа 2022 года	-	+	+	+	+	-
pileup [6]	7 марта 2021	-	+	+	+	-	-
jbrowse [7]	по сей день	+	+	+	+	+	+-
gosling [8]	по сей день	+	-	+	+	+	+-
biodalliance [9]	3 февраля 2015 года	+	+	+	+	-	+
igv [10]	по сей день	-	+	+	+	+	+

В результате анализа выбрано два браузера генов для интеграции:

- IGV
- JBrowse

Средство просмотра Integrative Genomics Viewer (IGV) – это высокопроизводительное средство просмотра, которое эффективно обрабатывает большие разнородные наборы данных, обеспечивая при этом плавный и интуитивно понятный пользовательский интерфейс на всех уровнях разрешения генома. Ключевой характеристикой IGV является его сосредоточенность на интегративном характере геномных исследований с поддержкой как данных секвенирования на основе массивов, так и данных секвенирования следующего поколения, а также интеграции клинических и фенотипических данных.

IGV часто используется для просмотра геномных данных из общедоступных источников, его основной упор делается на поддержку исследователей, которые хотят визуализировать и исследовать свои собственные наборы данных или наборы данных от коллег. С этой целью IGV поддерживает гибкую загрузку локальных и удаленных наборов данных и оптимизирован для обеспечения высокопроизводительной визуализации и исследования данных на стандартных настольных системах. IGV находится в свободном доступе для скачивания под лицензией GNU LGPL с открытым исходным кодом.

Чтобы создать браузер *igv.js*, нужно передать в функцию контейнер `div` и начальную конфигурацию, определяющую эталонный геном, начальные треки и другое состояние `igv.createBrowser(div, config)`.

Эта функция возвращает обещание для объекта `igv.Browser`, который можно использовать для управления браузером.

JBrowse 2 поддерживает создание новых «типов представлений», которые могут отображаться вместе с другими представлениями в приложении. Важно отметить, что они могут быть добавлены сторонними плагинами.

Типы представлений, доступные по умолчанию в JBrowse 2 web, включают:

- Круговой вид – используется для отображения всего геномного обзора хромосомных транслокаций. <BND>Элементы разрыва и типа VCF <TRA>могут отображаться в виде дуг поперек вида;
- Представление с разделением по точкам останова показывает связь между длинными расщепленными выравниваниями или парными считываниями концов на нескольких хромосомах с использованием сложных линейных представлений генома;

- Точечный вид - масштабируемое сравнение выравниваний всего генома или наборов данных синтении;
- Линейное синтеническое представление – еще один вариант исследования синтетических выравниваний с использованием сложных линейных представлений генома.
- Табличное представление – открытие форматов, таких как BED, VCF, CSV, TSV, или даже специальные форматы, такие как STAR-fusion, в табличном представлении.

Анализ интегративных возможностей геномных браузеров

Браузеры геномов предоставляют интегративные возможности для анализа и визуализации геномных данных. Вот некоторые из них:

- Аннотация геномов
- Сравнение геномов
- Анализ мутаций
- Поиск по геномам
- Интеграция с базами данных
- Метаданные и анализы
- Пользовательские аннотации
- Визуализация белков

Аннотация геномов и визуализация белков - это две наиболее важных функций при работе с браузерами геномов, что играет ключевую роль в анализе и понимании геномных данных.

Аннотация геномов:

- Идентификация генов и функциональных элементов: Аннотация геномов позволяет идентифицировать гены, экзоны, интроны и другие функциональные элементы
- Регуляторные элементы: Аннотация также включает регуляторные элементы, такие как промоторы и участки связывания транскрипционных факторов. Это позволяет исследователям понять, как регулируются гены, и какие молекулярные механизмы контролируют их активность.
- Исследование мутаций: Аннотация позволяет анализировать мутации в геноме и определять их потенциальное воздействие на функцию генов. Это важно для исследования генетических заболеваний и идентификации потенциальных терапевтических целей.

Визуализация белков:

- Связь между генами и белками: Визуализация белков позволяет увидеть, какие белки синтезируются из конкретных генов. Это помогает ученым понять, как генетическая информация транслируется в функциональные продукты - белки.
- Изучение структуры белков: Знание о структуре белков является ключевым для понимания их функции. Визуализация структуры белков позволяет анализировать их активные участки и молекулярные взаимодействия, что имеет значение для дизайна лекарств и биомедицинских исследований.
- Сравнение белков: Визуализация белков также позволяет сравнивать белки между разными организмами, что полезно для исследования эволюции и функциональных различий.

Заключение

В данной статье рассмотрены функции и интегративные возможности геномных браузеров.

Всего рассмотрено семь геномных браузеров и выбрано из них два наиболее многофункциональных. Далее были исследованы различные варианты интеграции функций, которые необходимы при работе исследователям. Из множества возможностей усовершенствования браузеров выделены аннотация геномов и визуализация белков.

Библиографический список

1. Симонов С.А., Макунин А.И., Stephen J. O'Brien Браузер для генома // Компьютерные инструменты в образовании. - 2013. - С. 53.
2. Казаков С.В., Шалыто А.А. Анализ геномных и метагеномных данных в образовательных целях // Компьютерные инструменты в образовании. – №3. - С. 5-15
3. Люк Сарджент, Ятин Лю, Уилсон Лунг, Натан Т. Мортимер, Дэвид Лопатто, Джереми Гекс, Сара Ч.Р. Элгин [Электронный ресурс]. - URL: <https://journals.plos.org/ploscompbiol/article?id=10.1371/journal.pcbi.1007863> (Дата обращения: 05.04.2023).
4. Genome Browser User Guide // Genome Browser URL: <https://genome.ucsc.edu/goldenPath/help/hgTracksHelp.html> (дата обращения: 03.02.2023).
5. API overview // rnacentral URL: <https://rnacentral.org/api> (дата обращения: 03.02.2023).

6. All Articles // biorxiv URL: <https://www.biorxiv.org/content/early/recent> (дата обращения: 03.02.2023).
7. Introduction // JBrowse URL: <https://jbrowse.org/jb2/docs/> (дата обращения: 03.02.2023).
8. Theme // gosling URL: <http://gosling-lang.org/themes/> (дата обращения: 03.02.2023).
9. Getting started // biodalliance URL: <http://www.biodalliance.org/started.html> (дата обращения: 03.02.2023).
10. IGV User Guide // Integrative Genomics Viewer URL: <https://software.broadinstitute.org/software/igv/UserGuide> (дата обращения: 03.02.2023).

© Ястребов Д. С., Зайнетдинов Ф.М., Шаяхметов Р.Д., 2023

УДК 004.8

Е.В. Шапурко, В.С. Прищепо

katyasha-2011@mail.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доцент. **А.Р. Ишкулова**

Филиал Уфимского университета науки и технологий в г. Кумертау

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И ОБЛАСТЕЙ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ

Аннотация: в данной статье рассмотрены основные законы и технологические принципы искусственного интеллекта. Подробно рассмотрены такие технологические принципы как машинное обучение, глубокое обучение, когнитивные вычисления, компьютерное зрение, синтезирования речь. Проведен анализ областей применения искусственного интеллекта.

Ключевые слова: искусственный интеллект, машинное обучение, глубокое обучение, когнитивные вычисления, компьютерное зрение, синтезирования речь.

С каждым днем искусственный интеллект (ИИ) получает все большее развитие и способен выполнять задачи, которые невозможно решить с применением классического программирования и человек пока решает сам [1].

Основные задачи, которые возлагаются на искусственного интеллекта, заключаются в помощи человеку, расширении его человеческих возможностей. Искусственный интеллект имитировать поведение и мышление человека, а главное умеет обучаться самостоятельно, что позволяет переложить на него выполнение некоторых задач человека.

Зачастую ИИ представляется в образе человекоподобных роботов, которые вот-вот «захватят мир», но на самом деле искусственный интеллект не такой страшный и не такой «умный», пока что.

Развитие искусственного интеллекта невозможно без технологических принципов, которые были сформулированные еще в 1942 году Айзек Азимов в своём романе «Хоровод» Данные этическими законами робототехники актуальны и по сей день [1].

Этических законов робототехники положили основу для разработки технологических принципов искусственного интеллекта, к которым относятся [2]:

- машинное обучение (МО),
- глубокое обучение,
- когнитивные вычисления,
- компьютерное зрение,
- синтезирования речь.

Машинное обучение является одним из ключевых компонентов искусственного интеллекта (ИИ), который позволяет компьютерам автоматически обучаться и адаптироваться к новым данным. В этой статье мы рассмотрим различные методы и алгоритмы машинного обучения, используемые в ИИ.

Обучение с учителем - это метод машинного обучения, при котором для обучения модели используются размеченные данные. К этому типу обучения относятся такие алгоритмы, как линейная регрессия, логистическая регрессия и дерево решений.

Линейная регрессия используется для предсказания числовых значений, а логистическая регрессия - для предсказания категориальных значений. Дерево решений представляет собой иерархическую структуру, которая разбивает данные на более мелкие подмножества.

Обучение без учителя - это метод, при котором модель обучается на немаркированных данных. Алгоритмы этого типа включают кластеризацию К-средних, иерархическую кластеризацию и самоорганизующиеся карты Кохонена.

Кластеризация К-средних разделяет данные на К кластеров, иерархическая кластеризация создает древовидную структуру кластеров, а

самоорганизующиеся карты Кохонена преобразуют входные данные в двухмерную карту.

Глубокое обучение - это подвид машинного обучения, в котором используются глубокие нейронные сети для обработки данных. Этот метод позволяет моделировать сложные функции и находить закономерности в больших объемах данных. Примеры алгоритмов глубокого обучения включают сверточные нейронные сети, рекуррентные нейронные сети и автоэнкодеры.

Сверточные нейронные сети используются для обработки изображений и видео, рекуррентные нейронные сети - для обработки последовательностей данных, а автоэнкодеры - для сжатия и восстановления данных.

Когнитивные вычисления – это область искусственного интеллекта, которая занимается моделированием человеческого мышления и принятия решений. В основе когнитивных вычислений лежат понятия когнитивной психологии и нейронауки, которые изучают процессы восприятия, внимания, памяти, решения задач и принятия решений у людей.

Когнитивные вычисления основаны на следующих принципах:

– Моделирование когнитивных процессов: Когнитивные вычисления используют моделирование для имитации когнитивных процессов, таких как восприятие, внимание, память, мышление и принятие решений.

– Обработка естественного языка (NLP): Когнитивные вычисления позволяют компьютерам понимать и обрабатывать естественный язык, что позволяет им общаться с людьми на естественном языке.

– Обучение с подкреплением: Когнитивные вычисления также используют обучение с подкреплением, которое позволяет компьютерам учиться и адаптироваться к изменяющимся условиям.

Компьютерное зрение — это область искусственного интеллекта и робототехники, которая занимается разработкой алгоритмов и систем, способных обрабатывать и анализировать изображения и видео.

Компьютерное зрение использует различные методы обработки изображений, такие как сегментация, обнаружение объектов, распознавание образов и отслеживание.

Сегментация — это процесс разделения изображения на области, соответствующие различным объектам или категориям объектов.

Обнаружение объектов — это процесс нахождения на изображении определенных объектов, таких как люди, автомобили, здания и т.д.

Распознавание образов — это способность системы компьютерного зрения определять, какой объект находится на изображении, на основе его характеристик.

Отслеживание — это процесс отслеживания движения объектов на видео или последовательности изображений.

Синтезированная речь - процесс преобразования текста в человеческую речь с помощью компьютеров. Эта технология позволяет общаться с компьютерами на родном языке и открывает новые возможности в области робототехники и автономного управления.

Вышеописанные технологические принципы искусственного интеллекта, позволяют решать сложные, трудоемкие и рутинные задачи, при этом затрачивая на это существенно меньше времени, по сравнению с решением этих же задач человеком, что и позволяет ИИ проникать во все области деятельности человека, за счет изменения обычных программ на интеллектуальными.

На сегодняшний день искусственный интеллект получает все большее развитие и применение в таких областях деятельности как [1]:

1. Медицина: искусственный интеллект используются для анализа медицинских данных, диагностики заболеваний и разработки персонализированных методов лечения.

2. Финансы: интеллектуальные системы помогают анализировать финансовые рынки, прогнозировать цены на акции и валютные курсы, а также разрабатывать торговые стратегии.

3. Транспорт: интеллектуальные технологии помогают оптимизировать транспортные системы, прогнозировать загруженность дорог и улучшать навигацию.

4. Производство: искусственный интеллект позволяют оптимизировать производственные процессы, улучшать качество продукции и снижать затраты.

5. Образование: искусственный интеллект могут помочь в разработке персонализированных образовательных программ, которые учитывают индивидуальные особенности и потребности учащихся.

6. Безопасность: интеллектуальные системы могут использоваться для обнаружения угроз безопасности, таких как кибератаки и нарушения информационной безопасности.

7. Экология: искусственный интеллект могут быть использованы для анализа климатических изменений и разработки стратегий по снижению выбросов парниковых газов.

Не смотря на все «плюсов», искусственный интеллект имеет и «минусы», о которых не стоит забывать. К основные трудности относится следующее:

1. Обучение машин возможно только на основе массива данных. Это означает, что любые неточности в информации сильно сказываются на конечном результате.

2. Интеллектуальные системы ограничены конкретным видом деятельности. То есть умная система, настроенная на выявление мошенничества в сфере налогообложения, не сможет выявлять махинации в банковской сфере. Мы имеем дело с узкоспециализированными программами, которым ещё далеко до многозадачности человека.

3. Интеллектуальные машины не являются автономными. Для обеспечения их «жизнедеятельности» необходима целая команда специалистов, а также большие ресурсы.

Таким образом, на сегодняшний день искусственный интеллект получает активное развитие в различных отраслях деятельности человека, тем самым расширяя свои возможности. Помимо этого, использование технологий, основанных на ИИ, позволяют повысить эффективность и продуктивность решения задач, которые раньше выполнялись людьми. Кроме того, искусственный интеллект способен эффективно обрабатывать большие объемы данных, которые трудны для восприятия человека.

Библиографический список

1. Искусственный интеллект: выгодный бизнес или угроза человечеству / [Электронный ресурс] // Invict: [сайт]. – URL: <https://invict.info/lifehacks/iskusstvennyj-intellekt-vygodnyj-biznes-ili-ugroza-chelovechestvu> (дата обращения: 02.10.2023).

2. Что такое искусственный интеллект и как он работает? Применение и перспективы ИИ / [Электронный ресурс] // Майнинг Криптовалюты : [сайт]. — URL: <https://mining-cryptocurrency.ru/iskusstvennyj-intellekt-ai/> (дата обращения: 02.10.2023).

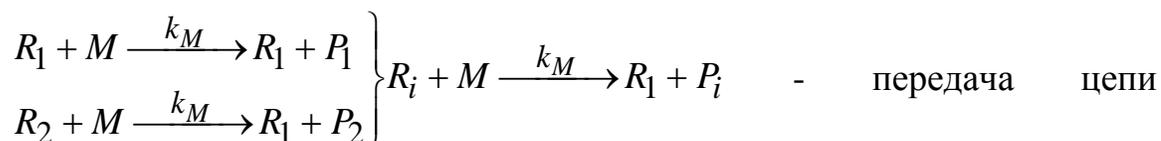
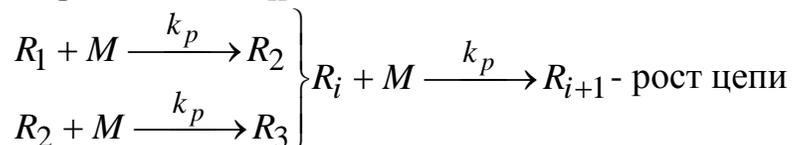
3. Назаренко А.В. Искусственный интеллект в образовании / Назаренко А.В. [Электронный ресурс] // Инфоурок : [сайт]. — URL: <https://infourok.ru/iskusstvennyj-intellekt-v-obrazovanii-proekt-uchenika-na-konferenciyu-6056316.html> (дата обращения: 03.10.2023).

© Шапурко Е.В., Прищепо В.С., 2023

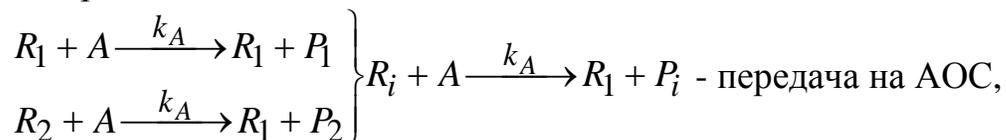
А.А. ПАСТЕРНАК*pasternakar@yandex.ru*Науч. руковод. – канд. физ.-мат. наук, доцент **Р.П. Абдрахманова***Уфимский университет науки и технологий*

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОДУЛЯ RUTHON ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ
ДИНАМИЧЕСКИ МЕНЯЮЩИХСЯ 3D СТРУКТУР ХИМИЧЕСКОГО
ПРОЦЕССА**

В рассмотрение вводится процесс полимеризации, проходящий в три элементарные стадии []:



на мономер



где R_i и P_i – соответственно активные и неактивные цепи полимера длиной i ; k_p , k_M , k_A – константы скоростей реакций роста цепи, передачи цепи на мономер и АОС соответственно; M – мономер; A – АОС.

Обращаясь к законам химической кинетики, выписываются скорости реакций и в виде системы, состоящей из бесконечного числа обыкновенных дифференциальных уравнений [4]:

$$\begin{aligned}
\frac{dM}{dt} &= -M \sum_{i=1}^{\infty} R_i (k_p + k_M) \\
\frac{dA}{dt} &= -Ak_A \sum_{i=1}^{\infty} R_i \\
\frac{dR_1}{dt} &= -k_p MR_1 + k_M M \sum_{i=2}^{\infty} R_i + k_A A \sum_{i=2}^{\infty} R_i \\
\frac{dR_i}{dt} &= k_p M (R_{i-1} - R_i) - k_M MR_i - k_A AR_i, \quad i \geq 2 \\
\frac{dP_i}{dt} &= k_M MR_i + k_A AR_i, \quad i \geq 1
\end{aligned} \tag{1.1a}$$

С начальными данными:

$$M^{(0)} = M(0), A^{(0)} = A(0), R_1^{(0)} = R_1(0), P_1^{(0)} = P_1(0), R_i^{(0)} = P_i(0) = 0, \quad i \geq 2 \tag{1.1b}$$

Система (1.1) содержит все дифференциальные уравнения для $i = \overline{1, i}$ при неограниченном росте длины цепи, так как любое уравнение, которое значит скорость изменения активной (R_i) и неактивной (P_i) цепочки полимера длиной i – звеньев считается рекурсивным.

За основу преобразования системы взято применение моментов молекулярно-массового распределения к таким же системам, имеющим вид как (1.1):

$$\begin{aligned}
\mu_k(t) &= \sum_{i=2}^{\infty} R_i(t) i^k \\
\lambda_k(t) &= \sum_{i=2}^{\infty} P_i(t) i^k
\end{aligned} \tag{1.2}$$

Где за μ_k приняты начальные моменты k -ого порядка для активных цепей полимера, а λ_k – моменты k -ого порядка для неактивных цепей полимера. Отношения моментов от 0 до 2 позволяют находить средние молекулярные массы образующегося полимерного продукта, в связи с чем молекулярно-массовое распределение обычно характеризуют именно этими моментами, получаем:

$$\begin{aligned}
M_N &= m_0 \frac{\mu_1 + \lambda_1}{\mu_0 + \lambda_0} \\
M_W &= m_0 \frac{\mu_2 + \lambda_2}{\mu_1 + \lambda_1}
\end{aligned} \tag{1.3}$$

где m_0 – молекулярная масса мономерного звена.

Так, используя метод моментов, получают систему дифференциальных уравнений (1.1) в конечном виде:

$$\begin{aligned}
 \frac{dM}{dt} &= -M(R_1 + \mu_0)(k_p + k_M) \\
 \frac{dA}{dt} &= -Ak_A(R_1 + \mu_0) \\
 \frac{dR_1}{dt} &= -k_pMR_1 + k_MM\mu_0 + k_AA\mu_0 \\
 \frac{dP_1}{dt} &= k_MM R_1 + k_AA R_1 \\
 \frac{d\mu_0}{dt} &= k_pMR_1 - k_MM\mu_0 - k_AA\mu_0 \\
 \frac{d\lambda_0}{dt} &= k_MM\mu_0 + k_AA\mu_0 \\
 \frac{d\mu_1}{dt} &= 2k_pMR_1 + k_pM\mu_0 - (k_MM + k_AA)\mu_1 \\
 \frac{d\lambda_1}{dt} &= (k_MM + k_AA)\mu_1 \\
 \frac{d\mu_2}{dt} &= 4k_pMR_1 + k_pM\mu_0 + 2k_pM\mu_1 - (k_MM + k_AA)\mu_2 \\
 \frac{d\lambda_2}{dt} &= (k_MM + k_AA)\mu_2
 \end{aligned}
 \tag{1.4a}$$

Начальные данные для которой будут:

$$M^{(0)} = M(0), A^{(0)} = A(0), R_1^{(0)} = R_1(0), \lambda_k^{(0)} = \mu_k^{(0)} = 0, k = \bar{0}. \tag{1.4б}$$

Из системы (1.4) видно, что представлена система с конечным числом дифференциальных уравнений, часть из них являются составными. Нужно отметить, что метод моментов можно использовать для «сворачивания» систем любой размерности[5].

Таким образом, требуемые показатели химического процесса рассчитываются по формулам (1.3), именно они представляют собой временные ряды, которые необходимо согласовать с экспериментальными данными.

Таблица 3.1 – Экспериментальные данные по Mn

t, min	2	7	12	20	30	60
Mn	3300	6900	10900	12500	11400	10900

В результате решения системы (1.4) можно получить распределение Mn и Mw по времени, однако, поскольку система будет иметь однозначное решение лишь в случае задания полного набора констант (k_p , k_M , k_A), то

интересен разброс значений M_n по области изменения констант в различные времена.

Поскольку в работе [] был получен результат, позволяющий уменьшить размерность пространства констант с трех до двух, а именно $(k_p \cdot k_m, k_A)$, то стало интересным проследить за 3d поверхностями отклонения расчетов от эксперимента при задании области изменения всех трех констант.

Далее приведено описание модуля Python и вычислительный эксперимент с целью построения поверхностей отклонения расчетов от эксперимента для M_n .

Приведем алгоритм решения поставленной задачи.

1 этап. На первом этапе требовалось решить систему дифференциальных уравнений. На рисунке приведен код программы

Решение системы дифференциальных уравнений в среде Python на (рис. 1.1-1.4)

```

kp_values = np.linspace(15, 30, 31)
kpkm_values = np.linspace(0.15, 1, 86)
ka_values = np.linspace(0.5, 5, 16)

t_span = (0, 60)
t_eval = np.linspace(t_span[0], t_span[1], num=61)
results = []
Mn_values_list = []
for kp in kp_values:
    for kpkm in kpkm_values:
        km = kpkm/kp
        for ka in ka_values:
            y0 = [1.5, 0.03, 6.5e-4, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]
            sheet.cell(row=row, column=1, value=kp)
            sheet.cell(row=row, column=2, value=km)
            sheet.cell(row=row, column=3, value=kpkm)
            sheet.cell(row=row, column=4, value=ka)
            def f(t, y):
                return [
                    -y[0] * (y[2] + y[4]) * (kp + km),
                    -y[1] * ka * (y[2] + y[4]),
                    -kp * y[0] * y[2] + km * y[0] * y[4] + ka * y[1] * y[4],
                    km * y[0] * y[2] + ka * y[1] * y[2],
                    kp * y[0] * y[2] - km * y[0] * y[4] - ka * y[1] * y[4],
                    km * y[0] * y[4] + ka * y[1] * y[4],
                    2 * kp * y[0] * y[2] + kp * y[0] * y[4] - (km * y[0] + ka * y[1]) * y[6],
                    (km * y[0] + ka * y[1]) * y[6],
                    4 * kp * y[0] * y[2] + kp * y[0] * y[4] + 2 * kp * y[0] * y[6] - (km * y[0] + ka * y[1]) * y[8],
                    (km * y[0] + ka * y[1]) * y[8],
                ]
            sol = solve_ivp(f, t_span, y0, t_eval=t_eval)
            df = pd.DataFrame(
                {
                    "M": sol.y[0],
                    #"A": sol.y[1],
                    #"R1": sol.y[2],
                    "P1": sol.y[3],
                    "mu0": sol.y[4],
                    "lambda0": sol.y[5],
                    "mu1": sol.y[6],
                    "lambda1": sol.y[7],
                    "mu2": sol.y[8],
                    "lambda2": sol.y[9],
                    "time": sol.t,
                }
            )

```

Рисунок 1.1. Решение СДУ в Python.

Функция `solve_ivp()` является частью модуля `scipy.integrate` в библиотеке SciPy и используется для численного решения обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ) первого порядка.

Она принимает следующие аргументы:

f: Функция, описывающая систему ОДУ, которую нужно решить. Функция должна принимать аргументы (t, y), где t - это независимая переменная (обычно время), а y - это массив значений зависимых переменных. Функция должна возвращать производные зависимых переменных по времени. Формат функции f(t, y) должен соответствовать $dy/dt = f(t, y)$.

t_span: Интервал времени, в котором нужно решить систему ОДУ. Обычно представляется в виде кортежа (t0, t_end), где t0 - начальное время, а t_end - конечное время.

y0: Массив начальных значений зависимых переменных. Длина массива должна соответствовать количеству зависимых переменных.

t_eval (необязательный): Массив временных точек, для которых нужно получить значения зависимых переменных. Если этот аргумент не указан, функция solve_ivp() сама выбирает точки, на которых будет проводиться вычисление.

Функция solve_ivp() возвращает объект sol, содержащий результаты решения ОДУ. Этот объект имеет следующие атрибуты:

sol.t: Массив временных точек, на которых было проведено вычисление.

sol.y: Массив значений зависимых переменных в соответствующие временные точки.

sol.success: Булево значение, указывающее, успешно ли выполнено решение ОДУ.

sol.message: Строка с информацией о статусе решения.

Другие атрибуты, зависящие от конкретного метода численного решения, используемого в solve_ivp().

Функция solve_ivp() использует численные методы, такие как метод Рунге-Кутты или метод Адамса, для приближенного численного решения ОДУ. Она автоматически выбирает подходящий метод в зависимости от свойств системы ОДУ.

После выполнения solve_ivp() можно использовать атрибуты объекта sol, чтобы получить значения решения ОДУ в нужных временных точках и выполнить другие операции с полученными результатами[2].

2 этап. Запись и вывод данных по M_n и M_w в листы приложения MS Excel

```
denominator = sol.y[4] + sol.y[5]
denominator[denominator == 0] = np.nan # Замена нулевых значений на NaN
Mn_values = 54 * (sol.y[6] + sol.y[7]) / denominator
Mn_values_list.append(Mn_values)
```

Рисунок 1.2. Функции вычисления для M_n и M_w

Код выполняет вычисление значения denominator, замену нулевых значений на pr.pap и вычисление Mn_values на основе полученных данных при решении ОДУ. Значения Mn_values добавляются в список Mn_values_list[3].

kp	km	kpkm	ka	time 1	time 2	time 3	time 4
15	0,01	0,15	1	1216,904	2266,823	3238,717	4113,975
15	0,01	0,15	1,4	1204,907	2221,445	3143,277	3959,739
15	0,01	0,15	1,8	1193,171	2177,964	3053,546	3817,089
15	0,01	0,15	2,2	1181,685	2136,263	2969,027	3684,766
15	0,01	0,15	2,6	1170,443	2096,235	2889,28	3561,681
15	0,01	0,15	3	1159,437	2057,78	2813,915	3446,899
15	0,01	0,15	3,4	1148,659	2020,809	2742,581	3339,601
15	0,01	0,15	3,8	1138,102	1985,236	2674,964	3239,076
15	0,01	0,15	4,2	1127,76	1950,985	2610,782	3144,699
15	0,01	0,15	4,6	1117,627	1917,982	2549,781	3055,92
15	0,01	0,15	5	1107,695	1886,16	2491,731	2972,251
15	0,012	0,18	1	1213,892	2255,387	3214,591	4074,892
15	0,012	0,18	1,4	1201,96	2210,485	3120,592	3923,596
15	0,012	0,18	1,8	1190,286	2167,451	3032,176	3783,563
15	0,012	0,18	2,2	1178,861	2126,169	2948,86	3653,579
15	0,012	0,18	2,6	1167,678	2086,535	2870,218	3532,595
15	0,012	0,18	3	1156,728	2048,453	2795,868	3419,704
15	0,012	0,18	3,4	1146,006	2011,832	2725,47	3314,117
15	0,012	0,18	3,8	1135,502	1976,591	2658,718	3215,144
15	0,012	0,18	4,2	1125,212	1942,652	2595,336	3122,179

Рисунок 1.3. Матрица решений (значения M_n в каждой минуте от 1 до 60, при всех возможных значениях k_p, k_m, k_a).

```

import pandas as pd
import openpyxl

df = pd.read_excel('New_Mn_values2.xlsx')
df.columns = df.columns.str.replace('time', '')
target_column_numbers = [5, 10, 15, 23, 33, 63]
target_values = [3300, 6900, 7100, 12500, 11400, 10900]
percent = 0.1
results = []

for col_num, target_value, target_col_num in zip(target_column_numbers, target_values, target_column_numbers):
    column = df.iloc[:, col_num]
    closest_values = column.apply(Lambda x: abs(x - target_value)).nsmallest(int(len(df) * percent))
    closest_indexes = closest_values.index
    values = df.iloc[closest_indexes, :4]
    results.append((closest_values, closest_indexes, values))

output_file = 'tenpercent.xlsx'
with pd.ExcelWriter(output_file, engine='openpyxl') as writer:
    for result, target_value in zip(results, target_values):
        closest_values, closest_indexes, values = result
        values['Target Value'] = target_value
        values['Closest Value'] = closest_values
        values['Index'] = closest_indexes
        sheet_name = str(target_value)
        values.to_excel(writer, sheet_name=sheet_name, index=False)

writer.save()

```

Рисунок 1.4. Расчет 20% значений максимально приближенных значений M_n к M_n^{exc}

Этап 3. Расчет отклонений полученных значений M_n от экспериментальных, выборка 20% максимально приближенных к эксперименту значений.

kp	km	kpkm	ka	arget Value	losest Value	Index
27	0,018148	0,49	4,7	3300	0,030782	33582
26	0,031154	0,81	3,2	3300	0,054753	31337
22,5	0,021778	0,49	0,8	3300	0,102316	21185
25	0,0324	0,81	2,3	3300	0,157283	28582
24,5	0,019184	0,47	2,6	3300	0,167584	26663
24,5	0,025306	0,62	2,3	3300	0,19709	26902
28	0,035714	1	4,7	3300	0,282602	37150
28	0,029643	0,83	5	3300	0,291519	36879
27,5	0,019636	0,54	5	3300	0,305402	35039
25,5	0,035686	0,91	2,6	3300	0,311122	30119
26	0,006923	0,18	4,4	3300	0,321548	30333
24	0,03375	0,81	1,4	3300	0,345983	25827
25,5	0,023529	0,6	3,2	3300	0,358531	29625
23,5	0,026809	0,63	1,4	3300	0,38096	24163
25	0,0264	0,66	2,6	3300	0,427105	28343
27	0,036296	0,98	3,8	3300	0,427856	34363
24	0,015417	0,37	2,3	3300	0,434937	25126
27,5	0,025818	0,71	4,7	3300	0,476907	35310
25,5	0,011373	0,29	3,8	3300	0,477232	29131
26	0,037308	0,97	2,9	3300	0,506961	31592
24,5	0,031429	0,77	2	3300	0,5431	27141
24,5	0,013061	0,32	2,9	3300	0,550927	26424
23,5	0,020851	0,49	1,7	3300	0,59378	23940
27	0,03037	0,82	4,1	3300	0,608335	34108
26	0,025	0,65	3,5	3300	0,634267	31082
26,5	0,033962	0,9	3,5	3300	0,666821	32858
25	0,0384	0,96	2	3300	0,760168	28821
22	0,012273	0,27	0,8	3300	0,846771	19457
24,5	0,037551	0,92	1,7	3300	0,87045	27380
26,5	0,027925	0,74	3,8	3300	0,917356	32603
24	0,021667	0,52	2	3300	0,93625	25365
23,5	0,008511	0,2	2,3	3300	0,93832	23478
24,5	0,006939	0,17	3,2	3300	0,952946	26185
25	0,008	0,2	3,5	3300	0,952947	27610
26	0,013077	0,34	4,1	3300	0,953416	30588
27	0,024074	0,65	4,4	3300	0,971869	33837
24	0,0275	0,66	1,7	3300	0,987668	25588
25	0,0204	0,51	2,9	3300	0,993025	28104
27	0,012222	0,33	5	3300	1,015883	33327
23,5	0,039149	0,92	0,8	3300	1,033973	24625
25,5	0,017647	0,45	3,5	3300	1,037485	29386
22,5	0,015556	0,35	1,1	3300	1,098638	20962
26,5	0,009434	0,25	4,7	3300	1,110933	31822
25,5	0,029804	0,76	2,9	3300	1,120455	29880
26,5	0,021887	0,58	4,1	3300	1,150736	32348
21,5	0,010233	0,22	0,5	3300	1,193935	18000
26	0,018846	0,49	3,8	3300	1,231592	30827
27,5	0,032	0,88	4,4	3300	1,242325	35581
27,5	0,031636	0,87	4,4	3300	1,245956	35565

Рисунок 1.5. Excel файл с 20% максимально приближенных значений M_n к M_n^{exc} , в каждой контрольной точке времени.

Этап 4. Статистический анализ выборочных данных. Получение распределения частотного ряда (M_n^{exp} - M_n^{calc}) от ($k_p \cdot k_M, k_A$) по выборке.

Здесь по полученным данным средствами MS Excel найдено частотное распределение по 10 интервалам, рассчитанным в зависимости от размаха варьирования данных при каждом времени.

Этап 5. Создание требуемых графиков $k_A(k_p \cdot k_M)$ и визуализация 3d поверхностей (M_{nexp})- $M_n(calc)$) в разных временных промежутках.

Здесь представлен код создания растровых графиков по изменению $k_A(k_p \cdot k_M)$. Эти графики интересны тем, что при изменении объема выборки, уменьшается процент отличия расчетных от экспериментальных данных от $M_n [1]$. Ниже на рисунке приведен код для создания анимации.

```
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt

xls = pd.ExcelFile('twentypercent.xlsx')

plt.ion()

fig, ax = plt.subplots()

for sheet_name in xls.sheet_names:
    data = pd.read_excel('twentypercent.xlsx', sheet_name=sheet_name)
    subset_sizes = [4625, 2133, 1065, 644, 215]
    for i, subset_size in enumerate(subset_sizes, 1):
        subset = data.head(subset_size)
        min_value = subset['Closest Value'].min()
        max_value = subset['Closest Value'].max()
        # Вычисление размаха варьирования
        range_value = max_value - min_value
        # Разделение размаха на 10 частичных интервалов
        interval_width = range_value / 10
        # Создание списка интервалов и инициализация словаря для подсчета частоты
        intervals = [(min_value + i * interval_width, min_value + (i + 1) * interval_width) for i in range(10)]
        frequency = {interval: 0 for interval in intervals}
        # Подсчет частоты появления значений в каждом интервале
        for value in subset['Closest Value']:
            for interval in intervals:
                if interval[0] <= value < interval[1]:
                    frequency[interval] += 1
                    break
        # Вывод результатов
        for interval, freq in frequency.items():
            print(f'Интервал {interval}: {freq} раз')

        # Получение половины данных для scatter plot
        num_points = subset_size // 2
        kpkkm_values = subset['kpkm'].values[:num_points]
        ka_values = subset['ka'].values[:num_points]
        ax.cla()
        plt.scatter(kpkkm_values, ka_values, color='black', s=10)
        plt.xlabel('kpkm')
        plt.ylabel('ka')
        plt.title(f'График значений kpkm и ka - {sheet_name}')
        # время и процент ошибки название
        plt.show()
        plt.pause(2)

plt.ioff()
plt.show()
```

Рисунок 1.6. Создание анимационного графика, при каждом времени зависимость k_A , $k_p \cdot k_M$.

Решение прямой кинетической задачи сводится к решению системы дифференциальных уравнений (1.1.4а) при имеющихся кинетических константах и нахождению значений средних молекулярных масс полимера по формуле (1.1.3). С начальными условиями концентрации мономера и

алюминийорганического соединения: $A(0)=0.03$; $M(0)=1.5$. И значением кинетических констант для неодимсодержащих каталитических систем: концентрация активных центров $C_a = R_1(0) = 0,00065$; $k_p * k_m = [0.15: 1] \Delta = 0.01$; $k_a = [0.5: 5] \Delta = 0.3$

Таблица 1.5 Экспериментальные значения M_n^{exc} от времени t

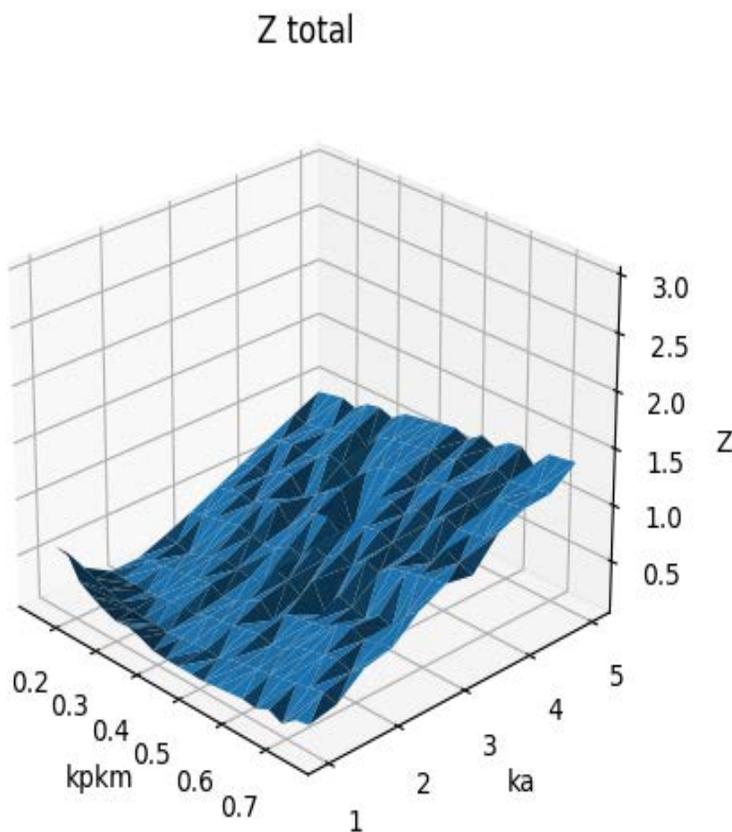


Рисунок 1.7. Пример графика.

Библиографический список

1. Титов, А.Н. Визуализация данных в Python. Работа с библиотекой Matplotlib: учебно-методическое пособие / А.Н. Титов, Р.Ф. Тагиева. – Казань: КНИТУ, 2022. – 92 с. – URL: <https://e.lanbook.com/book/331025>
2. Ершов, Н.М. Практическое введение в решение дифференциальных уравнений в Python / Н.М. Ершов. – Москва: ДМК Пресс, 2022. – 176 с. – URL: <https://e.lanbook.com/book/314861>

3. Нуньес-Иглесиас, Х. Элегантный SciPy / Х. Нуньес-Иглесиас, в. д. Уолт, Х. Дэшноу. – Москва: ДМК Пресс, 2018. – 266 с. – URL: <https://e.lanbook.com/book/116124> (дата обращения: 22.05.2023).
4. О методе поиска базиса нелинейных параметрических функций для полимеризационных процессов / Э.Р. Гиззатова, А.С. Исмагилова, С.И. Спивак, С.Л. Подвальный // Химическая физика. – 2018. – Т.37, №12. – С.58-62.
5. Поиск кинетических констант при моделировании процессов полицентровой безобрывной полимеризации диенов // Э.Р. Гиззатова, С.Л. Подвальный, С.И. Спивак // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2020. Т. 16, № 5. – С. 14-18.

© Пастернак А.А., 2023

УДК 004

Н.В. ШИШКОВ

Nikitashishkov2354083@yandex.ru

Науч. руковод. – д-р техн. наук, профессор **С.В. ПАВЛОВ**

Уфимский университет науки и технологий

РАСПОЗНАВАНИЕ ГОЛОСА В СФЕРЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Аннотация: в статье рассматриваются методы распознавания речи, включая обучение системы на основе пользовательских образцов и анализ характеристик звукового сигнала. Описывается важность этой технологии и ее активное использование крупными компаниями. Подчеркивается роль естественно-языковых интерфейсов в создании более дружелюбных пользовательских интерфейсов.

Ключевые слова: распознавание речи; искусственный интеллект; информационные системы; языковые интерфейсы; машинный интеллект.

Современные информационные технологии переживают невероятное ускорение развития, отражающее важность информации в современном обществе. В конце XX века информационная сфера претерпела революцию во взаимодействии между человеком и информационными системами. Процессы сбора, хранения, обработки и использования информации достигли новых

высот благодаря передовым микропроцессорам и вычислительным технологиям. Этот рост был неразрывно связан с расцветом Интернета, который стал мощным двигателем информационного прогресса.

На современном этапе развития информационного общества мы наблюдаем переход к более продвинутой стадии, когда информационные системы не только обрабатывают информацию, но и принимают самостоятельные решения, сводя к минимуму активное вмешательство человека. Вместо того чтобы, быть главным действующим лицом, человек действует скорее, как контролер системы, наблюдая за ней и контролируя ее, а не непосредственно взаимодействуя с ней.

Специалисты в области информационных технологий в настоящее время напряженно работают над разработкой и совершенствованием искусственного интеллекта. Это направление призвано модернизировать информационные технологии и вывести их на новый уровень, где машины способны выполнять творческие функции, которые ранее считались исключительно человеческими.

Искусственный интеллект находится в стадии активного развития, охватывающего три ключевые области:

1. Моделирование структуры и функционирования человеческого мозга: это направление направлено на создание компьютерных моделей, отражающих мозговую активность человека на основе психофизиологических данных. Здесь исследователи стремятся понять, как работает человеческий мозг, и применить эти знания при разработке искусственного интеллекта.

2. Моделирование интеллектуальной деятельности с использованием компьютерных систем: В этом направлении они работают над созданием систем, способных решать сложные интеллектуальные задачи, аналогичные тем, которые выполняет человек. Ключевыми здесь являются машинное обучение и deep learning, которые позволяют компьютерам адаптироваться и повышать свою производительность с опытом.

3. Развитие взаимодействия на естественном языке: Проблема коммуникации между человеком и информационной системой является одной из важнейших задач. Исследователи работают над созданием систем, способных понимать и генерировать естественный язык, что позволит более эффективно взаимодействовать с искусственным интеллектом.

Проблема коммуникации между человеком и информационной системой актуальна уже несколько десятилетий и продолжает оставаться одной из приоритетных в области информационных технологий. Это привлекает специалистов со всего мира и инвесторов, готовых вкладывать средства в исследования и разработки в этой области, в поисках более

эффективного и гармоничного взаимодействия между человеком и искусственным интеллектом.

За последние десятилетия был достигнут значительный прогресс в области информационных систем с искусственным интеллектом, которые реализуют интерфейс на естественном языке. Этот прорыв позволяет пользователям взаимодействовать с системами, используя свой голос для команд и запросов. Это особенно важно в виртуальной реальности, где голосовое управление обеспечивает естественный и интуитивно понятный способ управления системой, освобождая руки пользователя.

Основой для такого голосового взаимодействия служат системы автоматического распознавания речи, активно разрабатываемые в области искусственного интеллекта. Однако использование голоса в качестве входного параметра сопряжено с трудностями, поскольку человеческая речь гораздо менее точна и предсказуема, чем другие методы ввода информации в компьютер. Уникальность голоса каждого человека и контекстуальная вариативность слов придают этой задаче особый характер.

Существует два основных подхода к распознаванию голоса: "сопоставление с образцом" и "функциональный анализ".

Метод "Сопоставления с образцом": В этом методе компьютер сравнивает голосовой сигнал, полученный от пользователя, с предварительно созданными шаблонами. Эти шаблоны содержат информацию о звучании определенных слов и фраз. Когда система обучена, каждому слову или фразе присваивается соответствующий шаблон, описывающий ее звуковые особенности.

Когда пользователь что-то говорит, аудиосигнал его речи анализируется на фоне существующих шаблонов. Система ищет наиболее близкий паттерн к входному сигналу и решает, какое слово или фраза были произнесены.

Преимущество этого метода заключается в его высокой точности, особенно при распознавании ограниченного словарного запаса или фраз, где все возможные варианты известны заранее. Однако этот метод имеет ограничения, поскольку не всегда возможно заранее создать шаблоны для всех слов и фраз, особенно в больших словарях или в случае непредсказуемых вводимых данных.

Метод функционального анализа: Этот метод не использует предварительно созданные шаблоны для каждого слова или фразы. Вместо

этого система анализирует аудиосигнал, выделяя такие характеристики, как частота, длительность, амплитуда и другие акустические параметры.

После анализа этих характеристик система использует обученные модели машинного обучения для сравнения полученных данных с известными образцами речи. Модели машинного обучения могут быть обучены на больших наборах данных, включая различные варианты произношения слов и фраз.

Этот метод более универсален, так как не требует создания шаблонов для каждого слова, что делает его более подходящим для распознавания речи с большим словарем и разнообразием входных данных. Однако его точность обычно немного ниже, чем у метода "сопоставления с образцом", особенно при распознавании нестандартных или нечетких входных данных.

Каждый из этих методов имеет свои преимущества и недостатки, и выбор между ними зависит от конкретных требований и целей системы распознавания речи. В реальных приложениях часто используется комбинация этих методов для достижения оптимальной производительности и точности.

Обучение информационных систем успешному распознаванию голоса - сложная задача. Пользователь произносит определенные слова или фразы в микрофон несколько раз, а программа записывает и анализирует эти вариации, чтобы создать усредненный образец голоса. Такие технологии получили широкое распространение в сфере информационных технологий, и крупные компании, включая Яндекс, Apple и Microsoft, активно инвестируют в эту область.

Преимущества голосового взаимодействия включают создание удобных интерфейсов, которые позволяют пользователям взаимодействовать с устройствами и системами без необходимости использования клавиатур или сенсорных экранов. Использование технологий распознавания речи распространяется на смартфоны, системы "умный дом", голосовое управление кухонной техникой, навигационные системы.

В заключение отметим, что технологии распознавания речи стремительно развиваются и остаются актуальными в области искусственного интеллекта. Эта область привлекает множество специалистов и получает значительные инвестиции в исследования. Технологии распознавания речи будут продолжать развиваться, а алгоритмы и методы совершенствоваться, открывая новые возможности в переводе естественного человеческого языка на машинный уровень. Крупные компании исследуют и внедряют эти

технологии в свои продукты, что подчеркивает их важность и актуальность в современном мире информационных технологий.

Библиографический список

1. Остроух А.В. Интеллектуальные системы – Красноярск: научно-информационный центр, 2015. – 110 с.
2. Voice Recognition // Human Interface Technology Laboratory URL: http://www.hitl.washington.edu/research/knowledge_base/virtual-worlds/EVE/I.D.2.d.VoiceRecognition.html (дата обращения: 10.10.2023)

© Шишков Н.В., 2023

СЕКЦИЯ 5.4. ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ

УДК 004.056

Н.М. Башмаков

Nail.bashmakov@gmail.com

Науч. руковод. – д-р физ-мат. наук, профессор **В.М. Картак**

Уфимский университет науки и технологий

ВЫЯВЛЕНИЕ АНОМАЛЬНОЙ СЕТЕВОЙ АКТИВНОСТИ, СВЯЗАННОЙ С КОМПЬЮТЕРНЫМИ АТАКАМИ

Наше время характеризуется повсеместным распространением средств вычислительной техники. Не менее активно развивается и программное обеспечение. Совокупность вычислительной техники и программного обеспечения используется в подавляющем большинстве современных организаций для осуществления повседневной деятельности.

В то же время следствием стремительного развития компьютерной технике является и активно растущая компьютерная преступность. Большие проблемы создают мотивированные высокоорганизованные группы профессиональных хакеров, осуществляющих целевые атаки. Такие группы называют АРТ-группировками. Они досконально изучают своих жертв перед атакой, собирают всю возможную информацию, используют социальную инженерию, чтобы максимально повысить вероятность успешного проведения своей атаки. АРТ-группировки могут использовать специально разработанное программное обеспечение, использовать обфусцирование и переупаковывать свои инструменты, чтобы избежать обнаружения антивирусными средствами. На более поздних этапах злоумышленники обычно проводят разведку внутри периметра, обеспечивают себе устойчивое присутствие в скомпрометированной инфраструктуре, а далее приступают к реализации изначальной цели атаки. Это может быть организация утечки информации, прекращение нормального функционирования информационно-телекоммуникационного оборудования, кража информации или её шифрование с целью требования выкупа и ряд других.

Несмотря на существующую угрозу компьютерных атак во многих организациях информационная безопасность обеспечивается по остаточному принципу. Одной из причин этого является отсутствие прямой выгоды от

вложения средств в обеспечение информационной безопасности. В связи с этим часто набор средств защиты информации в организации ограничивается стандартным набором: хостовыми антивирусами и межсетевым экраном на периметре сети. При этом администраторам и специалистам по информационной безопасности часто хочется повысить эффективность потенциального обнаружения возможной компьютерной атаки, хотя бы на каком-то её этапе, в связи с тем, что часто компьютерная атака порождает аномалии. Аномалия (выброс, ошибка, отклонение или исключение) – это отклонение поведения системы от стандартного [1]. В качестве возможного решения проблемы в условиях ограниченных средств предлагается сосредоточиться на выявлении аномалий в журналах межсетевых экранов, или, например при помощи анализа Netflow. Задача обнаружения отклонений поведения системы от ожидаемого может решаться множеством различных способов.

Цель исследования

Цель, преследуемая в рамках этого исследования – повышения качества и скорости обнаружения инцидентов информационной безопасности на основе анализа журналов межсетевых экранов или информации, полученной по протоколу Netflow. Для достижения цели исследования требуется решить следующие задачи:

1. Провести анализ и определить, какие именно сетевые аномалии могут возникать при осуществлении компьютерных атак. А также соотнести этапы компьютерной атаки, с аномалиями, которые возникают в ходе неё;
2. Сконструировать стенд, осуществить сбор данных, позволяющих производить анализ сетевой активности;
3. Рассмотреть способы, позволяющие выявлять аномалии в полученных данных;
4. Провести эксперименты;
5. Подвести итоги, сделать выводы.

Аномалии, возникающие при проведении компьютерных атак

Из журналов межсетевых экранов можно извлечь ограниченное число параметров, характеризующих взаимодействия хоста. Причем часть этих параметров может варьироваться в зависимости от модели и производителя оборудования. Присутствуют в подавляющем большинстве журналов: IP-адрес и порт источника и назначения. Опционально могут фиксироваться еще и количество переданных и полученных байт, длительность сессии, количество переданных пакетов и ряд других параметров. Были сделаны

предположения о том, что аномальные значения этих характеристик могут свидетельствовать о различных стадиях осуществления компьютерных атак. Например, внезапное значительное повышение исходящего трафика может быть признаком эксфильтрации [2]. А частые подключения к IP-адресам, с которыми хост ранее не взаимодействовал, могут свидетельствовать о заражении хоста вредоносным программным обеспечением, которое пытается осуществить подключение к управляющим серверам, так называемым, Command and Control, C2 [3,4]. Нетипично большое количество событий, в которых используется протокол ICMP, могут свидетельствовать о туннелировании с помощью этого протокола вредоносного трафика и т.д.

Создание стенда

Для проведения эксперимента был создан стенд, состоявший из машины, проводившей атаки, маршрутизатора Keenetic GIANT, собиравшего и отправлявшего статистику по протоколу Netflow на виртуальную машину с Logstash, который парсил Netflow и записывал в Elasticsearch, так же развернутый на отдельной виртуальной машине (Рисунок 1).

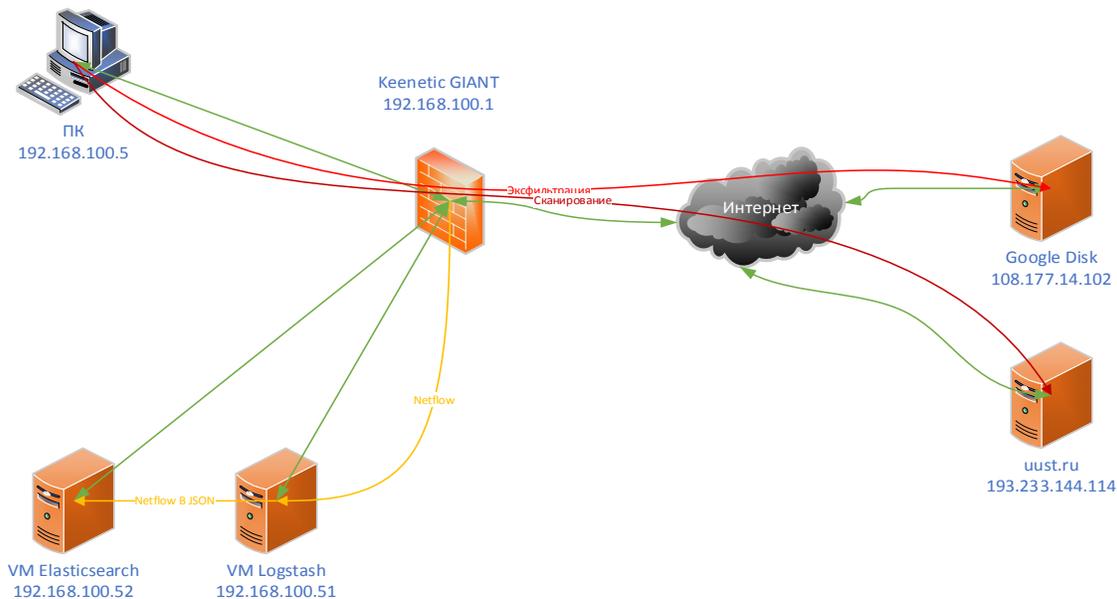


Рис. 1. Схема стенда

Было проведено 2 эксперимента: сканирование сайта uust.ru (Рисунок 2) и выгрузка 9.5 Гб данных на Google-диск (Рисунок 3).



Рис. 2. Сканирование сайта uust.ru, количество зафиксированных событий

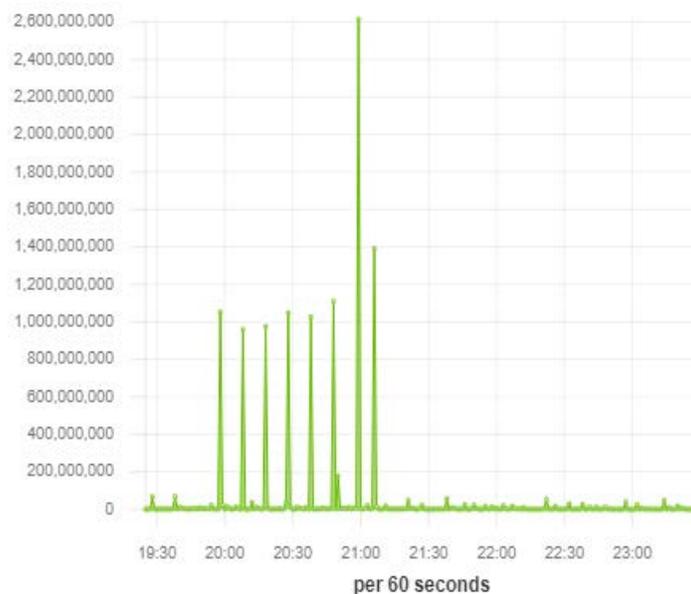


Рис. 3. Выгрузка 9.5 Гб в Интернет, диаграмма в байтах

Используемые для определения аномалий методы

Было сделано предположение, что, используя журналы регистрации событий, можно составить матрицы сетевой статистики по каждому из параметров, и осуществить поиск аномалий. Причем для удобства рассматривать не каждое событие в отдельности, а некую агрегированную

оценку параметров за интервалы времени – временные окна. Сутки разделяются на равные временные интервалы, подсчитывается значение параметров в каждом временном окне. Каждый столбец в матрице соответствует одному из хостов x , рассматриваемому в эксперименте, всего i хостов. Каждая строка соответствует одному из временных окон, (t) , всего окон j . Ячейка на пересечении строки и столбца заполняется количественной характеристикой n , описывающей один из рассматриваемых параметров i -го хоста в j -ый момент времени (Таблица 1).

Таблица 1. Обобщенный вид матрицы сетевой статистики

	x_1	x_2	...	x_{i-1}	x_i
t_1	n_1^1	n_2^1	...	n_{i-1}^1	n_i^1
t_2	n_1^2	n_2^2	...	n_{i-1}^2	n_i^2
...
t_{j-1}	n_1^{j-1}	n_2^{j-1}	...	n_{i-1}^{j-1}	n_i^{j-1}
t_j	n_1^j	n_2^j	...	n_{i-1}^j	n_i^j

В рамках обнаружения аномалии, характеризующей сетевое сканирование было сделано предположение, что для обнаружения всех возможных открытых портов будет произведено подключение к каждому из них, что увеличит общее число событий. В условиях ограниченности наших вычислительных мощностей, пришли к временному окну длительностью в 1 минуту. Было решено в рамках получившихся временных окон подсчитать параметры, характеризующие сетевые взаимодействия хостов, и сформировать матрицы. Для обнаружения аномалий в матрицах использовались алгоритмы KNN, LOF, iForest (как комитет моделей) и линейное программирование. Для обнаружения аномалии при помощи линейного программирования на определенном промежутке временных окон $\{1..j\}$ принимается, что в этот отрезок времени функционирование инфраструктуры было нормальным. С некоторого временного окна $j+1$, строится предположение, что состояние инфраструктуры может быть

аномальным. Для каждого такого окна решается задача математического программирования. Задаются следующие ограничения для каждого x_i :

$$n_i^1 t_1 + n_i^2 t_2 + \dots + n_i^{j-1} t_{j-1} + n_i^j t_j \geq n_i^{j+1} \quad (1)$$

Целевая функция выглядит следующим образом:

$$t_1 + t_2 + \dots + t_{j-1} + t_j \rightarrow \min \quad (2)$$

После этого находятся значения среднего (mean) и среднеквадратичного отклонения (std) для получившегося набора значений целевой функции. Затем задается порог, и находится z для каждого значения целевой функции временного окна:

$$z = \frac{v - \text{mean}}{\text{std}} \quad (3)$$

при пересечении которого значения z , признаются отклонениями (4):

$$z > p \text{ или } z < p \quad (4)$$

Соответственно, в этом случае принимается решение о том, что временной отрезок $j+1$ содержит аномалии (Рисунок 4).

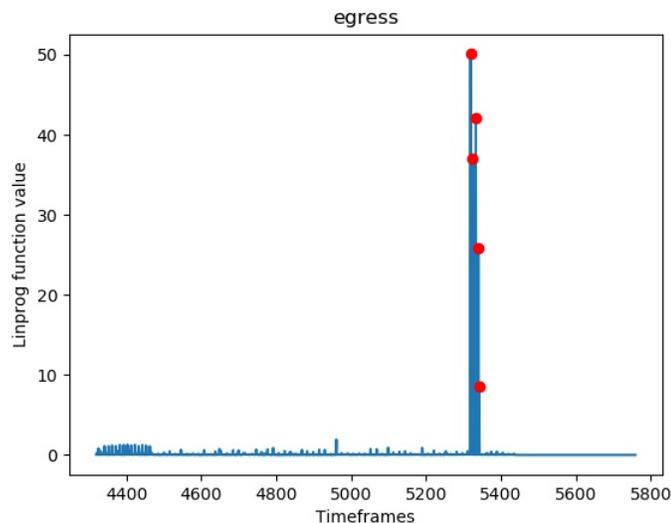


Рис. 4. Выбросы на графике целевой функции

Эксперимент 1. Обнаружение аномалий при сканировании

Таблица 1. Сетевое сканирование

	Линейное программирование	Комитет iForest, KNN, LOF
Количество верно определенных аномалий	1/5	1/5
Количество временных окон, ложно определенных как аномалии	9	8

Эксперимент 2. Обнаружение аномалий при эксфильтрации

Таблица 1. Эксфильтрация

	Линейное программирование	Комитет iForest, KNN, LOF
Количество верно определенных аномалий	8/8	3/8
Количество временных окон, ложно определенных как аномалии	0	17

Заключение

Проведенные эксперименты демонстрируют, что рассмотренные методы обнаружения аномалий плохо подходят для обнаружения такой аномальной активности как сетевое сканирование. Комитет моделей так же плохо показал себя для обнаружения эксфильтрации, в то время как линейное программирование показало 100% в ходе эксперимента.

В будущем планируется рассмотреть, какие аномалии происходят на более ранних этапах атаки, таких как первоначальное заражение, закрепление, перемещение внутри периметра, удаленное управление скомпрометированными устройствами.

Библиографический список

1. Шкодырев В.П., Ягафаров К.И., Баштовенко В.А., Ильина Е.Э. Обзор методов обнаружения аномалий в потоках данных // Proc. of the Second Conference on Software Engineering and Information Management. Санкт-Петербург, 2017. Vol. 1864. С.7-11.
2. Edward Kost .How to Detect Data Exfiltration (Before It's Too Late): [Электронный ресурс] URL: <https://www.upguard.com/blog/how-to-detect-data-exfiltration>
3. Command and Control Cyberattack: How to Identify and Prevent them? [Электронный ресурс] URL: <https://www.thewindowsclub.com/command-and-control-cyberattack>
4. Command and Control Attacks [Электронный ресурс] URL: <https://www.fortinet.com/resources/cyberglossary/command-and-control-attacks>
5. Nmap [Электронный ресурс] URL: <https://nmap.org/>

© Башмаков Н.М., 2023

УДК 004.056

Е.А. АТАРСКАЯ

arskaya25@mail.ru

Науч. руковод. – д-р техн. наук, доцент **А.М. ВУЛЬФИН**

Уфимский университет науки и технологий

СИСТЕМА ОБНАРУЖЕНИЯ АНОМАЛИЙ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ЖУРНАЛА СОБЫТИЙ

Аннотация: целью работы является совершенствование моделей и алгоритмов анализа текстовых журналов регистрации событий (ЖРС) для повышения оперативности выявления аномальных состояний системы. Предложена структурная схема системы обнаружения аномалий на основе анализа ЖРС, основанная на композиции нейросетевых моделей извлечения, формализации признаков и построения итогового бинарного классификатора.

Ключевые слова: обнаружение аномалий, информационная безопасность, журнал регистрации событий, машинное обучение.

Значительные объемы накапливаемых данных мониторинга состояния компонентов информационной системы (ИС) в виде текстовых журналов регистрации событий (ЖРС) либо не анализируются вовсе, либо подвергаются анализу с помощью ограниченного набора правил. Более глубокий анализ ограничен возможностями систем разбора и последующего сопряжения с SIEM системой (Security Information and Event Management).

Выделенные в ходе анализа ЖРС нетипичные события могут быть вызваны как внутрисистемными процессами, характеризующими штатный режим работы, так и сбоями и нарушениями нормального функционирования компонентов ИС ввиду ошибок конфигурации, обновления программного обеспечения или внешними причинами (например, действиями злоумышленника). Количество подобных событий относительно общего объема, находящих отражение в ЖРС событий, невелико, однако их обнаружение требует значительных усилий по анализу накапливаемых данных мониторинга.

Следовательно, повышение эффективности анализа за счет автоматизации разбора, формализации и интеллектуального анализа данных является актуальной задачей, направленной на повышение оперативности выявления аномальных состояний компонент ИС.

Цель работы: совершенствование моделей и алгоритмов анализа текстовых журналов регистрации событий для повышения оперативности выявления аномальных состояний системы.

В ходе работы были поставлены следующие задачи:

1. Анализ методов, моделей и алгоритмов выявления аномалий на основе анализа данных текстовых ЖРС.
2. Разработка модели интеллектуального анализа ЖРС на основе технологий обработки естественного языка.

Среди подходов в обнаружении аномалий в ИС выделяют:

- Обнаружение аномалий на основе журналов (включает в себя анализ системных журналов для выявления нетипичных событий, происходящих в системе);
- Обнаружение аномалий на основе сетевых пакетов (анализ сетевого трафика).

Среди используемых ML-методов (machine learning – машинное обучение) для обнаружения аномального сетевого трафика популярными моделями являются автоэнкодер и рекуррентные нейронные сети [1–3], которые показывают хорошие результаты при несбалансированности классов трафика в обучающих наборах данных.

В исследованиях, приводящих модели анализа ЖРС и обнаружения аномалий в них, проявляется тенденция применения моделей трансформеров,

использующих механизмы внимания для улучшения классификации и обнаружения аномалий (механизмы внимания позволяют улавливать контекстную информацию из последовательности журналов) [4, 5].

На рисунке 1 представлена структурная схема системы обнаружения аномалий на основе анализа ЖРС, основанная на композиции нейросетевых моделей извлечения, формализации признаков и построения итогового бинарного классификатора.

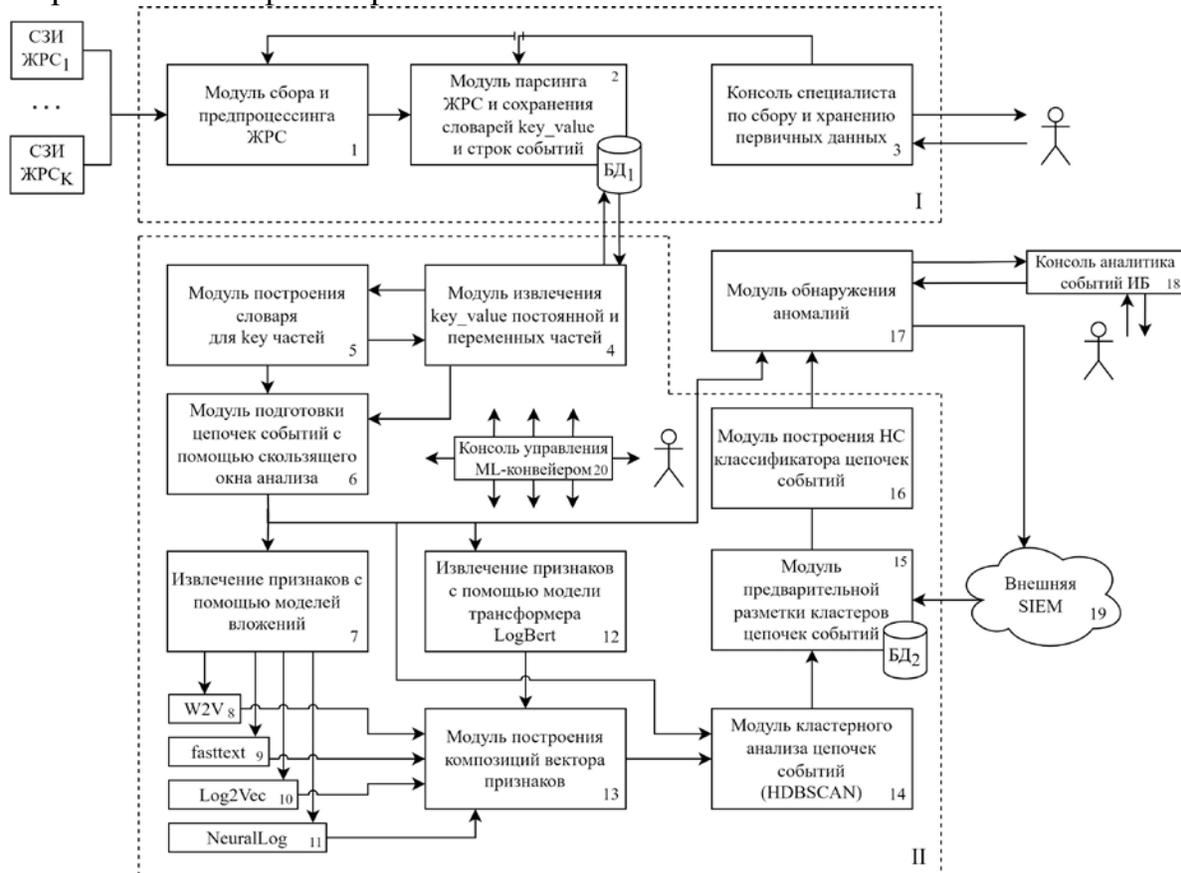


Рис. 1. Структурная схема системы обнаружения аномалий на основе анализа ЖРС

Программно-интенсивные системы записывают информацию о ходе работы выполнения записи в консольные журналы. Большая и сложная система может производить огромное количество журналов, которые могут быть использованы для поиска и устранения неисправностей.

Данные ЖРС обычно представляют собой неструктурированные текстовые сообщения [6].

ЖРС, формируемые средствами защиты информации, поступают в модуль сбора и предпроцессинга с помощью типовых протоколов сбора событий (например, Syslog). После сбора журналов происходит извлечение постоянной/статической части и переменной/динамической части

необработанной строки журнала (см. рис. 2) с помощью специализированного парсера (программы для разбора журнала событий).

Пример необработанных записей
журнала регистрации событий

```
R02-M1-N0-C:J12-U11 RAS KERNEL INFO instruction cache parity error corrected
R32-M0-N3-C:J11-U01 RAS KERNEL INFO generating core.1521
R16-M1-N2-C:J17-U01 RAS KERNEL INFO CE sym 2, at 0x0b85f2a0, mask 0x04
R32-M0-N3-C:J14-U11 RAS KERNEL INFO generating core.1512
R16-M1-N2-C:J17-U01 RAS KERNEL INFO CE sym 2, at 0x1b85f4e0, mask 0x05
R02-M1-N0-C:J12-U11 RAS KERNEL INFO instruction cache parity error corrected
```



Разбор записей журнала

```
0: instruction cache parity error corrected
1: generating core.<*>
2: CE sym <*>, at <*>, mask <*>
```

Рис. 2. Разбор текстового журнала регистрации событий, извлечение постоянных и переменных частей записи журнала

Следующим шагом является создание словаря для key-частей для дальнейшего анализа и уменьшения размерности данных.

Поскольку журналы представляют собой текстовые сообщения, их необходимо преобразовать в числовые характеристики, чтобы ML-алгоритмы могли их понять. Далее с помощью метода скользящего окна необходимо разделить журналы на группы, каждая из которых представляет собой последовательность журналов.

После разделения журналов традиционные ML-методы генерируют вектор количества событий журнала в качестве входного признака, где каждое измерение обозначает событие журнала, а значение подсчитывает его появление в последовательности журналов. В отличие от них, методы глубокого обучения могут напрямую использовать последовательность событий журнала. В частности, каждый элемент последовательности может быть просто индексом события журнала или более сложной характеристикой, например, вектором вкрапления журнала.

Извлечение признаков происходит с помощью моделей вложений (Word2Vec (W2V) [7], fasttext [8], Log2Vec [9], NeuralLog [10]) и модели трансформера LogBert [11]. Затем вкрапления слов объединяются для составления семантического вектора события журнала.

Извлеченные признаки передаются в модуль построения композиций вектора признаков. Входными данными кластерного анализа цепочек событий (HDBSCAN [12]) являются подготовленные цепочки событий и композиции

векторов признаков. После предварительной разметки кластеров цепочек событий строится нейросетевой классификатор, позволяющий решать задачу бинарной классификации.

В качестве классификатора предлагается использовать Random forest (случайный лес) – ML-алгоритм, который используется для решения задач классификации и регрессии. Преимуществами алгоритма являются способность обрабатывать большое количество признаков и работать с данными различных типов (например, числовые, категориальные, текстовые). Кроме того, модель не требует сложной предобработки данных и может работать с пропущенными значениями [13].

Модуль обнаружения аномалий, сопряженный с SIEM, контролируется с помощью консоли аналитика событий информационной безопасности (ИБ).

Модули 1-2 образуют подсистемы сбора ЖРС и контролируются с помощью консоли специалиста по сбору и хранению первичных данных; модули 4-16 – подсистемы обработки и анализа ЖРС – контролируются через консоль управления ML-конвейером.

Заключение

Проанализированы основные работы в данном направлении, отмечающие ключевые технологии и возможности построения моделей обнаружения аномалий на основе анализа слабоструктурированных данных ЖРС. Перспективным направлением решения подобной задачи является применение технологий нейросетевой обработки ЖРС с помощью моделей трансформеров.

Предложена структурная схема системы обнаружения аномалий, основанная на применении методов анализа собираемых данных журналов событий и позволяющая выявить воздействия злоумышленника, получившего доступ в корпоративную сеть.

Особенностями предложенного подхода к построению детекторов аномалий по сравнению с аналогичными исследованиями является использование моделей, не требующих разметки на классы нормального и аномального функционирования, что потенциально позволяет обнаруживать аномалии, вызванные новыми типами атак злоумышленника.

Библиографический список

1. Hwang, R.H. An unsupervised deep learning model for early network traffic anomaly detection [Текст] / R.H. Hwang, M.C. Peng, C.W. Huang et al. // IEEE Access. – 2020. – Т. 8. – С. 30387-30399.
2. Zhong, Y. HELAD: A novel network anomaly detection model based on heterogeneous ensemble learning [Текст] / Y. Zhong, W. Chen, Z. Wang et al. // Computer Networks. – 2020. – Т. 169. – С. 107049-107059.

3. Ullah, I. Design and development of RNN anomaly detection model for IoT networks [Текст] / I. Ullah, Q. H. Mahmoud // IEEE Access. – 2022. – Т. 10. – С. 62722-62750.
4. Bogatinovski, J. Leveraging Log Instructions in Log-based Anomaly Detection [Текст] / J. Bogatinovski, G. Madjarov, S. Nedelkoski, et al. // 2022 IEEE International Conference on Services Computing (SCC). – IEEE, 2022. – С. 321-326.
5. Le, V.H. Log-based anomaly detection without log parsing [Текст] / V.H. Le, H. Zhang // 2021 36th IEEE/ACM International Conference on Automated Software Engineering (ASE). – IEEE, 2021. – С. 492-504.
6. Le, V.H. Log-based anomaly detection with deep learning: How far are we? [Текст] / V.H. Le, H. Zhang // Proceedings of the 44th International Conference on Software Engineering. – 2022. – С.1356-1367.
7. Mikolov, T. Efficient estimation of word representations in vector space [Текст] / T. Mikolov, K. Chen, G. Corrado et al. // arXiv preprint arXiv:1301.3781. – 2013. – URL: <https://arxiv.org/pdf/1301.3781.pdf> (дата обращения: 05.05.2023).
8. Wszola, E. Faster Parallel Training of Word Embeddings [Текст] / E. Wszola, M. Jaggi, M. Püschel // 2021 IEEE 28th International Conference on High Performance Computing, Data, and Analytics (HiPC). – IEEE, 2021. – С.31-41.
9. Meng, W. A semantic-aware representation framework for online log analysis [Текст] / W. Meng, Y. Liu, Y. Huang et al. // 2020 29th International Conference on Computer Communications and Networks (ICCCN). – IEEE, 2020. – С. 1-7.
10. Le, V.H. Log-based anomaly detection without log parsing [Текст] / V.H. Le, H. Zhang // 2021 36th IEEE/ACM International Conference on Automated Software Engineering (ASE). – IEEE, 2021. – С. 492-504.
11. Guo, H. Logbert: Log anomaly detection via bert [Текст] / H. Guo, S. Yuan, X. Wu // 2021 international joint conference on neural networks (IJCNN). – IEEE, 2021. – С. 1-8.
12. McInnes, L. Accelerated Hierarchical Density Clustering [Текст] / L. McInnes, J. Healy // 2017 IEEE International Conference on Data Mining Workshops. – 2017. – С. 33-42.
13. Модели для классификации: Случайный лес (Random Forest) [Электронный ресурс] / Python-School. – URL: <https://python-school.ru/blog/randomforestclassifier/> (дата обращения: 05.05.2023).

УДК 004.056.5

М.О. ЗАИД АЛКИЛАНИ

muhannad.killani@gmail.com,

Науч. руковод. д-р техн. наук, профессор **И.В. МАШКИНА**

Уфимский университет науки и технологий

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СУБЪЕКТОВ И ОБЪЕКТОВ ДОСТУПА В ПРОМЫШЛЕННОЙ (ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ) СЕТИ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ПОЛИТИКИ РАЗГРАНИЧЕНИЯ ДОСТУПА

Аннотация: в статье основное внимание уделяется использованию модели управления доступом на основе ролей (Role Based Access Control, RBAC) для разработки политики контроля доступа в автоматизированной системе управления технологическим процессом (АСУТП). Представлены информационные активы корпоративной системы, необходимые для работы промышленной сети. Построена иерархия ролей пользователей.

Ключевые слова: автоматизированная система управления технологическим процессом АСУТП, информационные объекты, информационные субъекты, разграничение доступа, управление учетными записями и правами пользователей, иерархия ролей пользователей.

ВВЕДЕНИЕ

Сфера применения информационных систем постоянно расширяется, АСУ ТП – это общий термин, используемый для описания интеграции аппаратного и программного обеспечения с сетевым подключением для поддержки критически важной инфраструктуры. Технологии АСУ ТП включают, но не ограничиваются ими: диспетчерское управление и сбор данных (Supervisory control and data acquisition, SCADA), распределенные системы управления (PCU, DCS), программируемые логические контроллеры (ПЛК, PLCs). АСУ ТП в настоящее время используют открытые архитектуры, они часто подключаются к внешним системам, таким как офисные системы. Сегодня перечисленные устройства АСУ ТП и протоколы, используются практически во всех отраслях промышленности, таких как производство, транспорт, энергетика и т. д. [1,2].

Контроль доступа к данным – это метод, используемый для регулирования доступа сотрудников к информационным ресурсам организации. Он включает в себя использование принципа наименьших

привилегий, общий подход для всех моделей как раз и состоит в разделении множества сущностей, составляющих систему, на множества субъектов и объектов. В общем строим ролевую модель управления доступом RBAC, для этого необходимо создать функциональную модель каждого подразделения и указать должности, провести аудит ИТ-систем и расставить их по приоритетам, нужно создать бизнес-ориентированное описание прав пользователей [3].

В этой статье получим компоненты управления доступом, включая пользователей (субъект) роли, объекты, операции и разрешения для таких компонентов, АСУ ТП как SCADA и другие. Пользователь – это человек или автономный агент, роль – это должностная функция или должность в организации с некоторой связанной семантикой, касающейся полномочий и ответственности, возложенных на члена роли, а разрешение – это одобрение определенного режима доступа к одному или нескольким объектам в системе или некоторых привилегий для выполнения определенных действий. Объекты состоят из наборов ресурсов, которые содержат или получают информацию.

Результаты исследований

Чтобы определить требования к контролю доступа в АСУ ТП, необходимо собрать достаточную информацию о системах АСУ ТП и определить все компоненты, имеющие право доступа. Политика безопасности контроля доступа начинается с определения критических и важных ресурсов, затем определения того, кто может получить доступ к этим ресурсам, и точного знания, какой доступ предоставляется. Необходимо определить роли в организации АСУ ТП и подробно описать тип доступа к критически важным ресурсам, действиям и операциям. Модель управления доступом описывает объекты как ресурсы (например, автоматизированное рабочее место (АРМ), или станция, SCADA-сервер, OPC- сервер, сервера архивных и оперативных данных (БД), программируемые логические контролёры (ПЛК), станция инженера противоаварийной защиты (ПАЗ), и т. д.), а субъекты – как сущности, инициирующие запрос на доступ (например, оператор, технолог, начальник смены, АРМ инженера-программист управления технологическим процессом (АРМ ИУ), АРМ инженер-программиста безопасности (АРМ ИБ), АРМ специалист по контрольно-измерительным приборам (АРМ КИП). Отвечает за управление и наблюдение за промышленными и производственными процессами, используя SCADA систему, Работа инженера-программиста АРМ играет важную роль в АСУ ТП, что позволяет компаниям повышать эффективность и надежность своей деятельности, Инженер-программист по безопасности – это специалист в области

информационной безопасности, который занимается созданием, настройкой, аудитом и обслуживанием систем и мер безопасности в информационных технологиях, Специалист по контрольно-измерительным приборам (КИП) , основная задача – управлять и обеспечивать точное измерение и контроль физических параметров и процессов в различных системах и оборудовании. В таблицах ниже представлены субъекты и объекты системы АСУ ТП [4].

<i>Множество объектов доступа</i>	
<i>Наименование</i>	<i>Обозн</i>
SCADA (приложение)	o1
Человеко-машинный интерфейс HMI	o2
Программное обеспечение OPC сервера	o3
MES, ERP (приложения)	o4
База архивных данных	o5
База оперативных данных	o6
Планы Технологических процессов, Техническое задание (операционные картины, маршруты, этапы операции)	o7
Настройки ПЛК (инструкции)	o8
Алгоритм управления ПЛК	o9
Управляющие сигналы контроллерам	o10
Данные о сигналах с измерительных датчиков	o11
Сведения о протоколах связи (Modbus RTU/TC6, DNP3.0, PROFIBUS, IEC, XML ...)	o12
Данные о настройках и обслуживании оборудования	o13
Данные о сигналах тревоги	o14
Данные о системе тревожной сигнализации (изменение точек тревоги, установка предельного значения)	o15
Сведения о сети (таблицы коммутации и маршрутизации)	o16
Текущие настройки (конфигурации)	o17
Подсистема генерации графических и текстовых отчетов	o18

<i>Множество субъектов доступа</i>	
<i>Наименование</i>	<i>Обозн</i>
Руководитель	PY
ERP менеджер	ER1
специалист по работе с ERP системой,	CERP
MES менеджер	MES1
Начальник (Производства)	N1
инженер по управлению прочесом,	EICS
Scada инженер	SE
инженера противоаварийной защиты (ПАЗ).	EME
Диспетчер	D
Технолог	TE
Оператор	OP
инженер контрольно-измерительным приборам (КИП)	KE
Специалист по обслуживанию измерительного оборудования	CT
Инженер по обслуживанию технологического оборудования	ES
Администратор безопасности	SA
Администратор сети	NA
Администратор	A
Сотрудник	S

Таб 1.0 – Набор информационных объектов и субъектов доступа.

Иерархия ролей является организационным термином, и выделяет подсистемы управления, полагаясь на признак функциональности. Пользователи системы имеют восходящую роль, которая разветвляется вверх, двигаясь по этим ролям, наследуя дополнительные обязанности и переменные роли. Перенимая все упомянутое, они не теряют атрибутов своих прошлых ролей. Они наследуют дополнительные атрибуты, обязанности и связанные с ними переменные роли, которые они берут на себя, не теряя при этом никаких атрибутов своих прежних ролей. Взяв во внимание данные исследования, подготовлена иерархическая структура ролей в системе управления технологическим процессом (рис. 1.0).

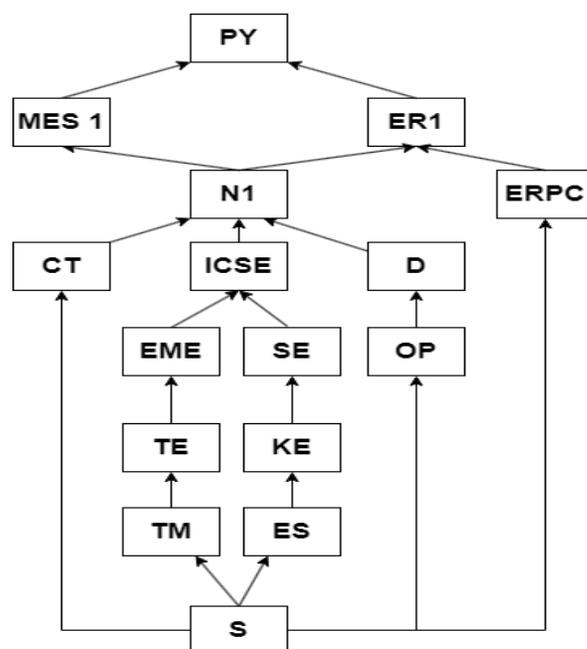


Рис. 1. Иерархическая структура ролей в АСУ ТП

В данной работе рассмотрены политики управления доступом к данным, разработана методика формализации правил взаимодействия информационных субъектов и объектов в АСУ ТП с использованием математической модели RBAC, основанной на группировании прав доступа субъектов АСУ ТП к объектам с учетом специфики их применения. Предлагаемая методика отличается определением множества объектов доступа, специфичных для АСУ ТП, введением подробной иерархической структуры субъектов доступа.

Библиографический список

1. Мотаз Аль Медирес, Мохаммед АльМайа, Кибербезопасность в системе промышленного управления (АСУТП), Международная конференция по информационным технологиям (ICIT), 2021 г., IEEE DOI: 10.1109/ICIT52682.2021.9491741, стр. (640-648).
2. Закария Дриас, Ахмед Серручни, Оливье Фогель, Анализ кибербезопасности для промышленных систем управления, август 2015 г., вы можете найти на <https://www.researchgate.net>.
3. Алессандро Риччи, Мирко Вироли, Андреа Омичини, Управление доступом на основе ролей в MAS с использованием контекстов координации агентов, доступно в Интернете на сайте researchgate с 16 мая 2004 г. по ссылке https://t.ly/TU_T3.
4. Заид Алкилани М.О., Машкина И.В., политика контроля доступа в автоматизированной системе управления технологическим процессом (АСУ ТП), Вестник УрФО № 2(48) / 2023, с. 42–48.

© Заид Алкилани М.О., 2023

И.П. КУЗНЕЦОВ, И.В. НАГОРНЫЙ, В.И. МОСКОВСКИЙ

i.kuznetsov2000@mail.ru, I.nagorny@gmail.com, moskovsky.vlad@gmail.com

Науч. руковод. – д-р. техн. наук, доцент **А.М. ВУЛЬФИН**

Уфимский университет науки и технологий

ДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВРЕДНОСНЫХ ПРОГРАММ С ПОМОЩЬЮ ПЕСОЧНИЦЫ CUSKOO

Аннотация: в рамках данного исследования мы демонстрируем, как можно использовать технологию "песочницы" для выявления образцов вредоносного программного обеспечения. Мы представляем подход для анализа и изучения поведения вредоносных программ с использованием песочницы Cusko. Cusko – это мощный инструмент для исследования вредоносного кода, который способен более подробно анализировать вредоносное программное обеспечение и предоставлять исчерпывающие результаты на основе серии проведенных им тестов.

Ключевые слова: вредоносное ПО, анализ вредоносного ПО, Cusko Sandbox.

ВВЕДЕНИЕ

Вредоносное программное обеспечение, также известное как вредоносное ПО, представляет собой код, разработанный с целью нарушения нормальной работы компьютерных систем. Оно способно нарушать функциональность системы путем заражения ее или сетей.

Злоумышленники стремятся использовать уязвимости, чтобы проникнуть в организации, поэтому необходимо подходить к вопросам безопасности с особой серьезностью. Традиционные методы мониторинга безопасности, такие как межсетевые экраны, системы обнаружения вторжений и системы предотвращения вторжений, могут оказаться бессильными перед новыми эксплойтами.

Помимо традиционных средств, основанных на сигнатурных методах, эксперты в области организационной безопасности также внедряют "песочницы" для выявления новых видов вредоносных программ. "Песочница" представляет собой классический подход, при котором файлы выполняются в изолированной виртуальной среде, что исключает физический вред ресурсам[1]. При запуске в "песочнице" такие файлы могут проявлять вредоносные действия, такие как изменение записей в реестре, удаление файлов или загрузку дополнительных файлов в систему. Песочница создает отдельную сеть, отделенную от основной, что

облегчает анализ вредоносного программного обеспечения и позволяет изучать его поведение практически без риска для рабочей системы. Это можно сравнить с проведением допроса в безопасном режиме, где наблюдается активность вредоносного программного обеспечения, чтобы лучше понять его действия.

ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ РЕШЕНИЙ

Большинство вредоносных программ распространяются через портативные документы и файлы офисных приложений, поэтому имеет смысл открывать эти типы документов в защищенной "песочнице". В данной статье мы рассмотрим некоторые из популярных песочниц, которые широко используются исследователями в области безопасности, такие как Cuckoo [2], Hybrid Analysis, Dionaеа, Cape Sandbox, REMnux и другие.

1. Hybrid Analysis: Hybrid Analysis – это онлайн-сервис анализа вредоносных программ, но также существует открытая версия этого инструмента, которую вы можете развернуть на своем сервере.

2. Dionaеа: Dionaеа – это открытая и бесплатная система сбора данных и анализа вредоносных программ, которую можно развернуть на своем сервере. Она предназначена для симуляции служб и уязвимостей, чтобы привлечь и изучить вредоносные действия.

3. Cape Sandbox: Cape Sandbox - это бесплатный и открытый проект, который позволяет развернуть собственную песочницу на базе Linux. Он предоставляет возможность анализа файлов и URL-адресов на вредоносность.

4. REMnux: REMnux – это специализированный Linux-дистрибутив, предназначенный для анализа вредоносных программ и обратной инженерии. Он содержит множество инструментов и ресурсов, которые могут быть использованы для анализа образов памяти, сетевого трафика и других артефактов.

5. Joe Sandbox: Joe Sandbox предлагает коммерческие версии, но также есть бесплатная версия, которую вы можете использовать для анализа вредоносных образцов. Он предоставляет широкий набор функций для анализа и отчетности [3].

АНАЛИЗ ВРЕДОНОСНОГО КОДА

Для проведения динамического анализа вредоносного программного обеспечения (ВПО) в контролируемой и безопасной среде мы воспользовались песочницей Cuckoo. Данная песочница позволяет проверить реализацию атаки на любой ОС, минуя ее версию, что делает Cuckoo универсальным инструментом в проведении анализа безопасности.

Система, используемая в данной работе, состоит из нескольких компонентов:

1. Компьютер с операционной системой Linux:

Компьютер с операционной системой Linux является хост-системой, на которой работает песочница Cuckoo и где хранятся результаты анализа. Linux предоставляет среду для управления всем процессом анализа и сбора данных, а также обеспечивает безопасность хост-системы.

2. Песочница Cuckoo:

Песочница Cuckoo представляет собой центральный элемент системы. Она предназначена для создания изолированной среды, в которой можно запускать и анализировать потенциально вредоносные файлы. Cuckoo обеспечивает контроль над действиями этих файлов и собирает информацию о их поведении. Этот инструмент позволяет исследователям и аналитикам получать ценные данные о действиях ВПО в реальном времени.

3. Гостевые операционные системы:

Для более полного и реалистичного анализа ВПО вредоносные файлы запускаются внутри виртуальных машин с операционными системами Windows и Linux. Это позволяет имитировать среду, в которой большинство вредоносных программ предназначено для выполнения. Гостевые ОС играют роль "жертвы", на которой проводится анализ ВПО.

Процесс анализа ВПО начинается с загрузки вредоносных файлов в песочницу Cuckoo. Затем Cuckoo запускает эти файлы в виртуальной машине с Windows, записывая и анализируя все действия и события, происходящие внутри этой среды. Результаты анализа, включая журналы и отчеты о поведении ВПО, сохраняются на компьютере с операционной системой Linux для последующего изучения и интерпретации.

Такая система, сочетающая в себе песочницу Cuckoo и виртуальные машины с разными операционными системами, позволяет проводить детальный и надежный динамический анализ ВПО, предоставляя исследователям информацию о его поведении и потенциальных угрозах.

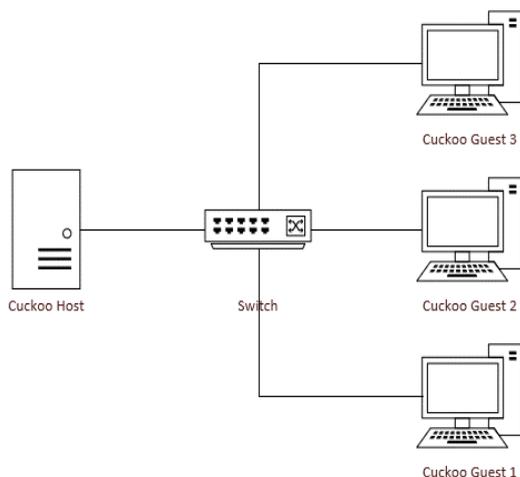


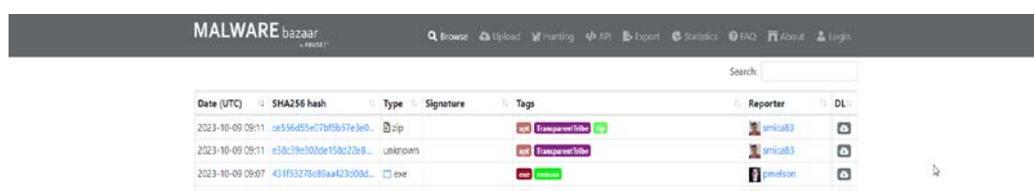
Рис. 1. Архитектура песочницы Cuckoo

ХОД РАБОТЫ

Эксперимент, проводимый в рамках нашей работы, состоит из нескольких шагов:

1. Посещение сайта с файлами, содержащими вирусное ПО:

На начальном этапе исследования кибербезопасности произвели посещение онлайн-ресурса, на котором предоставляется доступ к файлам, содержащим потенциально вредоносное программное обеспечение (рис.2). Эти файлы не подвергаются индексации или распознаванию с использованием современных технологий, применяемых в антивирусных средствах защиты, что означает их невозможность идентификации как вредоносного ПО[4].



Date (UTC)	SHA256 hash	Type	Signature	Tags	Reporter	DL
2023-10-09 09:11	ae556d59c77f9b37e3e0...	zip		TransparentFile	emica83	
2023-10-09 09:11	e58c39e303de158c22e8...	unknown		TransparentFile	emica83	
2023-10-09 09:07	43f93278c89a442309d...	exe		ransom	pmidson	

Рис. 2. Malware bazaar

2. Проверка наличия срабатывания на других сайтах:

Далее, выполняется проверка загруженных файлов на другом веб-ресурсе с использованием различных антивирусных программ и антивирусных баз данных(рис.3). Важно отметить, что ни одно из обнаруженных антивирусных решений не классифицировало загруженные файлы как вредоносные. Это свидетельствует о недостатке существующей системы идентификации ВПО в отношении данных файлов и указывает на их потенциальную опасность для систем безопасности.

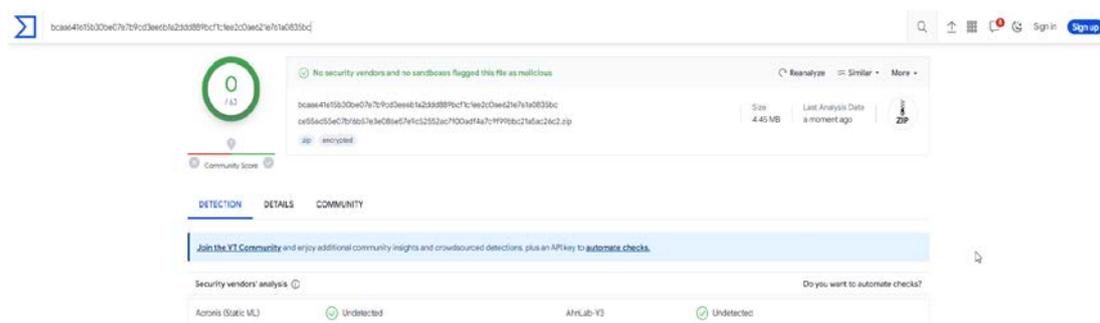


Рис. 3. VirusTotal

Этот процесс анализа подчеркивает важность постоянной актуализации антивирусных баз данных и технологий для обеспечения эффективной защиты от новых и неизвестных угроз. Необнаруженные вирусы и другие виды ВПО могут представлять серьезную угрозу для безопасности информационных систем, и, следовательно, необходимо

принимать соответствующие меры для обеспечения их обнаружения и нейтрализации [5,6].

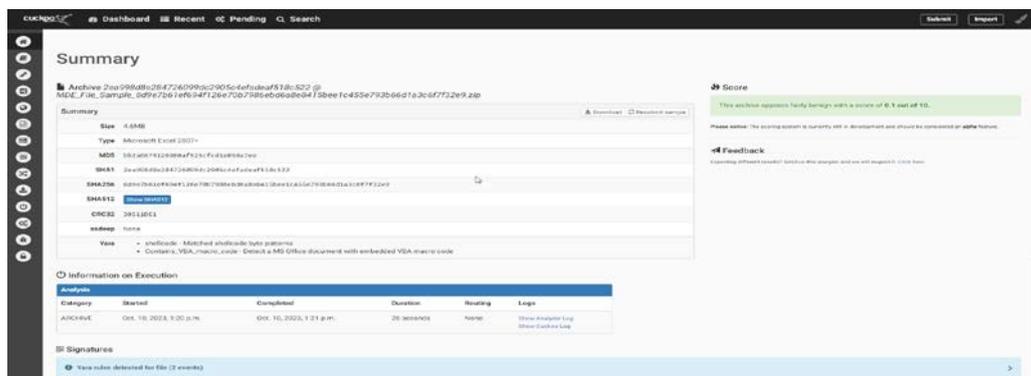


Рис. 4. Анализ файла в Cuckoo

На рисунке выше мы видим, что нераспакованный архив не предоставляет никакой опасности для пользователя и системы в целом, однако после детального изучения данного файла в песочнице мы видим, что Cuckoo идентифицирует данный файл как вредоносный, выполняя последовательный действия (рис.5):

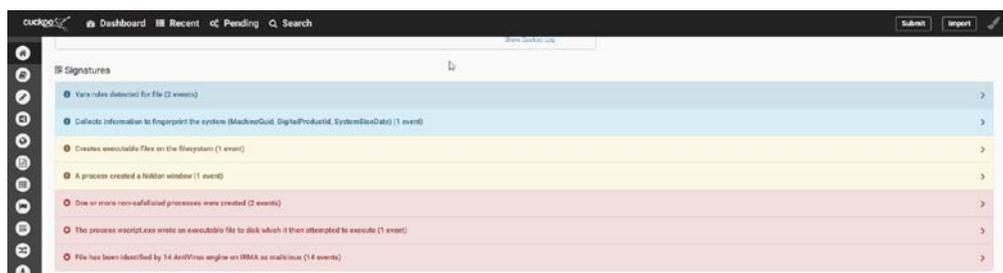


Рис. 5. Дерево процессов



Рис. 6. Log Analyzer

В качестве примера реализованной атаки, Cuckoo предоставляет скриншот о том, какие действия ожидают пользователя после распаковки данного архива (рис.7).

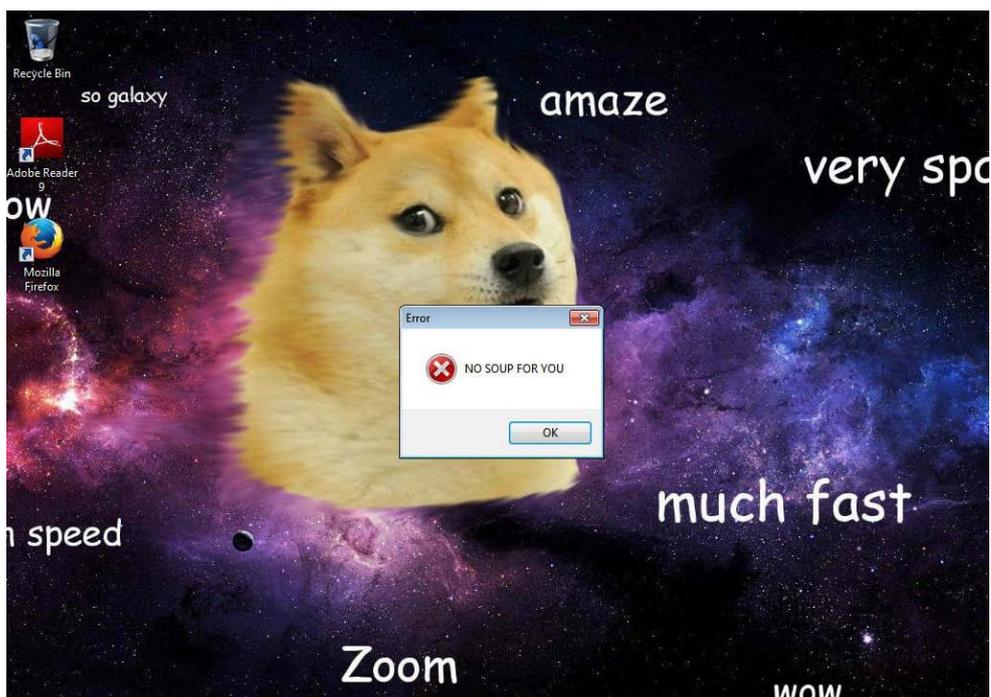


Рис. 7. Результат работы ВПО

По итогу, администратор безопасности получает уведомление об опасности подобной программы в виде качественной оценки по шкале из 10 условных единиц опасности:

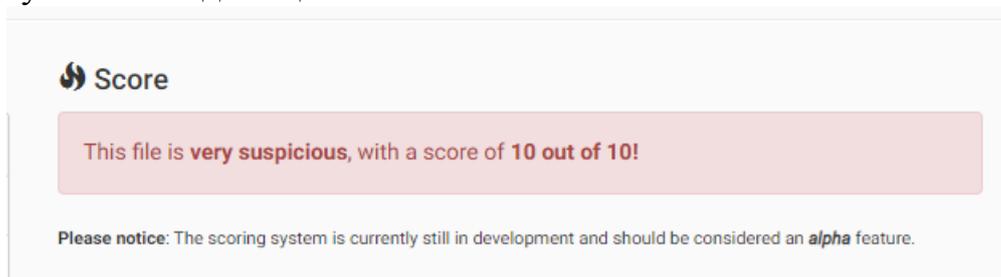


Рис. 8. Оценка ВПО

ВЫВОД

В условиях растущего числа кибератак и увеличения времени, затрачиваемого на анализ образцов вредоносного программного обеспечения, стоимость такого анализа становится значительным фактором. Мы предлагаем автоматизированную среду, идеально подходящую для оценки вредоносности приложений в организациях.

При работе с образцами вредоносного ПО необходима максимальная защита. Автоматизированный анализ поведения с использованием песочницы Сискоо предоставляет гибкое решение для исследования вредоносного ПО. Эта система генерирует подробный отчет на основе результатов тестирования вредоносного кода во время его выполнения.

Также проведено исследование кода образцов вредоносного ПО. Анализ поведения требует гораздо меньше времени для завершения

исследования. Песочница Cuckoo предоставляет подробный отчет после успешного выполнения образца вредоносного кода, что позволяет более точно оценить уровень вредоносности программы.

Библиографический список

1. Greamo, C., Ghosh, A., Sandboxing and Virtualization: Modern Tools for Combating Malware, Security & Privacy, IEEE, April 2011, Volume: 9, Issue: 2, pp. 79-82.
2. What is Cuckoo? [Электронный ресурс] – URL: <https://cuckoosandbox.org/> (дата обращения: 12.09.2023)
3. Sandbox (software testing and security) [Электронный ресурс] – URL: <https://www.techtarget.com/searchsecurity/definition/sandbox> (дата обращения: 15.09.2023)
4. VirusTotal [Электронный ресурс] – URL: <https://www.virustotal.com/> (дата обращения: 17.09.2023)
5. R. Richardson and M.M. North, “Ransomware: Evolution, mitigation and prevention,” International Management Review, vol. 13, no. 1, pp. 10–27, 2017
6. B.A.S. Al-rimy, M.A. Maarof and S.Z.M. Shaid, “Ransomware threat success factors, taxonomy, and countermeasures: A survey and research directions,” Computers & Security, vol. 74, no. 9, pp. 144 – 166, 2018

© Кузнецов И.П., Нагорный И.В., Московский В.И., 2023

УДК 004.056

В.О. ИВАНКО, В.С. СЕМЁНОВ, Р.А. ГИЗИТДИНОВ

one_2000@bk.ru

Науч. руковод. – д-р техн. наук, доцент **А.М. ВУЛЬФИН**

Уфимский университет науки и технологии

ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ КИБЕРПОЛИГОНОВ

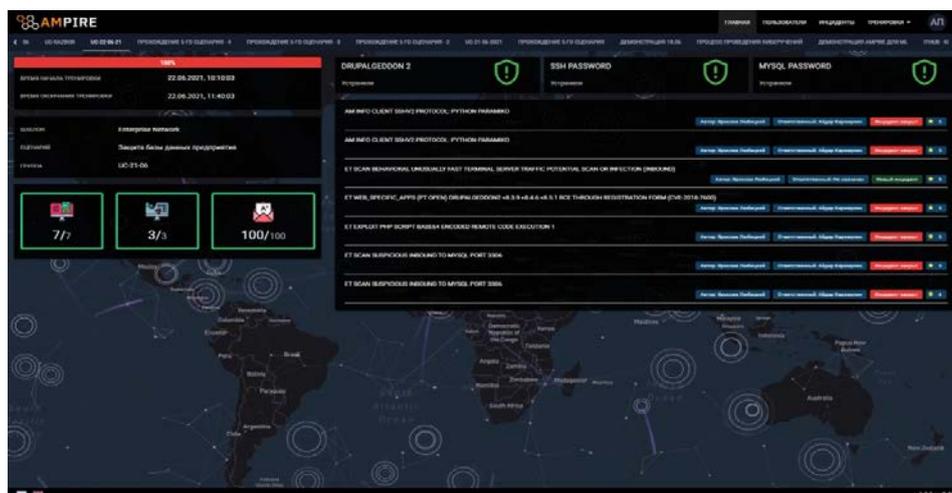
Аннотация: в данной научной статье представлен обзор существующих киберполигонов – специализированных платформ и сред, предназначенных для исследования, разработки и тестирования систем защиты информации, а также обучения специалистов в области информационной безопасности. Авторы рассматривают различные типы киберполигонов, их архитектуру,

функциональность и возможности. Особое внимание уделяется методам моделирования атак и оценке эффективности систем безопасности в условиях, приближенных к реальным. Статья может быть полезна исследователям, специалистам по информационной безопасности, преподавателям и студентам соответствующих направлений.

Ключевые слова: киберполигон, информационная безопасность

Развитие информационных систем в 21 веке достигло своего апогея: вся информация о людях, предприятиях и финансах хранится на электронных носителях. Вопрос о защищенности данных в наше время стоит особенно остро-атаки, проводимые злоумышленниками, участились на фоне политических событий. Происходящее на мировой арене так же негативно сказалось на рынке средств защиты информации-их количество сильно сократилось. Отрасль информационной безопасности нуждается в большом количестве новых квалифицированных кадров. В данном вопросе на помощь приходят киберполигоны. Что же это такое? Это виртуализированная или эмулированная ИТ-инфраструктура (ваша собственная или типовой организации), на которой воспроизводятся кибератаки разной степени сложности. Если ваш SOC (Security Operation Center, центр мониторинга и реагирования на киберугрозы) смог выявить, расследовать и/или отразить атаку на киберполигоне, то с большой вероятностью он сможет сделать это и в реальной жизни. При помощи таких инструментов многие предприятия, работающие в сфере информационной безопасности, повышают квалификацию и готовность своих сотрудников. В данной статье будут рассмотрены существующие киберполигоны, предлагаемые отечественными компаниями.

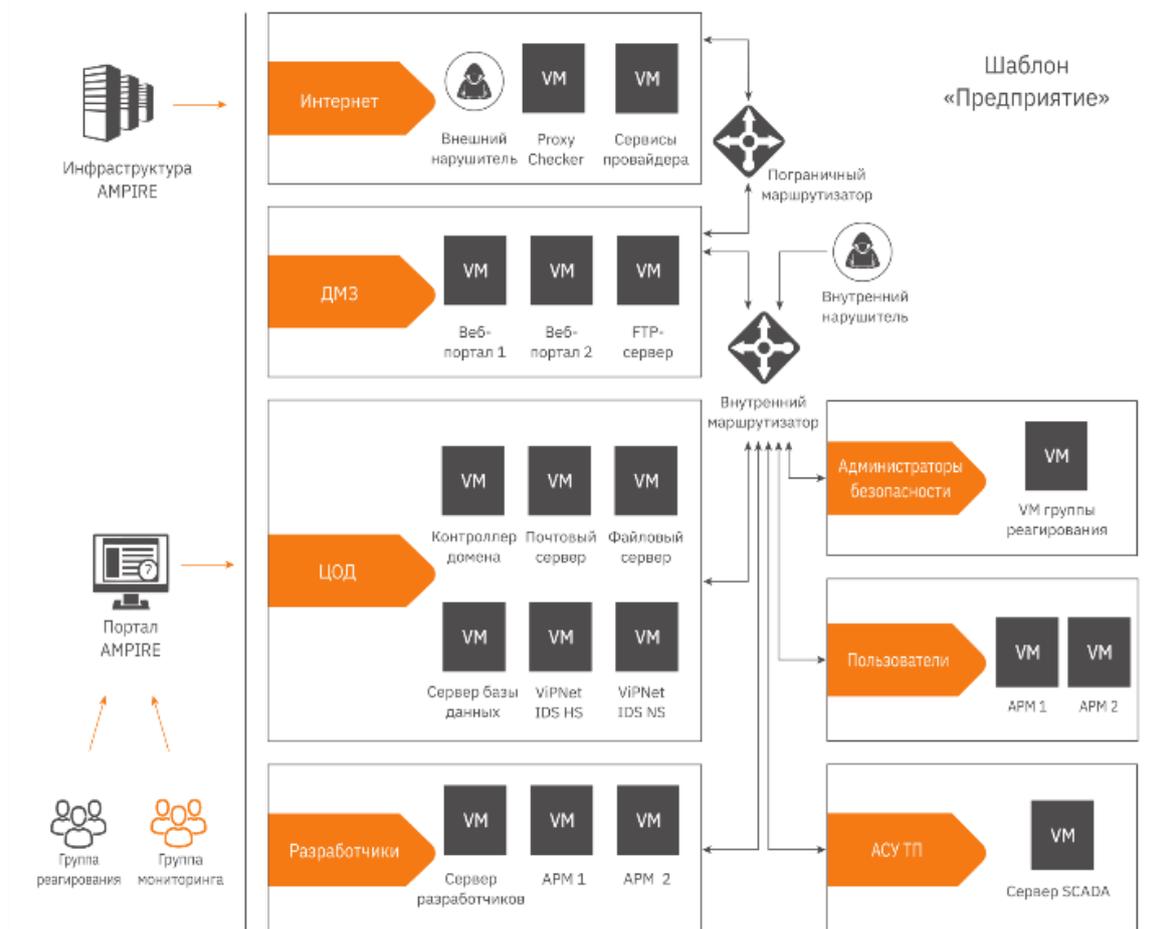
Ampire



Первым на очереди в нашей статье будет киберполигон компании «Перспективный мониторинг» Ampire. Данное решение имеет Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2019613098, выданное Роспатентом 07.03.2019 г. Так же Ampire зарегистрирован в Едином реестре российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных 20.09.2019 г. (рег. номер ПО 5861).

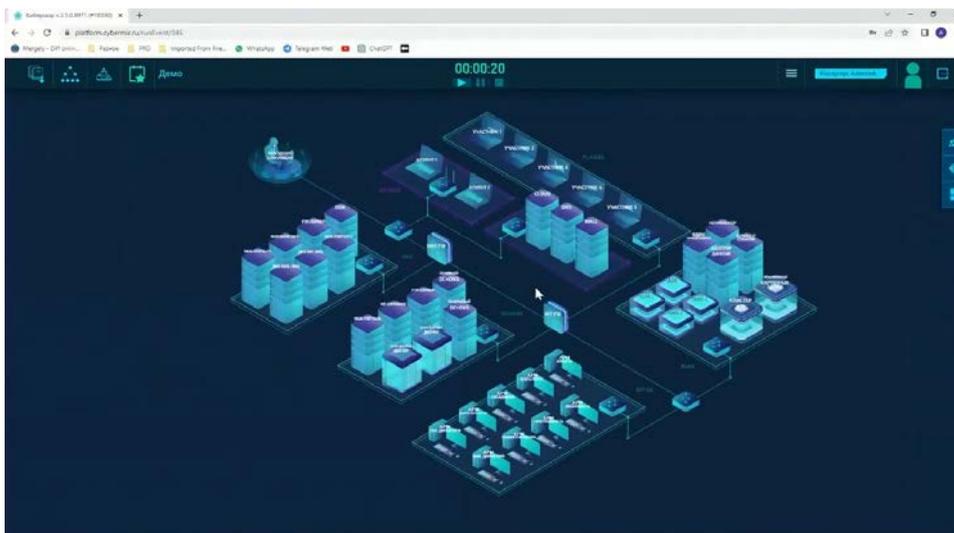
Киберполигон Ampire позволяет моделировать типовые и специализированные информационные системы, активировать векторы компьютерных атак, которые характерны для внешнего и внутреннего нарушителей. Так же данное решение проводить обучение не только очно, но и дистанционно. Существует так же и мобильная версия состоящая из:

- сервера формата tower
- девяти лаптопов
- ноутбука преподавателя, если потребуется
- свитча
- монитора
- комплекта коммутации и периферии



Кибермир

Компания "Ростелеком" разработала Национальный киберполигон и платформу "Кибермир" в рамках программы "Цифровая экономика". Создание этих платформ было основано на экспертизе дочерней компании "Ростелеком-Солар". Платформа "Кибермир" предназначена для широкой аудитории, включая ИБ-специалистов различных компаний, представителей государственных органов, студентов и преподавателей. "Кибермир" является высокотехнологичной платформой с цифровыми копиями ИТ-инфраструктур основных отраслей российской экономики. Она позволяет безопасно практиковать навыки по защите от киберугроз. Национальный киберполигон доступен круглый год благодаря встроенным шаблонам типовых предприятий, что позволяет избежать необходимости создавать и настраивать инфраструктуру полигонов с нуля. Киберполигон разделен на четыре сегмента: корпоративный офис, электроэнергетический сегмент, нефтегазовый сегмент и банковский сектор. К 2024 году планируется расширить полигон более чем на 10 новых сегментов.



Киберполигон от Positive Technologies

Первый в России киберполигон был создан на CTF соревнованиях, где участники и зрители могут наблюдать последствия атаки злоумышленников. В настоящее время этот формат является полноценным симулятором для решения реальных задач бизнеса: например, сход поезда с рельса при падении поезде или падение моста из-за того что преступники проникли внутрь системы управления железной дорогой (в данном случае), если бы они добрались до систем автоматического регулирования железнодорожной дороги. В 2016 году хакеры и защитники города провели

кибербитву на полигоне, воссоздающем ключевые объекты информационной инфраструктуры целого городка.

В сценарии катастрофы у атакующих есть возможность реализовать взрыв на газораспределительной станции, отключение линий электропередачи и многое другое. Альтернативные модели катастроф не исключают возможности разрушения очистных сооружений или загрязнения окружающей среды. Команды защитников занимаются расследованием инцидента, отслеживают действия атакующих и изучают их тактики и техники. В 2021 году The Standoff прошел два раза, а также бета-тестирования с этичными хакерами; теперь платформа доступна всем желающим 365 дней в год.

Преимущества The Standoff:

- Инфраструктура киберполигона воссоздаёт реальные операционные и бизнес процессы, существующие в различных отраслях промышленности.
- В команде защитников существует множество вариантов участия для команд защиты – от выбора способов подключения к информационной инфраструктуре и использования СЗИ до планирования сценариев расследования и усиления охраны.
- Отработка навыков защиты в противостоянии с хакерами со всего мира, без заготовленных сценариев и векторов атак.
- Развёрнутая обратная связь по итогам киберучений о работе команды защиты от экспертов по кибербезопасности.

Вывод

Как было выше сказано: киберполигоны-это отличное решение для учебных заведений и предприятий, позволяющие проходить обучения при помощи определенных сценариев, которые будут заранее проработаны специалистами с неким опытом работы информационной безопасности. Такие сценарии позволяют погрузить студента или специалиста в условия реальных атак. Таким образом квалификация и умения кадров будет расти в геометрической прогрессии. По мнению авторов данной статьи: каждое предприятие, связанное с информационной безопасностью, должно иметь свои киберполигоны и вот почему:

- Собственные киберполигоны позволяют создавать и разворачивать любые нужные предприятию сценарии
- Позволяют повысить квалификацию в использовании конкретных средств защиты информации, имеющихся у предприятия
- В процессе разворота собственного киберполигона повышаются умения у системных администраторов и девопсов на предприятии, что в дальнейшем также позитивно скажется на их работе

Библиографический список

1. Обзор рынка киберполигонов [Электронный ресурс] // <https://www.anti-malware.ru/> Электронный журнал. – Режим доступа: https://www.anti-malware.ru/analytics/Market_Analysis/Cyber-Polygons#part51
2. Киберполигон Ampire [Электронный ресурс] // <https://amonitoring.ru/> Электронный журнал. – Режим доступа: <https://amonitoring.ru/product/ampire/>
3. Национальный киберполигон. Отработка практических навыков по кибербезопасности. [Электронный ресурс] // <https://cybermir.ru/>
4. Киберполигон The Standoff 2022 изнутри [Электронный ресурс] // <https://www.anti-malware.ru/> Электронный журнал. – Режим доступа: https://www.anti-malware.ru/analytics/Technology_Analysis/The-Standoff-2022-from-within

© Иванко В.О., Семёнов В.С., Гизитдинов Р.А., 2023

УДК 004.056

М.Г. АЛЧИНОВ

alchinov155@yandex.ru

Науч. руковод. – д-р. техн. наук, доцент. **А.М. ВУЛЬФИН**

Уфимский университет науки и технологий

УПРАВЛЕНИЕ УЯЗВИМОСТЯМИ

Аннотация: в данной статье рассматривается важность обеспечения безопасности компьютерной инфраструктуры через установку своевременных обновлений и управление уязвимостями. В нем рассматривается процесс патч-менеджмента, включающий этапы поиска активов, сканирования, обработки результатов, устранения уязвимостей и контроля за исправлениями. Текст также описывает классические и виртуальные методы исправления уязвимостей, включая автоматическое исправление и принципы виртуального патчинга.

Ключевые слова: патч-менеджмент; программное обеспечение (далее ПО); устранение уязвимостей; обновление ПО; уязвимости.

Важным процессом обеспечения безопасности компьютерной инфраструктуры является своевременная установка обновлений во все управляемые программные системы. Они позволяют поддерживать в

актуальном состоянии антивирусные и эвристические базы данных, вовремя закрывать обнаруженные бреши в безопасности эксплуатируемых операционных систем и приложений [1].

Патч-менеджмент — это процесс, который помогает приобретать, тестировать и устанавливать исправления (изменения в коде) для существующих приложений и программных средств на компьютере, позволяя системам постоянно обновлять существующие исправления и определять, какие исправления являются подходящими.

Программный патч — фрагмент кода, предназначенный для исправления ошибки или добавления новых функций в приложение.

Управление исправлениями — процесс управления сетью компьютеров путем регулярного развертывания исправлений для поддержания компьютеров в актуальном состоянии.

Основным способом защиты от эксплуатации известных уязвимостей является выстраивание процесса патч-менеджмента [2].

Этапы процесса управления уязвимостями:

- поиск активов;
- сканирование активов;
- обработка результатов;
- устранение уязвимостей;
- контроль за исправлением.

1. Инвентаризация и сбор данных об активах

Процесс подразумевает выявление устройств в информационной системе (далее ИС) и распределение по группам однотипных устройств, например группы: IP-телефония, сетевое оборудование, видеонаблюдение и т.д. Необходимо разработать систему, чтобы иметь контроль над ситуацией в сети, действиями с устройствами. Это помогает вовремя реагировать на инциденты и иметь понимание структуры активов.

2. Сканирование активов

Прежде всего необходимо проинформировать заказчика о датах сканирования и активов, которые будут задействованы. Обычно компании заключают договор на аутсорсинг с разным сроком, соответственно сканирование должно проводиться регулярно на протяжении всего срока сотрудничества, либо по договоренности от 1 дня до года. В качестве альтернативы есть вариант сканирования однотипных устройств не целиком, а выборкой, что позволяет оптимизировать затрачиваемые ресурсы, в случае выявления критичной уязвимости производится сканирование найденной уязвимости уже всей группы устройств. При появлении новой критичной уязвимости в Интернете, производится внеплановое сканирование.

3. Анализ результатов сканирования

На данном этапе специалисты по информационной безопасности приоритизируют уязвимости по уровню критичности, с целью не

увеличивать нагрузку на программистов и системных администраторов, чтобы не исправлять каждую угрозу даже ту, которая имеет низкий или средний уровень, это позволяет сфокусироваться на скорости и времени исправления только тех, которые могут

4. Контроль устранения уязвимостей

Платформа регистрации, обработки и работы над инцидентами позволяет устанавливать сроки работы над устранением уязвимости, а также следить за статусом исправления. Система построена таким образом, что заявка закрывается, когда будет подтверждено что уязвимость на хостах не присутствует.

В классическом методе исправления уязвимостей, самым популярным является предотвращение версионных уязвимостей – это процесс сравнения установленных версий пакетов ПО на попадание их в список «не имеет уязвимостей». Данный вопрос решают администраторы и отдел разработки ПО, определяют какие риски можно принять, а что нужно исправить моментально.

Ручное исправление, например: переходить от хоста к хосту в попытках обновить программное обеспечение, что является довольно длительным и неэффективным процессом, когда в инфраструктуре находится 100 и более хостов.

Автоматическое исправление – это, в первую очередь, системные обновления по расписанию. А также решение Puppet - централизованное управление конфигурацией операционной системы (далее ОС) и ПО, на рисунке 1 показан процесс работы с Puppet: узлы сети, управляемые с помощью Puppet, периодически опрашивают сервер, получают и применяют внесённые администратором изменения в конфигурацию [5].

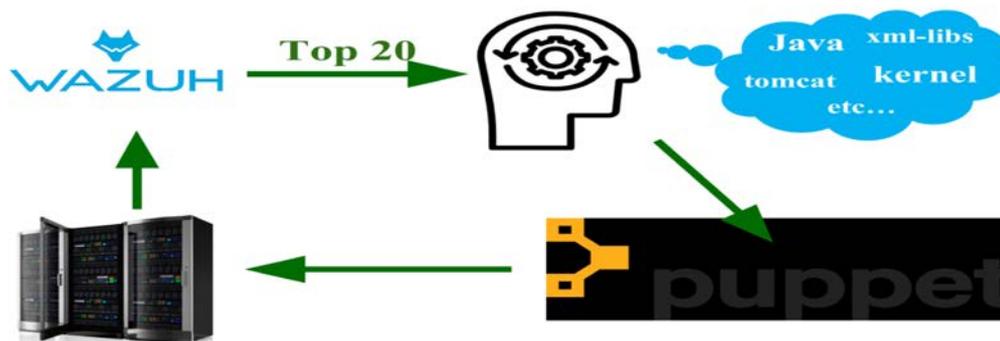


Рисунок 1 – Исправление уязвимостей с помощью Puppet

Помимо классического метода исправления уязвимостей существует виртуальный патчинг, который позволяет моментально исправить уязвимость не прибегая к изменению кода ПО или ожиданию выхода обновления, а оперативная разработка и внедрение политики безопасности, как правило, реализуется в межсетевых экранах для веб-приложений. Принцип работы осуществляется путем анализа пакетов и их сопоставления с базой данных известных уязвимостей [4]

Разработка методологии в условиях:

- технологические процессы, зависимые от конкретных версий ПО;
- дороговизна исправления кода;
- ограниченность в человеческих ресурсах;
- отсутствии патчей обновлений;
- отсутствии времени.

Виртуальный патч работает, поскольку уровень обеспечения безопасности анализирует транзакции и перехватывает атаки в пути, поэтому вредоносный трафик никогда не достигает веб-приложения.

Виртуальное исправление, в отличие от традиционного исправления, позволяет исправлять WEB приложение, не затрагивая само приложение, его библиотеки, операционную систему или даже систему, в которой оно работает. С технической точки зрения, виртуальное исправление — это метод устранения проблемы путем изменения или устранения уязвимости путем управления входными данными для этого приложения через внешнее приложение, оболочку, прокси-сервер или виртуальный сервер. [4].

Наиболее распространенный способ реализации виртуальных исправлений – это размещение прокси-сервера или встроенного манипулятора пакетов между приложением и источником его входных и выходных данных. Существуют и другие средства реализации виртуальных исправлений, такие как манипулирование кодом в реальном времени и оболочки приложений.

Примерами проведения виртуального патчинга может служить:

- добавление IP-адреса в black-list;
- ограничение доступа к ресурсу;
- принятие организационных мер;
- отключение сервиса.

При выборе параметра типы атак, то запрос будет заблокирован, если WAF перечисленных типов. - нода обн

Если выбран параметр «все запросы», то запрос будет заблокирован, если в нем присутствует выбранный параметр, даже если в нем не обнаружен вектор атаки.

Последние можно реализовать с помощью сервиса API Security «Валарм», который анализирует все входящие HTTP блокирует любой вредоносный запрос [3]. - запросы и

«Валарм» непрерывно собирает метрики со всего сетевого трафика и обрабатывает собранные их в Облаке, применяя машинное обучение. Проверка всего сетевого трафика ведется через фильтрующую ноду «Валарм», устанавливаемую в сетевую инфраструктуру компании. Нода выполняет следующие действия:

- блокирует вредоносные запросы и пропускает легитимные;

- анализирует весь сетевой трафик компании;
- собирает метрики сетевого трафика и выгружает их в Облако «Валарм»;
- загружает индивидуальные правила для сетевых ресурсов из Облака Валарм.

Дополнительные программы для осуществления виртуального патчинга:

- IBM Security Intrusion Protection System;
- McAfee Virtual Patching for Databases;
- Trendmicro Deep Security 9;
- Hedgehog vPatch;
- ModSecurity.
- Imperva WAF Testing Framework.

Стоит отметить, что зачастую, этап устранения уязвимостей опускается, что негативно сказывается на всей ИС предприятия и ставит под угрозу его активы. Связано это с тем, что в инфраструктуре не отлажен процесс vulnerability management, для этого в данной работе была предложена технология по контролю устранения уязвимостей, которая является гибкой, её можно дополнять и подстраивать под потребности конкретно каждой организации.

6. Ценность виртуальных исправлений

Если учесть многочисленные ситуации, когда организации не могут просто сразу отредактировать исходный код, ценность виртуальных исправлений становится очевидной [6]. С точки зрения организаций преимущества заключаются в следующем:

- это масштабируемое решение, поскольку оно реализовано в нескольких местах по сравнению с установкой исправлений на всех хостах;
- это снижает риск до тех пор, пока не будет выпущено исправление, предоставленное поставщиком, или пока исправление не будет протестировано и применено;
- вероятность возникновения конфликтов меньше, поскольку библиотеки и файлы кода поддержки не изменяются;
- он обеспечивает защиту критически важных систем, которые нельзя отключать;
- это сокращает затраты на время и деньги, затрачиваемые на аварийное исправление;
- Это позволяет организациям поддерживать нормальные циклы исправлений.

Вывод:

Обеспечение безопасности компьютерной инфраструктуры является важным аспектом в современном мире информационных технологий. Своевременная установка обновлений и управление уязвимостями играют

ключевую роль в обеспечении защиты данных и систем от потенциальных угроз.

Одним из важных методов обеспечения безопасности является патч-менеджмент, который позволяет поддерживать программное обеспечение в актуальном состоянии и закрывать обнаруженные уязвимости. Этот процесс может быть выполнен как вручную, так и автоматически с использованием специальных инструментов, таких как Puppet.

Виртуальный патчинг представляет собой инновационный подход к управлению уязвимостями, позволяя исправлять уязвимости без изменения исходного кода приложений. Этот метод обеспечивает гибкость, снижение риска и экономию времени и ресурсов, особенно в ситуациях, когда немедленное исправление невозможно.

Таким образом, виртуальные исправления имеют большую ценность для организаций, позволяя им обеспечивать безопасность своих систем и данных, минимизировать риски и поддерживать бесперебойную работу критически важных систем. Этот подход становится все более актуальным в современном мире информационных технологий, где угрозы постоянно эволюционируют, а обновление программного обеспечения не всегда возможно немедленно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Менеджмент уязвимостей [Электронный ресурс] – URL: <https://www.ptsecurity.com/ru-ru/research/analytics/vulnerability-management-instructions-for-use/>
- 2 The Administrator Shortcut Guide to Patch Management [Электронный ресурс] – URL: <https://www.realtimerepublishers.com/chapters/1175/asgpm-1.pdf>
- 3 API Security «Валарм» документация [Электронный ресурс] – URL: <https://www.wallarm.com/>
- 4 Виртуальный патчинг [Электронный ресурс] – URL: <https://habr.com/ru/company/acribia/blog/481774/>
- 5 Puppet документация [Электронный ресурс] – URL: <https://puppet.com/>
- 6 NIST SP 800-40 Rev. 4 (Draft) "Guide to Enterprise Patch Management Planning: Preventive Maintenance for Technology". [Электронный ресурс] – URL: <https://csrc.nist.gov/publications/detail/sp/800-40/rev-4/final>

© Алчинов М.Г., 2023

Р.В. КРЫЛОВ, Р.И. ГАЛЛЯМОВ

roman.krilow@mail.ru, ymrist2k19@gmail.com

Науч. руковод. – д-р техн. наук, доцент **А.И. ВУЛЬФИН**

Уфимский университет науки и технологий

АНАЛИЗ РОССИЙСКИХ DLP-СИСТЕМ

Аннотация: проведен сравнительный анализ трех DLP-систем: "Сёрчинформ КИБ", "Falcongaze SecureTower" и "InfoWatch Traffic Monitor". В ходе анализа были выявлены схожие функциональные возможности всех трех систем, предназначенных для обеспечения защиты от внутренних угроз в компьютерных системах и сетях. Рассмотрены особенности настройки политик безопасности, работы с инцидентами, а также удобство использования каждой системы.

Ключевые слова: DLP-системы; защита от внутренних угроз; утечка данных; отечественны ПО, перехват информации; информационная безопасность; конфиденциальность; анализ информации; мониторинг.

В нынешнее время компании, укрепляющие информационную безопасность, не задумываются, насколько внутренние угрозы безопасности могут быть опаснее, чем угрозы из вне. Каждый сотрудник может передавать конфиденциальную информацию третьим лицам, сам того не понимая. В основном такие действия могут быть бессознательными, но они могут принести миллионные убытки для компании. Из этого вытекает вопрос как бороться с угрозами внутри компании? Для таких инцидентов появились комплексные решения такие как DLP системы.

DLP (Data Loss Prevention) – это система, направленная на предотвращение утечек конфиденциальной информации из корпоративной среды. Эта технология обеспечивает контроль и мониторинг передачи данных, чтобы предотвращать несанкционированное раскрытие чувствительных данных. DLP-системы могут определять, мониторить и управлять передачей информации на основе заранее заданных политик безопасности.

В данной статье рассматриваются DLP-решения от трех российских разработчиков программного обеспечения в области информационной безопасности SearchInform, Falcongaze и InfoWatch:

- SearchInform КИБ
- Falcongaze SecureTower
- InfoWatch Traffic Monitor

Анализ отечественных DLP-решений поможет выбрать более совершенную систему среди конкурентов.

Исследование интерфейса

Рассмотрим графический интерфейс продукта от SearchInform (рис.1). Данный интерфейс делится на несколько вкладок:

–поиск. Позволяет настраивать процессы обнаружения и перехвата данных посредством задания системных фраз, ключевых слов и шаблонов и считывать информацию из переписок и бесед в социальных сетях и мессенджерах;

–текущая активность. Даёт возможность просматривать рабочий стол того или иного пользователя, когда он находится за своим рабочим компьютером;

–файловый аудитор. В ней осуществляется сбор информации о пользовательские файлы и папках, а также реализует теневое копирование;

–профайл. Вкладка обладает функциями по составлению психологических профилей пользователей на основе их активности;

–отчёт. Позволяет формировать отчёты, используя различные фильтры и сортировки.

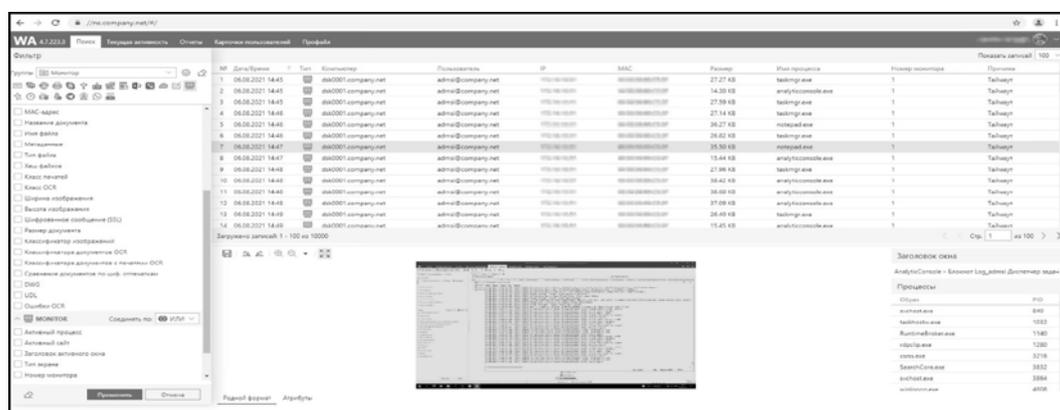


Рис. 1. SearchInform КИБ

В состав консоли пользователя системы Falcongaze Secure Tower (рис.2) входят вкладки, к которым относятся:

– комбинированный поиск. Реализует поиск по перехваченным данным;

– поиск информации;

– мониторинг файловых систем. Позволяет осуществлять поиск файлов на рабочих станциях.

Также консоль обладает инструментами мониторинга пользовательской активности и наблюдения за ними на их рабочих местах за счёт обработки входящей аудио- и видеоинформации.

Во вкладке «Центр отчётности» осуществляется формирование соответствующих отчётов, используя различные фильтры и сортировки.

В свою очередь, во вкладке «Центр обеспечения безопасности» настраиваются соответствующие политики безопасности.

Вкладка «Центр расследований» включает в себя функции, предназначенные для работы с документацией во время проведения расследований.

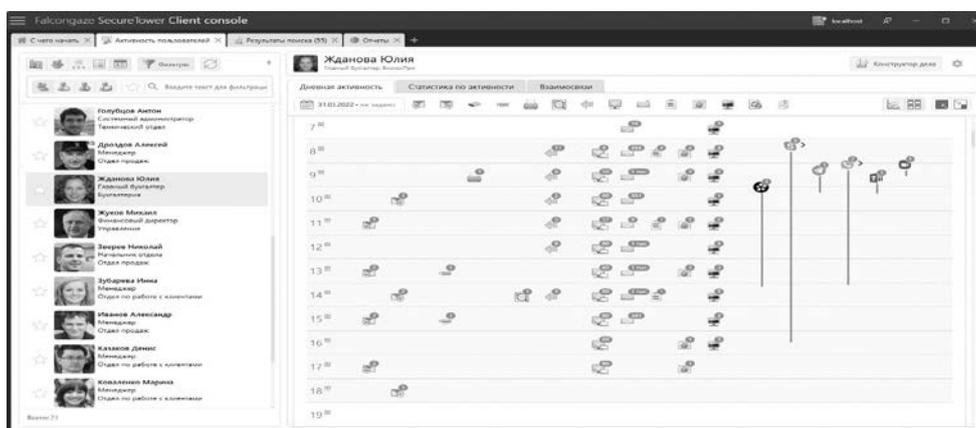


Рис. 2. Falcongaze Secure Tower

Также в рамках обзорной статьи рассмотрим основную страницу системы «InfoWatch Traffic Monitor» на рисунке 3, которая содержит следующие вкладки:

- сводка. В ней отображается статическая информация о нарушителях и их нарушениях;
- события. Содержит перечень объектов перехвата и средств, предназначенных для работы с ними;
- отчёты. Представляет статистику перехваченных объектов в виде графиков, диаграмм и таблиц;
- технологии. Данная вкладка отображает предустановленные графические объекты, а также различные редактируемые справочники;
- персоны. Содержит информацию о пользователях системы;
- списки. Включает изменяемые справочники тегов, веб-ресурсов, статусов, периметров и неизменяемый список файлов;

–политики. Здесь производится конфигурация действий, выполняемых системой.



Рис. 3. InfoWatch Traffic Monitor

Сравнение

На данном этапе произведём сравнительный анализ ранее рассмотренных DLP-систем на основе общедоступной информации, представленной компаниями-разработчиками данных продуктов, в виде таблицы 1.

Таблица 2 Сравнительный анализ

	Серчинформ КИБ	Falcongaze SecureTower	Infowatch Traffic monitor
Электронная почта (контролируемые протоколы)	SMTP, POP3, IMAP, MAPI, NNTP, S/MIME, Контроль веб-почты	SMTP, POP3, IMAP, MAPI, Контроль веб-почты	SMTP, POP3, IMAP, MAPI, S/MIME, Контроль веб-почты
Мессенджеры и соцсети	Все популярные мессенджеры, также сайты на платформе Mamba; VK, Facebook и т.д.	Все популярные мессенджеры; VK, Facebook и т.д.	Все популярные мессенджеры; VK, Facebook и т.д.
Контроль облачных сервисов и хранилищ	Да	Да	Да
Контроль зашифрованного трафика	Да	Да	Да
Контроль печати	Да	Да	Да
Контроль и блокирование внешних носителей	Да	Да	Да
Аудио- и видеомониторинг	Да	Да	Да

Снимки текущего экрана	Да	Да	Да
Просмотр экрана в реальном времени	Да	Да	Нет
Кейлоггер	Да	Да	Да, в отдельной консоли
Настройка политики безопасности	Да, в отдельной консоли	Да	Да
Поддерживаемые форматы файлов (текст, изображения, архивы)	Распространенные текстовые форматы, включая Microsoft Office, PDF, RTF; Все популярные графические форматы. Популярные форматы архивов:	Распространенные форматы, включая форматы Microsoft Office, OpenOffice, PDF; Популярные графические форматы; Архивные форматы GZIP, ZIP, TAR, TIFF	Microsoft Office, PDF, RTF, CHM; Все популярные графические форматы; Популярные форматы архивов

Как видно по таблице, представленной выше, обозреваемые программы обладают схожими функциями – каждый из продуктов обладает всеми необходимыми функциями для анализа инцидентов. Также стоит определить примерные затраты на продукты. Стоимость решения от InfoWatch обойдется примерно в 5 млн. рублей, продукт от компании Searchinform варьируется в пределах 4 млн. рублей, а Falcongaze обойдется в 4.3 млн. рублей. Также стоит отметить, что все программные продукты входят в реестр отечественного ПО.

Таким образом, можно отметить, что все рассмотренные системы предоставляют обширные возможности для защиты от внутренних угроз.

Заключение

Подытоживая, можно сделать вывод, что система «Сёрчинформ КИБ» является модульной и, в зависимости от используемых модулей, может быть тонко настроена под конкретные нужды заказчика. Система «InfoWatch Traffic Monitor» является наиболее сложным решением, так как некоторые функции, например контроль активности пользователя, вынесены в отдельный продукт, и в ней отсутствует централизованное управление. «Falcongaze SecureTower» сразу обладает всеми необходимыми возможностями «из коробки», не требуя установки модулей или других программных продуктов, что делает её наиболее простой и удобной для конфигурирования.

Библиографический список

1. Басаргин, А.А. Методы искусственного интеллекта: учебное пособие / А.А. Басаргин. – Новосибирск: СГУГиТ, 2022. – 164 с. (шрифт Times New Roman 14; одинарный междустрочный интервал; выравнивание по ширине).
2. Тимошенко. DLP как эффективный инструмент работы с нелояльными сотрудниками // Информационная безопасность. – 2015. – № 3. – URL: <http://itsec.ru/articles2/dlp/dlp-kak-effektivnyy-instrument-raboty-s-neloyalnymi-sotrudnikami> (дата обращения: 30.09.2015).
3. Сёрчинформ КИБ / [Электронный ресурс] // *searchinform*: [сайт]. – URL: <https://searchinform.ru/>.
4. InfoWatch Traffic Monitor / [Электронный ресурс] // InfoWatch: [сайт]. – URL: <https://www.infowatch.ru/products/dlp-sistema-traffic-monitor>

Крылов Р.В., Галлямов Р.И., 2024

УДК 004.056

Б.Э. ГУСЕЙНОВ, В.С. АИТБАЕВ, Н.Ю. ФУРСОВ

egus10@yandex.ru, vadimaitbaev@gmail.ru, saboteur117@yandex.ru

Науч. руковод. – канд.техн. наук, доцент. **А.Ю. СЕНЦОВА**

Уфимский университет науки и технологий

ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПЛК В АСУТП

Аннотация: в статье рассматриваются методы защиты информации в программируемых логических контроллерах, используемых в автоматизированных системах управления технологическими процессами.

Ключевые слова: АСУТП; КИИ; ПЛК; промышленная сеть; искусственные иммунные системы.

На сегодняшний день защита информации в промышленных сетях является одной из самых актуальных проблем в области информационной безопасности. Для технологических и производственных процессов, протекающих в АСУ ТП, особенно опасной угрозой сейчас является получение злоумышленниками контроля над атакуемым узлом, и, в частности, контроль над ПЛК (программируемый логический контроллер или *PLC – Programmable Logic Controller*), который является цифровой электронной системой, предназначенной для автоматизации технологических процессов.

ПЛК представляет собой самостоятельный программно-аппаратный блок, который устанавливается на среднем уровне АСУТП: между исполнительными устройствами / датчиками и операторскими АРМ/Серверами SCADA. В данной статье будут рассмотрены методы защиты ПЛК, т.к. они являются телекоммуникационным средством, располагающимся непосредственно перед промышленными механизмами в сети АСУТП, а соответственно, их можно рассматривать как последний рубеж в сценарии атаки, который необходимо преодолеть злоумышленнику. Так как ПЛК наиболее близко установлены к механизмам, таким как задвижки, электродвигатели, станки, приводы и т.д., то вывод их строя может иметь большие негативные последствия, начиная от репутационных и заканчивая авариями на промышленных объектах.

Такой объект защиты как ПЛК имеет свою специфику с точки зрения информационной безопасности: самих видов ПЛК как минимум 9: программируемые реле, одноконтурные регуляторы, блочные ПЛК однозадачные, блочные ПЛК многозадачные, ПЛК с расширением ввода/вывода, модульные ПЛК с возможностью масштабирования, модульные ПЛК с частичным резервированием (без резервирования ввода/вывода), модульные ПЛК с полным резервированием включая ввод/вывод, ПЛК для систем безопасности ESD (система аварийного останова); специфичные протоколы, каждый производитель ПЛК, делает свою SCADA систему или операторские панели, языки программирования тоже не стали исключением, для ПЛК помимо 7 основных языков (графические: *LD (Ladder Diagram)*, *FBD (Function Block Diagram)*, *SFC (Sequential Function Chart)*, *CFC (Continuous Function Chart)*; текстовые: *IL (Instruction List)*, *ST (Structured Text)*, *C-YART*), существуют проприетарные языки компаний-производителей.

Перечисленные выше особенности помогают понять, насколько специфичны могут быть атаки на ПЛК. В качестве примера можно выделить известный вирус Stuxnet, который был нацелен только на ПЛК марки *Siemens* моделей: *Siamtic S7*, через *SCADA WinCC* и встроенный язык программирования *STEP7*; хотя «плацдармом» для атаки, что не удивительно послужили 4 уязвимости нулевого дня в *Microsoft Windows: XP, CE, Vista, 7, Windows Server 2003, 2008 и 2008R2* (позднее, в 2010ом году был выпущен патч закрывающий данные уязвимости, однако для 2000 и *XP* остался не выпущенным, из-за окончания поддержки к тому моменту) [1].

Как атакующий видит промышленную сеть и методы защиты.

Специалисты *Positive Technologies* показали в упрощённом виде как злоумышленник видит промышленную сеть (рисунок 1) [2].

Упрощенная схема сети

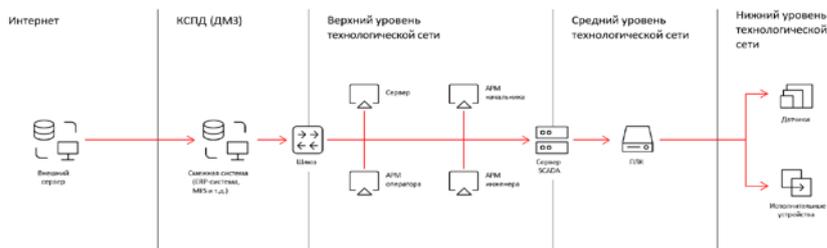


Рис. 1. Упрощённая схема сети от *Positive Technologies*.

Схема, представленная компанией *Positive Technologies*, показывает сеть промышленного объекта в общем виде и не лишена некоторых неточностей, например: зона ДМЗ в КСПД или отсутствие коммутационного оборудования между сервером SCADA и ПЛК, но она помогает сделать вывод о возможных точках проникновения к ПЛК в промышленной (технологической) сети:

1. Распространение из сети КСПД (ЕКТП), через МЭ (на рисунке «шлюз»), в сеть АСУТП и далее до самого контроллера. Здесь источник угроз может быть как внутренний, так и внешний (относительно КСПД).
2. Внутренний нарушитель, воздействующий на систему непосредственно из технологической сети. А в данном случае он может быть только внутренним, если на промышленных объектах обычно реализован большой спектр мер физической безопасности, предусмотренный для АСУТП и КИИ [3]. Так же в этом случае атакующий может пользоваться внешними носителями информации для заражения технологической сети.
3. Подключение к ПЛК напрямую. Данная угроза будет наименее актуальна на промышленном объекте, т.к. на режимных объектах реализованы системы контроля и управления доступом в помещения, осуществляют пломбировку неиспользуемых портов; а при отключении кабеля передачи информации из единственного порта, предназначенного для этого, сбой сразу же заметит оператор и доложит в диспетчерскую службу.

Ключевая разница между атакой на информационную систему и атакой на ПЛК, в том, что при атаке на информационную систему основная цель это получить доступ к конфиденциальной информации. При атаке на ПЛК, чаще всего злоумышленник хочет вывести из строя дорогостоящее оборудование предприятия, привести к человеческим жертвам или вывести из строя целый технологический сегмент страны, что может привести к катастрофическим последствиям. С точки зрения безопасности необходимо разделять защиту ПЛК и АСУТП потому, что при атаке на АСУТП с

помощью техник и тактик, предназначенных для атак на традиционные информационные системы, скорее всего, значительный урон нанесён не будет. Современные ПЛК способны продолжать работать в рамках своей программы даже без непосредственного управления оператором. В случае инцидента, работа будет восстановлена в течении пары часов специалистами ТО АСУТП или ИБ предприятия, а единственные данные, нарушить конфиденциальность которых можно это «тренды», которые можно найти в сети на уровень выше, в КСПД (ЕКТП).

На данный момент необходимо понимать, что вероятность осуществить атаку на ПЛК напрямую довольно низка, однако существуют векторы атак, от которых все же необходимо защищаться, даже, в случае если все меры защиты на более высоких уровнях уже реализованы. Базовый набор мер для защиты будет такой же как для защиты технологической сети АСУТП: межсетевое экранирование, сегментирование сети, организация ДМЗ, установка СЗИ от НСД или САВЗ на операторские АРМ и сервера SCADA.

В статье предлагается усилить защиту ПЛК с помощью внедрения искусственной иммунной системы (ИИС), которая будет располагаться на микрокомпьютере, работающем на основе «новой гарвардской архитектуры», между узлами АСУТП и ПЛК [4]. Пример такого микрокомпьютера *m-TrusT* от «ОКБ САПР» представлен на рисунке 2.



Рис. 2. Микрокомпьютер *m-TrusT* на основе «новой гарвардской архитектуры» от «ОКБ САПР».

Искусственная иммунная система – адаптивная вычислительная система, использующая модели, принципы, механизмы и функции, описанные в теоретической иммунологии, которые применяются для решения прикладных задач [5]. Они относятся к особенной области искусственного интеллекта – эволюционным вычислениям. Данная система будет анализировать команды, подаваемые на ПЛК от АРМ оператора и может перевести ПЛК в автономный режим, при инциденте и подозрении на деструктивное воздействие. Новая гарвардская архитектура отличается от классических архитектур отсутствием операций записей в память, из-за чего практически не подвержена влиянию большинства известных видов

вредоносного ПО. Разумеется, такую систему необходимо устанавливать в резерве, когда один провод передачи данных идёт напрямую от АСУТП до ПЛК, а второй через микрокомпьютер, с возможностью при необходимости блокировки данных от первого.

Библиографический список

1. Безопасность SCADA: Stuxnet – что это такое и как с ним бороться? // securitylab: [<https://www.securitylab.ru>]. – 2010. – URL: <https://www.securitylab.ru/analytics/400024.php> (дата обращения: 29.10.2023)
2. Positive Technologies: официальный сайт [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.ptsecurity.com/ru-ru/> (дата обращения: 29.10.2023) .
3. ФСТЭК: официальный сайт [Электронный ресурс]. – URL: <https://fstec.ru/> (дата обращения: 29.10.2023).
4. Применение микрокомпьютеров m-TrusT для защиты от целенаправленных кибератак // anti-malware: [<https://anti-malware.ru>]. – 2021. – URL: <https://www.anti-malware.ru/practice/methods/Targeted-attacks-protection-using-m-TrusT> (дата обращения: 29.10.2023).
5. Брюхомицкий, Ю.А. Искусственные иммунные системы в информационной безопасности: учебное пособие / Ю.А. Брюхомицкий. – Ростов-на-Дону – Таганрог: ЮФУ, 2019. – 146 с.

© Гусейнов Б.Э., 2023

УДК 004.056.5

М.А. БАКУЛИН

bakulinmikhail@mail.ru

Науч. руковод. – канд.техн. наук, доцент **А.Ю. СЕНЦОВА**

Уфимский университет науки и технологий

ТЕХНИКА СЕТЕВОЙ АТАКИ ARP-SPOOFING. МЕТОДЫ ОБНАРУЖЕНИЯ И ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ

Аннотация: статья посвящена анализу техники проведения сетевой атаки ARP-spoofing и формированию рекомендаций для защиты от нее. Рассматривается схема работы протокола ARP, а также обозначаются его недостатки. Приводится возможная схема проведения атаки, которую может использовать злоумышленник.

Ключевые слова: ARP-spoofing; ARP-poisoning; протокол ARP; packet forwarding; сниффер; подмена MAC-адреса; MitM; сетевая атака.

Согласно статистике, которую приводит компания Positive Technologies, за I квартал 2023 года число инцидентов возросло на 7% относительно показателей предыдущего квартала и на 10% выше, чем в начале 2022 года [1]. Также отмечается, что доля утечки конфиденциальной информации составляет 51% [1]. Это говорит о том, что количество сетевых атак продолжает расти и в первую очередь результатом данных атак является утечка конфиденциальной информации. К одной из атак, которая приводит к данной утечке, относится ARP-spoofing, которой посвящена данная работа.

Атака ARP-spoofing или как ее еще называют ARP-poisoning – это сетевая атака, реализуемая там, где используется протокол ARP, т. е. преимущественно в Ethernet сетях (но и в ряде других, например, таких как Token Ring и FDDI). Она возможна из-за наличия ряда недостатков в протоколе ARP (Address Resolution Protocol) – протокол разрешения адресов, который работает в режиме запрос-ответ [2]. Соответственно, чтобы понимать, как и за счет чего реализуется данная атака необходимо знать принцип работы протокола ARP. Назначение данного протокола заключается в определении MAC-адреса рабочей станции (PC) по ее IP-адресу. В модели OSI данный протокол располагается между канальным и сетевым уровнем. Пакеты данного протокола вкладываются в кадры Ethernet.

Работа данного протокола может быть рассмотрена для двух случаев:
– передача пакетов от PC А к PC Б, когда они находятся в одной подсети. При данной ситуации будет использован протокол ARP для определения MAC-адреса PC Б;

– передача пакетов от PC А к PC Б, когда они находятся в разных подсетях. В этом случае, в работе данного протокола задействуется маршрутизатор, MAC-адрес, который будет определяться, будет MAC-адресом маршрутизатора. Пакеты будут идти на маршрутизатор, а уже с него будут ретранслироваться на PC Б.

Уязвимость протокола ARP заключается в двух аспектах:

– никак не проверяется подлинность пакетов (как ARP-запросов, так и ARP-ответов);

– возможен так называемый самопроизвольный ARP (gratuitous ARP) – это когда приходит ARP-ответ без предварительного ARP-запроса.

В таблице 1 представлены поля заголовка ARP-запроса и ARP-ответа [3], а также представлены примеры содержимого данных полей.

Таблица 1 – Поля заголовка протокола ARP

Поле заголовка	ARP-запрос	ARP-ответ
Тип сети	1	1
Тип протокола	2048	2048
Длина локального адреса	6	6
Длина глобального адреса	4	4
Операция	1	2
Локальный адрес отправителя	1D:72:04:C2:94:72	84:TC:H7:74:23:57
Глобальный адрес отправителя	192.168.12.40	192.168.12.45
Локальный адрес получателя	00:00:00:00:00:00	1D:72:04:C2:94:72
Глобальный адрес получателя	192.168.12.45	192.168.12.40

Описание полей заголовка:

1) служебная информация, которая включает в себя первые четыре поля. Данная информация используется по причине того, что изначально данный протокол разрабатывался для общего назначения, т. е. для использования не только в сетях типа Ethernet с IP-адресами. Тип сети показывает какой тип оборудования используется (1 – Ethernet). Тип протокола показывает, какой протокол сетевого уровня используется (2048 – IP). Длина локального адреса – это в данном случае длина MAC-адреса (6 – означает, что 6 байт). Длина глобального адреса – это в данном случае длина IP-адреса (4 – означает, что 4 байта).

2) Операция: в данном поле указывается тип операции, который может принимать одно из двух значений: 1 – ARP-запрос; 2 – ARP-ответ.

3) полезная информация, которая включает в себя четыре последних поля. Локальный и глобальный адрес отправителя – это соответственно, MAC-адрес и IP-адрес отправителя. Благодаря данной информации запрашиваемая PC сможет отправить свой ответ той станции, которая осуществила запрос. Локальный адрес и глобальный адрес получателя – это соответственно, MAC-адрес и IP-адрес получателя. В ARP-запросе в поле локального адреса получателя указывается MAC-адрес, заполненный нулями, поскольку он неизвестен на этапе формирования ARP-запроса.

Все узлы, находящиеся в сети, имеют свою ARP-таблицу. Данная таблица включает в себя три столбца: IP-адрес, MAC-адрес, который соответствует данному IP-адресу и тип записи. Есть два типа записей:

– статические. Данные записи вносятся вручную и остаются неизменными вплоть до непосредственного удаления записи;

– динамические. Формируются автоматически в ходе работы протокола ARP, т. е. создаются, изменяются и удаляются автоматически. Данный тип записей имеет свой срок жизни, по истечении которого запись удаляется. Если в первые две минуты запись не используется, то она удаляется, а если используется, то она, как правило, удаляется через десять минут [4]. Сделано это для того, чтобы обеспечить отслеживание изменения IP-адресов PC в сети. Пример таблицы ARP представлен на рисунке 1.

```
C:\Windows\system32>arp -a
Интерфейс: 192.168.1.47 --- 0xb
адрес в Интернете      Физический адрес      Тип
192.168.1.1            28-28-5d-c7-57-10     динамический
192.168.1.57           08-00-27-9e-99-92     динамический
192.168.1.255          ff-ff-ff-ff-ff-ff     статический
224.0.0.2              01-00-5e-00-00-02     статический
224.0.0.251           01-00-5e-00-00-fb     статический
224.0.0.252           01-00-5e-00-00-fc     статический
239.255.255.250       01-00-5e-7f-ff-fa     статический
C:\Windows\system32>Bakulin
```

Рис. 1. Таблица ARP

Сетевая атака ARP-spoofing относится к типу атак MitM (Man in the middle или «человек посередине») [5]. Задача злоумышленника при реализации данной атаки – это вклиниться между жертвой и тем, кому будут передаваться пакеты за счет подмены соответствующей записи в ARP-таблице. В данной работе рассматривается обращение жертвы в сеть Интернет, поэтому задача злоумышленника вклиниться между жертвой и маршрутизатором, а именно его задача заменить MAC-адрес, который соответствует IP-адресу маршрутизатора на свой MAC-адрес. Таким образом, в результате выполнения данной атаки, IP-адресу маршрутизатора будет соответствовать IP-адрес злоумышленника, т. е. пакеты будут проходить через PC злоумышленника. Запись в ARP-таблице в данном случае заменяется за счет уязвимости, которая была описана ранее, а именно за счет самопроизвольного ARP. Чтобы пользователь при обращении в сеть Интернет получал все необходимые пакеты и не мог ничего заподозрить, злоумышленник включает режим форвардинга пакетов (packet forwarding). За счет этого будет осуществляться простая пересылка пакетов. После чего злоумышленник включает сниффер, что позволяет ему прослушивать весь трафик, который через него проходит. В этом трафике может содержаться конфиденциальная информация, например логины и

пароли, когда пользователь будет осуществлять авторизацию на том или ином сайте, причем доменное имя данного сайта злоумышленнику также будет известно, поскольку он прослушивает весь трафик. Схема данной атаки представлена на рисунке 2.

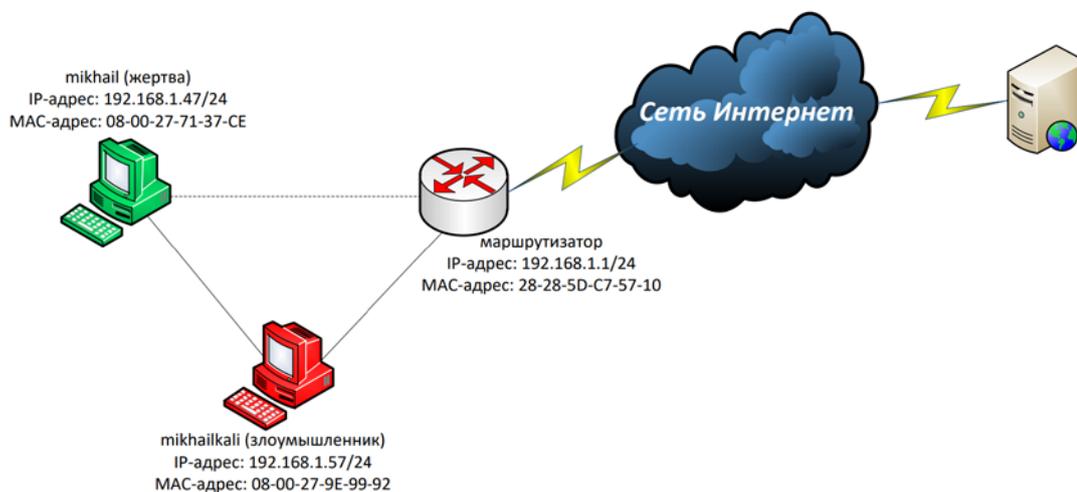


Рис. 2. Схема сетевой атаки ARP-spoofing

В качестве рекомендаций по защите от данного типа атак можно выделить следующие:

1) использование статических записей в ARP-таблице. Это сделает реализацию данной атаки невозможной, но придерживаться данного правила достаточно сложно, когда речь идет о крупных сетях, а тем более, когда изменения узлов в данной сети (добавление, удаление, перенос или смена IP-адреса) происходят достаточно часто. Сделать статическую запись можно с помощью команды `arp -s [IP-адрес] [MAC-адрес]` (например, `arp -s 192.168.1.1 28-28-5d-c3-64-12`). Данная команда применима для семейства ОС Windows, в других ОС возможность задания статических записей также имеется;

2) использование VPN. Шифрованный трафик злоумышленнику ничего не даст, даже если он его сможет прослушивать;

3) использование коммуникационного оборудования с модулями защиты от ARP-spoofing. На рынке достаточно оборудования с модулем защиты от данного типа атак, но соответственно их стоимость больше. Таким образом, если финансовые возможности позволяют организации использовать коммуникационное оборудование с встроенным модулем защиты от данного типа атак, то такое оборудование необходимо использовать.

Таким образом, сетевая атака ARP-spoofing достаточно популярна и по сегодняшний день. Она позволяет злоумышленнику прослушивать передаваемый трафик, т.е. получать доступ к конфиденциальной информации. Но для реализации данной атаки злоумышленнику необходимо проникнуть в сеть. Тем не менее, придерживаясь

рекомендаций, которые приведены в данной работе, можно обезопасить себя от данного типа атак.

Библиографический список

1. Актуальные киберугрозы: I квартал 2023 года – [Электронный ресурс] / Лидер результативной кибербезопасности. – Режим доступа: <https://www.ptsecurity.com/ru-ru/research/analytics/cybersecurity-threatscape-2023-q1/> (дата обращения 01.10.2023);

© Бакулин М.А., 2023

УДК 004.056

С.С. УСОВ

sava.usov2013@yandex.ru

Науч. руковод. – д-р. ф-м.н., профессор. **В.М. Картак**

Уфимский университет науки и технологий

МЕТОДЫ ОБНАРУЖЕНИЯ ТЕКСТА, СГЕНЕРИРОВАННОГО С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННОЙ СЕТИ CHATGPT-3.5 В НАУЧНЫХ РАБОТАХ С ПОМОЩЬЮ САЙТА АНТИПЛАГИАТ

Аннотация: рост использования нейронных сетей вызывает конкретные вопросы о честности и этике в области академических исследований. Это открывает дверь для плагиата и других форм академической нечестности. Однако, разработчики системы Антиплагиат анонсировали новшество в мае 2023 года - обучение искусственного интеллекта, определять, был ли текст сгенерирован машиной или написан человеком. Это может стать важным шагом в борьбе с академической нечестностью

Ключевые слова: ChatGPT, GPT-3.5, Антиплагиат, ВКР, Проверка

ChatGPT - Большая языковая модель, обученная OpenAI, которая использует глубокое обучение для генерации текста и ответов на вопросы.

Эта модель была создана на основе технологии трансформеров, которая позволяет модели обрабатывать большие объемы текста и понимать связи между словами и предложениями. Эта модель генерирует текстовый ответ на любой запрос, точно также используя миллионы запросов из интернета. При этом обе нейросети позволяют вносить коррективы в реальном времени для достижения нужного результата. По итогу до недавнего времени любой человек мог по определенным параметрам составить текст, который набирал высокий процент уникальности в программе антиплагиат.

Антиплагиат должен исходить от обратного, замечать аномалии в сгенерированном тексте и отбрасывать подозрительные приложения с пометкой “Сгенерировано нейросетью”.

Соответственно, если вдруг пользователь захочет воспользоваться работой нейросети, он может точно так же от обратного составить запрос, чтобы текст был заново сгенерирован в обход методы обнаружения сгенерированного текста.

В последующей работе мы будем пользоваться чат-ботом ChatGPT-3.5 на платформе телеграмм-веб.

Ввод осуществляется через поле сообщений, где мы можем создавать определенный запрос.

Для дальнейшей работы нам потребуется лишь одна команда /reset для сброса контекста, чтобы создавать независимые запросы друг от друга

Способы генерации отладочного текста и методы преобразования для повышения уникальности

Итак, мы выяснили, какие методы определения сгенерированного текста бывают. Для того чтобы протестировать различные вариации восприятия текста, будем последовательно усложнять запросы, запрашивая переписать текст с новыми правилами. Чтобы эксперимент был честным, нам необходимо сбрасывать прошлые результаты и генерировать по начальному запросу похожий текст.

Соответственно у нас будет пара файлов, первый из которых будет базовым текстом, а второй будет сгенерирован и отредактирован вручную.

Структура создания файлов:

- 1 файл: Стандартный запрос
- 2 файл: Стандартный запрос + ручная корректировка текста

Создание первого файла

Стандартный запрос будет звучать следующим образом:

Вы студент университета. Ваша задача — написать статью на 2 страницы о современных методах борьбы с информационной безопасностью корпоративной сети. Сама статья должна содержать следующую структуру:

1. Введение
2. Цель работы
3. Основная часть.
4. Практическая часть.
5. Заключение и вывод.

В теоретической части кратко рассказать о современных приложениях информационной безопасности и о том, как они работают. В практической части сделайте небольшое сравнение между новыми программами и программами, широко известными в этой области. Вы можете добавить расчетные формулы для анализа выбора программы, какую программу лучше выбрать.

Введение, цель работы, заключение и вывод придумывайте сами, исходя из моей просьбы.

Создание второго файла

Этот способ будет отличаться от остальных тем, что нейронная сеть будет выступать в качестве помощника, а не главного лица. Мы не вносим никакие дополнительные запросы, а просто сбрасываем контекст и как в приложении А создаем новую генерацию по самому стандартному запросу. Таким образом мы в последствии вносим ручную корректировку текста, используя в качестве шаблона данный текст. Часть из предложений допускается оставить.

Тестирование в системе Антиплагиат

После того как были определены предположительные результаты отработки системы, необходимо сравнить эти данные с реальной работой системы Антиплагиат.

Таким образом, получены Результаты тестирования:

- 1 файл – 100% уникальности
- 2 файл – 95,38% уникальности



Рис. 1. Файл 1



Рис. 2. Файл 2

Результаты проведенной проверки достаточно сильно отличаются от ожидаемого результата. Практически все файлы набрали результат от 95 до 100% уникальности.

Разберем каждый файл более подробно и сделаем выводы о проделанной работе Антиплагиата.

Анализ первого файла

Первый документ обладает 100% уникальностью, при этом, как говорилось ранее, мы создавали самый стандартный запрос. На самом деле, если оценивать с точки зрения читателя, не сразу можно отличить, является ли документ сгенерированным или же написан вручную. Но точно, что бросается в глаза, так это достаточно посредственно написан текст.

Для системы Антиплагиата возможно решение, которое позволит усовершенствовать работу данной программы. Если использовать api ChatGPT-3.5, то можно интегрировать его в работу Антиплагиата. Самое простое решение, создание скрипта по вводу определенных сообщений, которые будут проверять каждый или пару абзацев с помощью данной нейронной сети. Поскольку при стандартном запросе нейронная сеть следует определенной логике создания предложений, то при интеграции ChatGPT в систему антиплагиат, можно отправлять запрос, сгенерирован ли текст человеком или к этому причастен ИИ.

Ответ ChatGPT: *“Как языковая модель ИИ, я не могу определить, был ли текст создан мной или написан человеком. Тем не менее, абзац выглядит хорошо написанным и следует логике, поэтому он мог быть создан мной с вашим участием.*

Анализ второго файла

Второй файл, который был проверен системой антиплагиат, это был текст, сгенерированный нейросетью, при этом в большей степени переделан человеком. Таким образом ИИ был использован в качестве помощника, а не основного инструмента создания статьи. Данный документ набрал 95,38% уникальности, что опять показывает высокий результат. В этот раз нет никаких показателей подозрительности. Правда в этот раз часть неизменного текста, являлась совпадениями с других статей в интернет-пространстве.

№	Доля в тексте	Доля в отчете	Источник	Актуален на	Модуль поиска	Блоков в отчете	Блоков в тексте	Комментарии
[01]	4,62%	4,62%	ЕАД конечная	16 Мая 2023	Кольцо вузов	1	1	
[02]	0,54%	0%	не указано	29 Сен 2022	Шаблонные фразы	0	1	Источник исключен. Причина: Маленький процент пересечения.

Рис. 3. Проценты понижения уникальности

В ходе данной работы была замечена еще одна особенность, что Антиплагиат определяет сгенерированный текст, при он может указать, что заимствование произошло в конце одного абзаца и перешло на начало следующего. Человек, который составляет текст в большинстве случаев при

заимствовании информации будет целым абзацем заимствования, а не промежуточным результатом. Поскольку ИИ собирает ответ на запрос совершенно разными кусками, затем в автоматическом формате его структурирует, на чем можно сделать вывод, что определившийся текст, который Антиплагиатом показан как заимствованный и перетекающий из конца абзаца в начало другого – будет результатом искусственной генерации.

...некоторые методы защиты могут, однако, рассмотреть не все нежелательные факты, что есть и фундаментальные методы защиты корпоративных сетей. Таким образом, наличие адекватных методов борьбы с информационной безопасностью имеет решающее значение для защиты целостности, конфиденциальности и доступности данных.

Теоретическая часть

Современные методы борьбы с угрозами информационной безопасности, например, такие как системы предотвращения вторжений, межсетевые экраны, защита конечных точек и шифрование, обеспечивают надежные

Рис 4. Результат совпадения текста

Возвращаясь к методу проверки, через ChatGPT, проверим второй файл, чтобы убедиться, что текст написан вручную.

Ответ ChatGPT: *“Текст, похоже, написан человеком.”*

Таким образом последний документ, где ИИ выступал в качестве помощника, а не основного инструмента, позволило обойти проверку непосредственно самим ChatGPT, где результат являлся отрицательным.

Предлагаемые методы обнаружения сгенерированного текста для системы Антиплагиат

При первичном осмотре, мы заметили, что Антиплагиат не справляется с определением сгенерированного текста, для этого предложим свои методы, позволяющие определять сгенерированный текст.

Были сформулированы два основных метода определения текста:

- Проверка через ChatGPT
- Генерация заимствований по частям, в разных абзацах

Соответственно давайте рассмотрим эти методы с технической точки зрения, для подключения.

Проверка через ChatGPT

Первый метод проверки через ChatGPT заключается в интеграции api кода в систему антиплагиат.

Возможный пример интеграции api на python:

```
import os

import openai

openai.api_key = os.getenv("OPENAI_API_KEY")

completion = openai.ChatCompletion.create(
    model="gpt-3.5-turbo",
    messages=[
        {"role": "user", "content": "Tell the world about the ChatGPT API in
the style of a pirate."}

    print(completion.choices[0].message.content)
```

В дальнейшем предположительная проверка будет осуществляться через скрипт и загрузке поочередно всех абзацев отдельно. К сожалению, это потребует больших вычислительных мощностей для обработки каждого текста.

В среднем на одну страницу полного текста уходит 5-10 абзацев. При этом около 20-40% занимают приложения, списки, таблицы, картинки. Обычно на ВКР уходит около 60-100 страниц. Примерное время обработки одного запроса от 2 до 10 секунд на один абзац. К этому времени на один абзац мы добавляем время около 2 секунд на обработку еще одного запроса, где просим ответить на вопрос “Является ли текст результатом генерации?”.

Таким образом мы получаем расчетную формулу ожидания обработки через ChatGPT:

$$t_{\text{общее}} = \frac{a_{\text{ср}} \times (100 - p_{\text{ср}}) \times 0.01 \times s_{\text{ср}} \times (t_1 + t_{\text{ср обработки}})}{60}$$

Где,

$a_{\text{ср}}$ – среднее значение абзацев на страницу,

$p_{\text{ср}}$ – среднее значение процентов информации, не являющимся текстом для проверки,

$s_{\text{ср}}$ – среднее значение страниц на ВКР,

t_1 – время на запрос о проверки,

$t_{\text{ср обработки}}$ – среднее значение времени на обработку одного абзаца.

Подставляя значения, получаем такое выражение:

$$t_{\text{общее}} = \frac{\left(\frac{5 + 10}{2}\right) \times \left(100 - \left(\frac{20 + 40}{2}\right)\right) \times 0.01 \times \left(\frac{60 + 100}{2}\right) \times \left(2 + \left(\frac{2 + 10}{2}\right)\right)}{60}$$

= 56 мин

На самом деле для проверки одной работы 56 минут очень большое время, в сравнении с нынешними методами проверки. В среднем на проверку ВКР уходит 10 минут. Однако это не исключает того фактора, что для некоторых работ это окажется полезным дополнением, с учетом того, что процессы работы антиплагиата и ChatGPT можно вполне распараллелить. Тогда время не будет складываться, и задача по методу поиска через ИИ будет чуть более эффективно.

Генерация заимствований по частям, в разных абзацах

Также не остается без внимания второй предлагаемый метод, где основная задача будет сводиться к тому, что выявлять части сгенерированного текста по кускам. Нейросеть действует таким образом, что может заимствовать некоторые предложения из других документов, при этом начало заимствования будет в середине или конце одного абзаца, а заканчиваться заимствование где-то в начале или середине следующего. Таким образом структура определения Антиплагиатом будет выглядеть следующим образом:

...некоторые методы защиты могут уже не работать, но это не меняет того факта, что есть и фундаментальные методы защиты корпоративных сетей. Таким образом, наличие адекватных методов борьбы с информационной безопасностью имеет решающее значение для защиты целостности, конфиденциальности и доступности данных.

Теоретическая часть

Современные методы борьбы с угрозами информационной безопасности, например, такие как системы предотвращения вторжений, межсетевые экраны, защита конечных точек и шифрование, обеспечивают надежные

Рис. 5 Результат совпадения текста

На основе этого мы можем создать простейший код на python, для определения таких заимствований. В нашем случае оранжевое выделение мы представим двумя знаками слеш “/”. Первая будет определять начало заимствования, вторая будет определять конец заимствования. При этом условие будет выполняться только в том случае, если начало и конец распределены на разные абзацы. Простейший пример кода будет выглядеть таким образом:

```
import re

def check_text(text):
    if text.count('/') == 2:
        first_slash_index = text.index('/')
        second_slash_index = text.index('/', first_slash_index + 1)
        if '\n' in text[first_slash_index:second_slash_index]:
            return "Текст возможно сгенерирован."
        else:
            return "Текст не является сгенерированным."
    else:
        return "Текст не содержит два символа слеш /"

user_input = input("Введите ваш текст: ")
print(check_text(user_input))
```

Вывод: Рассматривая эти варианты создания текста, мы пришли к тому, что пока Антиплагиат еще не полностью может определять сгенерированный текст. Если рассматривать результаты всех четырех выводов по проверенным документам, можно прийти к заключению, что первый файл будут определяться как сгенерированный, при ближайших

фиксах системы Антиплагиат. Пока ИИ может с легкостью обходить подобные системы защиты, но это не значит, что это будет возможно в ближайшее время. Также были написаны предположительные методы обнаружения. Благодаря этим двум методам возможна дополнительная защита для системы Антиплагиат при определении сгенерированного текста.

Библиографический список

1. Beresneva D. Computer-generated Text Detection Using Machine.: МІРТ. 3-7 с.
2. C.D. Manning and H. Schutze: Foundations of Statistical Natural Language Processing, The MIT Press, Cambridge, MA, 1999.
3. K. Seymore and R. Rosenfeld: Scalable backoff language models, In ICSLP '96, volume 1, pp. 232–235, Philadelphia, PA, (1996).

Усов С.С., 2023

УДК 004.056

А.Д. МИХАНЬКО, М.Е. САМОЙЛОВ, М.А. САПОЖНИКОВ
mikhanko@gmail.com, premium_vampire1@mail.ru, sapognicow@mail.ru
Науч. руковод. – д-р.техн. наук, профессор **А.М. ВУЛЬФИН**

Уфимский университет науки и технологий

ОБЗОР ВЕДУЩИХ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ SIEM

Аннотация: в данной работе проводится обзор и сравнительный анализ современных Российских систем мониторинга и корреляции событий информационной безопасности (SIEM). Основное внимание уделяется исследованию сильных и слабых сторон представленных на рынке продуктов, а также возможностей автоматизации и интеграции с другими средствами защиты информации.

Ключевые слова: информационная безопасность; системы мониторинга; SIEM; автоматизация; защита информации; корреляция событий; MaxPatrol; InfoWatch; RuSIEM.

Введение

В современном мире эффективное обеспечение информационной безопасности требует эффективного мониторинга и анализа событий. SIEM (Security Information and Event Management) - это ключевой инструмент для этой цели. Он собирает, анализирует и коррелирует данные о событиях безопасности, помогая организациям принимать обоснованные решения по обеспечению информационной безопасности.

Тем не менее, выбор подходящего SIEM-решения может быть сложным из-за многообразия на рынке. В связи с этим возникает необходимость проведения сравнительного анализа и оценки различных SIEM-продуктов, что и является основной целью данной работы.

Целью работы является изучение и анализ особенностей функционирования различных Российских SIEM-систем, а также выявление наиболее подходящих инструментов для решения конкретных задач в области обеспечения информационной безопасности.

На основе проведенного исследования будут определены ключевые характеристики и возможности каждого из рассматриваемых продуктов, что позволит выбрать наиболее подходящий вариант для решения определенных задач, связанных с мониторингом и анализом событий кибербезопасности.

Maxpatrol^[1]

MaxPatrol Security Information and Event Management обеспечивает полную видимость IT-инфраструктуры и выявляет информационные безопасности. Эта система постоянно обновляется экспертами Positive Technologies, чтобы детектировать актуальные угрозы и адаптироваться к изменениям в сети.

Основные характеристики MaxPatrol SIEM включают:

- 1) Непрерывный мониторинг новых угроз и изучение атак.
- 2) Снижение необходимости вручную мониторить атаки и создавать правила благодаря пакетам экспертизы.
- 3) Технология детальной инвентаризации собирает информацию о каждом активе и уязвимых местах из более чем 300 систем.
- 4) Передача экспертных данных в MaxPatrol SIEM для выявления актуальных угроз.
- 5) Возможность легко адаптировать правила корреляции под инфраструктуру организации.
- 6) Создание пользовательских дашбордов для оперативного мониторинга.
- 7) Сбор данных обо всех элементах инфраструктуры, включая ПО, события ИБ, уязвимости и конфигурацию.
- 8) Возможность выявления распределенных атак в организациях с крупной иерархической инфраструктурой.

9) Простой конструктор для создания собственных правил корреляции.

10) Гибкая настройка мониторинга источников событий.

Эти функции обеспечивают максимальную безопасность информационных систем и позволяют оперативно реагировать на угрозы.

Rusiem^[2]

Корреляция выполняется в реальном времени, разделяя поток событий на корреляцию и сохранение в базу данных, что не вызывает задержек. События буферизируются на диске через MQ, чтобы избежать потерь данных. Счетчики и триггеры также буферизируются, обеспечивая сохранность данных при сбоях или перезагрузках сервера. Корреляция проводится на нормализованных данных с добавленной информацией.

В распределенных системах процессы корреляции объединяются через MQ, обмениваясь микро-транзакциями. Например, в центральном офисе создаются правила, а филиалы используют аналогичные правила с локальными счетчиками. Если на филиалах обнаружатся узлы, счетчики передаются в центральный офис для корреляции, без передачи событий.

Система содержит предустановленные системные правила корреляции, которые пользователи могут отключать, копировать или создавать свои собственные правила.

Любое правило корреляции можно отключить в любой момент времени.

Выходом правил корреляции являются:

- инцидент, назначенный на пользователей и групп с указанной темой и приоритетом (и уведомление по электронной почте о назначенном инциденте);

- уведомление по электронной почте внешних адресатов;

- запуск скрипта с передачей значений инцидента в качестве аргумента (например, передача в качестве аргумента атакующего src.ip для блокировки);

- создание нового события с передачей в качестве аргумента параметров инцидента.

Возможно указание дней недели и времени, когда правило активно. Например, в рабочие дни с 09:00 до 20:00. Если правило корреляции срабатывает в другое время — оно не создает инцидент.

Правила очень гибкие, выглядят как набор логических условий. Условия правил могут быть объединяться между собой логическими операторами AND/OR/NOT и множественными скобками. В условиях правил может быть использовано множество различных операторов сравнения.

Правило может срабатывать по:

- факту появления одного события, попадающего под условие;

- по количеству событий в динамичном интервале времени;

- по подсчету уникальных значений выбранного поля (например, «Соединение более чем на 60 уникальных портов в течение 60 секунд»);
- по последовательности нескольких событий (например, «Инструментальное сканирование» и «Успешный вход» с этого src.ip);
- результатам выполнения функций-операторов.

Пользователи работают с большим количеством разных источников, каждый с различным форматом событий. Для облегчения понимания, система использует симптомы, которые представляют собой символические обозначения действий: «ест», «красный», «goot», «неуспешный вход», «самоподписанный сертификат», «старт службы» и прочее. Почти каждое событие в системе тегруется одним или несколькими симптомами. Мы заранее учим систему понимать источники, расширяя границы симптоматики. Каждое событие в системе связывается с одним или несколькими такими симптомами. В системе предустановлено более 1,700 симптомов, и пользователи могут создавать свои собственные.

Система использует понятные симптомы, такие как "создание учетной записи" или "Успешный вход RDP", для облегчения поиска данных и принятия решений. Эти симптомы применяются в различных частях системы, включая дашборды, поиск событий, отчеты и правила корреляции.

SIEM система интегрирует разные источники данных, позволяя операторам видеть события в инфраструктуре масштабно. Например, они могут обнаружить "Критический сбой" или "Привилегированный доступ" без учета источника, версии ОС или БД. Эти симптомы представляются операторам в различных частях системы, обеспечивая удобство поиска и принятия решений вне зависимости от системы, в которой произошло событие.

Симптомы упрощают создание правил корреляции, так как операторы могут использовать понятные фразы, вместо паттернов текста событий. Например, есть симптом "Неуспешный вход ssh" для одиночных неудачных попыток входа и "Многочисленные неуспешные попытки входа ssh" для многократных. Эти симптомы могут быть применены к разным источникам данных с разными форматами событий.

С использованием симптомов и категорий, правила корреляции становятся более универсальными, и при подключении нового источника данных, достаточно добавить соответствующие условия в симптомы. События от нового источника будут тегироваться этими симптомами, и старые правила корреляции будут работать с этими данными.

SIEM система способна обрабатывать большое количество событий в секунду и искать события за долгие временные интервалы. Симптоматика учитывает числовые метрики и позволяет операторам быстро найти важные события. Система также автоматически строит топологию сети на основе модели инфраструктуры, что помогает операторам лучше понимать среду и расследовать инциденты.

PT SIEM SDK

Включает утилиты для отладки правил нормализации, обогащения, корреляции и агрегации в MaxPatrol SIEM. Для работы с утилитами нужно экспортировать правила корреляции, которые затем конвертируются в скрипты.

1) `normalizer-cli` - нормализует необработанные события, используя граф нормализации, и передает результат через стандартный вывод.

2) `aggregator-cli` - агрегирует нормализованные и корреляционные события, принимаемые через стандартный ввод, и выводит агрегированные данные через стандартный вывод.

3) `enricher-cli` - обогащает нормализованные и корреляционные события данными, используя граф обогащения, и передает обогащенные события через стандартный вывод.

4) `router-cli` - выполняет поиск нормализованных событий, соответствующих условиям, заданным в правилах корреляции. Он принимает нормализованные события через стандартный ввод, выполняет поиск и выводит найденные события через стандартный вывод.

Эти утилиты помогают разработчикам и администраторам отлаживать правила и работать с данными в MaxPatrol SIEM.

Утилита PTSIEMSDKGUI

Вы можете отлаживать отдельные правила нормализации, агрегации, обогащения, корреляции и локализации. После отладки правил, вы можете сохранить данные в папке с именем соответствующим правилу. Это включает в себя код правила, исходные события, описание правила и правила локализации для разных языков.

Тестовые сценарии используются для отладки правил агрегации, обогащения и корреляции. Они должны содержать нормализованные события, критерии корректной работы правила и, при необходимости, записи для табличных списков, используемых в правиле.

Для отладки правила нужно указать нормализованные события, которые вызовут срабатывание правила. Эти события вводятся в формате JSON и могут быть перечислены в тестовом сценарии. Критерием корректной работы правила является количество событий, которое должно быть зарегистрировано на основе предоставленных событий. Критерий указывается с использованием ключевого слова "expect" и может быть числом, "any" (если нужно хотя бы одно срабатывание) или "not" (если не должно быть срабатываний).

Вы также можете добавлять метаданные для локализации в наборы данных для отладки правил. Эти метаданные используются для хранения правил локализации и описаний правил. Это позволяет отображать описания событий в соответствии с указанным в правиле условием.

Метаданные для правил вводятся с использованием разметки YAML и хранятся в файлах "metainfo.yaml". Для описания правил и событий на разных языках создаются соответствующие папки и файлы (например, "i18n_ru.yaml" и "i18n_en.yaml").

Инструменты и данные помогают в отладке и улучшении правил в MaxPatrol SIEM. После создания и отладки отдельных правил необходимо проверить их совместную работу. Это поможет избежать конфликтов между правилами и убедиться в их корректной работе с потоком событий. Можно настроить сценарий отладки и сохранить результаты для анализа.

Для правил нормализации важно проверить их работу с MaxPatrol SIEM и совпадение результатов нормализации с ожидаемыми. То же самое относится к правилам для других этапов, таким как обогащение и корреляция. Это поможет убедиться в корректной работе правил с потоком событий.

Searchinform siem^[3]

SearchInform - российская компания, разрабатывающая программное обеспечение для управления информационными системами и коммуникациями.

Основной продукт - SIEM-система SearchInform SIEM. Она предназначена для мониторинга и анализа информационных систем для обеспечения безопасности и соответствия законодательству. Система собирает, обрабатывает и анализирует данные из различных источников, предоставляя отчеты и рекомендации по улучшению безопасности. Кроме SIEM, компания также предлагает решения для управления доступом, анализа поведения пользователей и мониторинга социальных сетей. SearchInform сотрудничает с другими компаниями и участвует в проектах по обеспечению безопасности информации.

SearchInform SIEM - система мониторинга и анализа событий информационной безопасности, предоставляющая сбор, анализ, корреляцию событий, визуализацию и отчеты, а также управление инцидентами. Подходит для организаций различных размеров и отраслей благодаря масштабируемости и гибким настройкам.

Выводы

По результатам проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

Российские SIEM-системы предлагают широкий спектр функций для мониторинга и анализа событий безопасности, включая сбор и корреляцию данных, обнаружение инцидентов и реагирование на них, а также возможность интеграции с другими инструментами защиты информации.

Большинство рассмотренных продуктов обладают высоким уровнем автоматизации процессов мониторинга и анализа данных, что позволяет

сократить затраты на эксплуатацию систем и повысить эффективность обеспечения информационной безопасности.

При выборе SIEM-решения для конкретного предприятия необходимо учитывать специфику его деятельности, уровень угроз информационной безопасности и требования регуляторов в данной области.

Наиболее подходящими для применения в российских условиях являются продукты, сочетающие высокую функциональность с относительно низкой стоимостью владения и возможностью адаптации к специфике отечественного рынка информационных технологий и нормативных требований.

Библиографический список

1. https://www.ptsecurity.com/ru-ru/products/mpsiem/?utm_source=yandex&utm_medium=cpc&utm_campaign=hm-srch-PT_MP_Siem_Brand&utm_content=info&utm_term=maхpatrol%20siem%20что%20это&calltouch_tm=yd_c:95645868_gb:5281455539_ad:14982550024_ph:47039554973_st:search_pt:premium_p:1_s:none_dt:desktop_reg:172_ret:47039554973_apт:none&yclid=2768950788169924607
2. <https://rusiem.com/ru/products/rusiem>
3. https://searchinform.ru/products/siem/?utm_medium=cpc&utm_source=yandex&utm_campaign=Search_SearchinformSIEM_may2022&utm_term=siem%20security&utm_content=siem&yclid=1471096813957677055

© Миханько А.Д., Самойлов М.Е., Сапожников М.А., 2023

УДК 004

В.А. ГРОХОТОВ

grokhotov.vladimir@gmail.com

Науч. руковод. – д-р тех. наук, профессор **А.М. ВУЛЬФИН**

Уфимский университет науки и технологий

МЕТОДЫ ОБНАРУЖЕНИЯ ВРЕДОНОСНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Аннотация: задача обнаружения вредоносного программного обеспечения имеет большое значение в современную эпоху, особенно с учетом роста количества устройств с доступом к сети интернет. Решение данной задачи имеет решающее значение для обеспечения целостности и защищенности

систем. В этом исследовании рассматриваются различные подходы к анализу программного обеспечения с упором на использование методов глубокого обучения и анализа данных для обнаружения присутствия вредоносного ПО.

Ключевые слова: обнаружение вредоносного ПО; анализ данных; статический анализ ПО; динамический анализ ПО; глубокое обучение;

В современную цифровую эпоху проблема вирусов и другого вредоносного программного обеспечения становится все более актуальной. С ростом использования программного обеспечения в различных областях необходимость анализа программного обеспечения на наличие вредоносных программ становится критически важной. Недобросовестные разработчики могут создавать вредоносные программы, которые могут причинить значительный вред как компаниям, так и простым людям. Так, по статистике «Лаборатории Касперского», в 2023 году более 34% компьютеров пользователей во всем мире хотя бы один раз подверглись атаке с использованием вредоносного программного обеспечения [1]

Поскольку использование программного обеспечения становится все более повсеместным в различных секторах и отраслях, постоянно вырисовываются растущие риски, связанные с вредоносным программным обеспечением (ВПО). Киберпреступники постоянно занимаются поиском новых уязвимостей и обнаружением новых способов эксплуатации уже найденных уязвимостей.

Проблема усугубляется растущей сложностью самого программного обеспечения, что преднамеренно делает системы более восприимчивыми к новым формам атак. В качестве примера можно рассмотреть тип программного обеспечения, которым большая часть людей пользуется ежедневно – браузеры. В 2022 году Google Chrome обнаружил в общей сложности восемь уязвимостей, Mozilla Firefox столкнулся с четырьмя аналогичными уязвимостями, а Microsoft Windows столкнулась с двадцатью двумя уязвимостями. Постоянное стремление разработчиков вредоносного ПО оставаться в курсе таких проблем и использовать самые передовые стратегии для обхода защиты требует постоянного и адаптируемого подхода к анализу программного обеспечения.

В настоящее время в области обнаружения вредоносного ПО появилось множество подходов, позволяющих эффективно обнаруживать вредоносные программы. В целом эти подходы можно разделить на две основные группы (по типу сбора данных о природе программы): статические и динамические. Динамические методы опираются на поведенческие модели, демонстрируемые вредоносным ПО, в то время как статические методы основаны на выявлении специфических сигнатур, связанных с известными штаммами вредоносного ПО.

Кроме уже упомянутых методов, в настоящее время наблюдается тенденция к использованию глубокого обучения и других методов машинного обучения для повышения эффективности обнаружения вредоносных программ. Рассмотрим сами методы подробнее.

Статически методы обнаружения ВПО, безусловно, являются одним из наиболее распространенных подходов к обнаружению вредоносного ПО, в первую очередь в силу исторических причин – это первые методы, которые начали применяться достаточно широко. Эта методология основана на изучении исполняемого кода с использованием различных статических эвристик и сигнатурных методов обнаружения. Анализ этих особенностей позволяет получить важные сведения о природе и характеристиках исследуемого программного обеспечения. [2]

В контексте обнаружения вредоносных программ широко распространена практика использования локальной базы данных для хранения сигнатурных данных, содержащих отличительные признаки (сигнатуры) различных вредоносных программ. В процессе сканирования файлов на наличие вредоносного кода антивирусные программы используют целый ряд эвристик для извлечения и изучения этих уникальных сигнатур. Сравнение этих сигнатур с существующими записями в базе данных позволяет оперативно выявлять совпадения, указывающие на наличие вредоносного кода.

Одно из главных преимуществ использования статистических методов для обнаружения вредоносных программ заключается в их исключительной скорости и точности. Присущая этим методам эффективность позволяет быстро обрабатывать огромные объемы данных и эффективно выявлять ранее идентифицированные вирусы. Таким образом, оперативный подход к обнаружению вредоносных программ позволяет специалистам по кибербезопасности быстро и эффективно бороться с угрозой, исходящей от вредоносного ПО. [3]

Но статические методы не лишены недостатков. Один из наиболее существенных – высокая сложность выявления новых или модифицированных экземпляров вредоносных программ. Эта проблема вытекает напрямую из принципа работы метода. Поскольку эти новые проявления еще не попали в базу сигнатур, они могут быть ошибочно классифицированы как безопасные или доброкачественные. Следовательно, возникает необходимость в своевременном обновлении и расширении базы характерных сигнатур, а также в оперативной рассылке обновленных версий базы на конечные устройства, что чаще всего является проблематичным. [1]

Рассмотрим различные признаки, используемые для статического анализа:

1. N-граммы байт или опкодов

Под N-граммой понимается последовательность из N элементов, охватывающая целый ряд возможностей, включая байты и опкоды инструкций ассемблера. Хотя N-граммы представляют собой ценный аналитический инструмент, их эффективность может быть скомпрометирована из-за существенного ограничения. В частности, эти метрики подвержены обфускации за счет использования технологий шифрования и упаковки, позволяющих скрыть истинную природу и назначение бинарного файла. Таким образом, эффективность метода N-грамм зависит от характера и характеристик набора данных, используемых для анализа. Учитывая возможность обфускации и последующее влияние на интерпретируемость и достоверность полученных результатов, тщательный выбор набора данных становится необходимым условием для обеспечения валидности и применимости метода.

2. API вызовы

Извлечение и тщательный анализ вызовов интерфейса прикладного программирования (API), используемых в программе, позволяет получить полное представление о моделях ее поведения. Такой подход позволяет выявить специфические системные ресурсы, которые программа использует на этапе выполнения. Соответственно, данная методология способствует надежному выявлению и обнаружению поведенческих аномалий, которые могут проявляться в парадигме работы программы. Благодаря тщательному анализу паттернов вызовов API специалисты по кибербезопасности могут получить бесценные сведения об использовании программы и выявить любые отклонения, которые могут свидетельствовать о потенциальных угрозах безопасности или вредоносной деятельности.

3. Граф вызовов и анализ потока управления

Используя богатую системную или API-информацию, относящуюся к выполнению программы, можно построить всеобъемлющий граф вызовов, наглядно отражающий и поясняющий сложные переходы, происходящие между различными вызовами. Такое графическое представление эффективно подчеркивает логику и ход выполнения программы, обеспечивая более четкую визуализацию логики ее работы. Таким образом, граф вызовов существенно обогащает процесс анализа, позволяя получить более полное и глубокое представление о внутреннем устройстве программы. Такое понимание позволяет глубже изучить поведение программы, что делает анализ более обоснованным и тщательным.

4. Строковый анализ

Основан на извлечении печатаемых строк из исполняемых файлов. Этот процесс позволяет раскрыть пути внутри файла, тем самым выявить файлы, к которым будет осуществляться доступ, взаимосвязанные ссылки, строки сообщений и события протоколирования, заложенные в коде программы. Однако важно отметить, что методы обфускации могут быть применены и к печатным строкам, что потенциально снижает

эффективность и интерпретируемость данного подхода. Тем не менее учет такой обфускации и применение соответствующих мер противодействия обеспечивает комплексный анализ, способный преодолеть эти трудности.

Таким образом, сигнатурные методы являются ценным инструментом для оперативной оценки значительных объемов данных и эффективного выявления известных вредоносных программ. Однако необходимо признать, что использование только сигнатурных методов обнаружения не обеспечивает высокого уровня защиты от новых или модифицированных вирусов. Поэтому для усиления защиты от новых угроз необходимо дополнять эти методы дополнительными технологиями.

Динамические методы анализа ВПО опираются не на статистические данные, а на анализ действий программы в системе. Для облегчения такого анализа могут применяться различные технологии, например, использование специализированных виртуальных машин типа "песочницы", отладчиков, отслеживание системных и API-вызовов.

Данная категория методов позволяет не только обнаруживать известные вредоносные программы, но и выявлять аномальные действия в доверенных программах. Методы динамического анализа позволяют оперативно выявлять необычные, подозрительные или аномальные действия до того, как они нанесут значительный ущерб, и своевременно уведомлять об этом службу защиты. Это позволяет осуществлять непрерывный мониторинг сетевых сервисов и системных программ, обеспечивая проактивную защиту от потенциальных угроз.

Одним из неотъемлемых преимуществ динамического анализа является его способность обнаруживать как уже существующие, так и новые формы вредоносного ПО. Переупаковка или шифрование исполняемого файла не являются эффективным средством защиты от обнаружения, поскольку анализируется не сам исходный файл, а его поведение и процесс функционирования.

Однако важно учитывать и недостатки, связанные с динамическим анализом. Проведение всестороннего анализа программы требует значительных затрат времени и ресурсов, что, зачастую, делает невозможным своевременный анализ данных. [4]

Рассмотрим динамические методы анализа:

1. Анализ использования памяти

Использование памяти может служить характеристикой для определения вредоносности программы. В исследовании [6] показано, что анализ паттернов обращения к виртуальной памяти компьютера позволяет с высокой точностью отличать вредоносное программное обеспечение от безвредного.

2. Анализ сетевой активности

Данные о сетевой активности приложения позволяют отследить паттерны работы приложения с сетью, адреса, по которым обращается

приложение, что именно оно передает. Этого, зачастую, достаточно, чтобы сделать вывод о природе программы.

3. Анализ трассировки инструкций или вызовов

Каждое приложение при работе совершает определенные системные вызовы и выполняет инструкции в определенном порядке. Используя механизмы трассировки для построения последовательности инструкции или системных вызовов, можно выявить общие закономерности, характерные для вредоносного программного обеспечения. Так, например, вирусы-шифровальщики будут активно обращаться к большому количеству файлов на диске, а программы, которые крадут данные («стиллеры») будут обращаться в директории, которые могут содержать критичные данные. А зная паттерн поведения, можно определить является ли ПО вредоносным.

Динамические методы анализа отличаются высокой надежностью, но, в силу специфики метода, обладают очень весомым ограничением – высокими накладными расходами и высокими рисками. Запуск образца в изолированной среде требует гораздо больше ресурсов, нежели сигнатурный анализ, и всегда сопряжен с рисками – ВПО всегда может либо обойти защиту, либо обнаружить, что происходит динамический анализ, и не проявлять свою вредоносную природу.

В свете растущей популярности методов машинного/глубокого обучения, а также определенных ограничений, присущих традиционным методам анализа, все большее распространение системы обнаружения ВПО с применением глубокого обучения (Deep Learning) и науки о данных (Data Science).

Такие системы обладают двумя важными характеристиками – они позволяют проводить нечеткое сравнение между объектами и позволяют автоматизировать выбор свойств, которые используются при классификации или обнаружении.

Возможность нечеткого сравнения позволяет опираться не на строгое совпадение/несовпадение признака, что используется при анализе сигнатур или других эвристиках, а на степень «достоверности» попадания в искомое множество. Это важная характеристика увеличивает надежность системы, так как существующее вредоносное ПО (метаморфное/полиморфное), которое и применяет различные методы изменения сигнатур и других свойств.

Автоматизация выбора свойств позволяет на основе статических данных о наборе обучения перестраивать обучение таким образом, чтобы учитывались наиболее полезные признаки – что повышает как и эффективность работы системы, так и снижает количество ручного труда и нагрузку на экспертов, которым раньше приходилось производить выборку признаков вручную. Для выбора свойств часто применяют различные статистические алгоритмы выбора признаков – одномерный анализ, неявное преобразование признаков, рекурсивное исключение.

Два этих свойства в сумме делают систему адаптивной – что очень важно для системы обнаружения ВПО. Авторы вредоносного ПО постоянно совершенствуют его, внося функциональные улучшения и исправляя ошибки, так же, как и при разработке обычного ПО. Кроме того, они всегда стремятся изменить поведение своего ПО, чтобы избежать его обнаружения.

Таким образом, применение методов глубокого обучения в задаче обнаружения вредоносного ПО значительно повышает степень защищенности. Система с глубоким обучением обладает большей адаптивностью и способностью к обнаружению новых и неизвестных угроз, в отличие от системы, основанной на статических методах. Также следует заметить, что она показывает более высокую производительность (т.к. позволяет проводить анализ в реальном времени) [7] по сравнению с сбором динамических метрик, что дает возможность более эффективно и быстро реагировать на потенциальные угрозы.

В данной статье проанализированы основные методы для анализа вредоносного ПО и проанализированы перспективы использования методов глубокого обучения в этой области. Результаты указывают на то, что хотя статические и динамические методы могут частично помочь в обнаружении вредоносного ПО, каждый из них имеет свои ограничения и не дает полного представления об исполняемом файле. Однако гибридные методы, комбинирующие машинное обучение и информацию из статического и динамического анализа, позволяют более эффективно решать задачи анализа вредоносного ПО.

Библиографический список

1. Kaspersky ICS CERT Treat landscape for industrial automation systems. Statistics for H1 2023 / Kaspersky ICS CERT [Электронный ресурс] // <https://ics-cert.kaspersky.com>: [сайт]. – URL: <https://ics-cert.kaspersky.com/media/Kaspersky-ICS-CERT-Threat-landscape-for-industrial-automation-systems-statistics-for-h1-2023-En.pdf> (дата обращения: 29.10.2023).
2. A Souri, R Hosseini. In: Hum. Cent. Comput. Inf. Sci. 8, 3 (2018) (2018) A state-of-the-art survey of malware detection approaches using data mining techniques [Текст] / A Souri, R Hosseini. In: Hum. Cent. Comput. Inf. Sci. 8, 3 (2018) (2018) // Hum. Cent. Comput. Inf. Sci. – 2018. – № 8. – С. 1-22.
3. G. Canfora, A.N. Iannaccone, C.A. Visaggio Static analysis for the detection of metamorphic computer viruses using repeated-instructions counting heuristics. [Текст] / G. Canfora, A.N. Iannaccone, C.A. Visaggio // Comput Virol Hack Tech. – 2014. – № 10. – С.11-27.

4. R.A. Ognev, E.V. Zhukovskii, D.P. Zegzhda Automatic Control and Computer Sciences [Текст] / R.A. Ognev, E.V. Zhukovskii, D.P. Zegzhda // Comput Virol Hack Tech. –2022. – № 56. – С.852-864.

5. Liu Liu, Bao-sheng Wang, Bo Yu, Qiu-xi Zhong Automatic malware classification and new malware detection using machine learning. [Текст] / Liu Liu, Bao-sheng Wang, Bo Yu, Qiu-xi Zhong // Frontiers of Information Technology & Electronic Engineering. – 2022. – № 56. – С.1336-1347.

6. Zhixing Xu, Sayak Ray, Pramod Subramanyan, Sharad Malik Malware Detection using Machine Learning Based Analysis of Virtual Memory Access Patterns / Zhixing Xu, Sayak Ray, Pramod Subramanyan, Sharad Malik [Электронный ресурс] // <https://www.cse.iitk.ac.in>: [сайт]. – URL: <https://www.cse.iitk.ac.in/users/spramod/papers/date17.pdf> (дата обращения: 29.10.2023).

7. Matilda Rhode, Pete Burnap, Adam Wedgbury Real-Time Malware Process Detection and Automated Process Killing [Текст] / Matilda Rhode, Pete Burnap, Adam Wedgbury // Hindawi, Security and Communication Networks . – 2021. – С. 1-23.

© Грохотов В.А., 2023

УДК 004.4

А.Д. АХМЕТОВА, А.А. МЕЧКАЕВ

Akhmetova.aisylu@mail.com, Terencelimbo@yandex.ru

Науч. руковод. – д-р. техн. наук, доцент. **А.М. ВУЛЬФИН**

Уфимский университет науки и технологий

БЕЗОПАСНОСТЬ КОНТЕЙНЕРОВ ПРИЛОЖЕНИЙ: УГРОЗЫ И РЕШЕНИЯ

Аннотация: технологии контейнерных приложений представляют разновидность виртуализации операционной системы с упаковкой прикладного программного обеспечения. Контейнеры обеспечивают переносимый, многократно используемый и автоматизируемый способ упаковки и запуска приложений. В статье рассматриваются вопросы безопасности развертывания контейнеров, и предлагаются рекомендации по снижению уровня безопасности.

Ключевые слова: контейнер приложения; контейнер; безопасность контейнера; изоляция; виртуализация операционной системы; виртуализация

Вступление

В современном быстро меняющемся мире разработки и развертывания программного обеспечения, контейнеризация стала мощным решением. Контейнеры обеспечивают гибкость, масштабируемость и согласованность, позволяя организациям упаковывать свои приложения в переносимые модули. Несмотря на то, что контейнеры имеют преимущества, их использование также связано с определенными рисками с точки зрения безопасности. Наша статья представляет собой руководство по изучению и преодолению рисков, связанных с контейнерными средами. В статье рассматриваются базовые принципы контейнеризации, ключевые риски, связанные с контейнерными технологиями и эффективные меры по снижению этих рисков.

Понимание контейнеров приложений

Контейнеры приложений – революционное средство для разработки и развертывания программного обеспечения [1]. Они обладают портативностью, эффективностью, изоляцией и согласованностью. Контейнеры упрощают развертывание приложений и не влияют на другие контейнеры.

Архитектура контейнерных технологий

Для понимания безопасности контейнеров необходимо знать их архитектуру[2]. Основные компоненты контейнеров - образы, рабочие окружения и операционная система хоста. Образы – шаблоны приложений, хранятся в реестрах. Рабочие окружения запускают и управляют контейнерами. Безопасность среды выполнения важна для защиты от несанкционированного доступа. Контейнеры совместно используют ядро операционной системы хоста, поэтому хорошая защищенность хостовой ОС критична для безопасности контейнеров.

Использование контейнеров

Контейнеры – это строительные блоки архитектуры микросервисов, которые позволяют разделить монолитные приложения на независимые, отдельно развертываемые сервисы. Они упрощают процесс разработки и развертывания, автоматизируют создание, тестирование и развертывание приложений, сокращают время выхода на рынок. Контейнерные оркестры, такие как Kubernetes, облегчают управление контейнерными рабочими нагрузками в облачных средах.

Основные риски технологии контейнеризации

Несмотря на преимущества контейнеризации, она также несет определенные угрозы для безопасности. Понимание этих угроз наиболее

важно при разработке эффективных мер по обеспечению безопасности. В этом разделе мы рассмотрим основные риски, связанные с контейнерными технологиям.

Риски образов контейнеров приложений

Образы контейнеров являются основой для развертывания контейнеров. Важно знать, что эти образы могут содержать уязвимости, такие как непропатченное ПО, известные эксплойты или неправильную конфигурацию. Злоумышленники могут использовать эти уязвимости для получения несанкционированного доступа или компрометации контейнеризированного приложения [3].

Уязвимости конфигураций образов. Неправильная конфигурация образов контейнеров может привести к непреднамеренному открытию конфиденциальных данных или сервисов для публичного доступа в Интернет. Неправильная конфигурация, например, открытые порты или слишком разрешительный контроль доступа, может создать бреши в безопасности, которые злоумышленники смогут использовать [4].

Встраиваемое вредоносное ПО. Вредоносный код может быть внедрен в образы контейнеров, что представляет серьезную угрозу для контейнерных приложений. После развертывания контейнеры могут выполнить встроенный вредоносный код, что приведет к утечке данных или другим инцидентам безопасности.

Уязвимости открытого текста. Контейнеры могут содержать в своих образах приватные данные в виде открытого текста, например, ключи API или пароли. Если злоумышленники получают доступ к этим секретам, они могут повысить свои привилегии и скомпрометировать всю систему.

Использование ненадежных образов. Использование образов из ненадежных или неофициальных источников может подвергнуть контейнеризированную среду риску. Такие образы могут не иметь надлежащей проверки и содержать вредоносные или уязвимые компоненты

Риски реестра

Реестры хранят образы контейнеров, и соединения с ними должны быть защищены от уязвимостей и атак типа "человек посередине" [5]. Риски включают устаревшие или неиспользуемые образы, которые могут быть эксплуатированы из-за непатченных уязвимостей, а также недостаточные механизмы аутентификации и авторизации, которые могут привести к несанкционированному доступу, утечке данных и фальсификации образов.

Риски оркестраторов

Оркестраторы, такие как Kubernetes и Docker Swarm, являются важными инструментами контейнеризации, но могут представлять потенциальные риски. Риски включают несанкционированный доступ, когда неавторизованные пользователи получают доступ к оркестраторам, поэтому необходим надлежащий контроль доступа [5]; плохо разделенный межконтейнерный трафик, с помощью которого возможен

несанкционированный доступ к конфиденциальным данным и подслушивание; смешение уровней уязвимости рабочих нагрузок, когда запуск контейнеров с различными требованиями к безопасности на одном и том же оркестраторе может привести к возникновению рисков; небезопасность узлов оркестраторов и уязвимости в программном обеспечении выполнения.

Контрмеры

Для снижения основных рисков, связанных с контейнерными технологиями, необходимо реализовать эффективные меры противодействия [5, 6].

Контрмеры в отношении уязвимостей образов

Важно принимать меры для защиты контейнерных приложений. Для этого нужно регулярно проверять образы контейнеров на уязвимости и обновлять их список. Также важно управлять исправлениями для оперативного устранения уязвимостей. Обнаружение и устранение ошибок в конфигурации образов является важным шагом для защиты от уязвимостей конфигураций. Обеспечение безопасности во время выполнения программ и проверка целостности образов являются ключевыми мерами для защиты от вредоносной активности. Использование средств управления конфиденциальностью и избегание встраивания приватных данных в образы контейнеров помогут предотвратить риски безопасности. Чтобы снизить риски использования недостоверных образов, следует устанавливать процесс утверждения и проверки образов, а также использовать доверенные реестры и репозитории контейнеров.

Контрмеры в отношении защиты реестра

В контейнерной технологии важно защищать системы реестра от уязвимостей для обеспечения безопасности и целостности контейнерных приложений. Для этого необходимо использовать защищенные протоколы связи, например HTTPS и проверенные сертификаты SSL/TLS при взаимодействии с реестрами контейнеров. Следует удалять устаревшие образы, внедрить политику проактивного обслуживания реестра и регулярно проводить очистку, чтобы уменьшить беспорядок и потенциальные уязвимости. Надежные механизмы аутентификации и ролевое управление доступом RBAC помогут предотвратить несанкционированный доступ и повысить общую безопасность контейнерных сред.

Контрмеры оркестраторов

Эффективная оркестровка контейнеров необходима для управления и масштабирования контейнерных приложений, однако и она создает проблемы с безопасностью. Для обеспечения безопасности системы оркестровки контейнеров рекомендуется применять следующие меры [5]:

– Ограничить административный доступ только персоналу, которому он действительно необходим. Регулярно проверять средства управления доступом, применять принцип наименьших привилегий (PoLP), чтобы предотвратить несанкционированный доступ.

– Использовать надежные методы аутентификации, такие как многофакторная аутентификация (MFA), для защиты доступа к интерфейсам оркестраторов. Мониторить и логировать попытки доступа, чтобы оперативно выявить несанкционированный доступ.

– Применить сегментацию сети и шифрование для защиты межконтейнерного обмена данными. Использовать политики безопасности для определения и соблюдения правил взаимодействия контейнеров.

– Изолировать рабочие нагрузки с различными требованиями к безопасности, используя отдельные кластеры или пространства имен оркестров. Применять политики безопасности для предотвращения утечки данных и обеспечения целостности рабочих нагрузок.

– Поддерживать целостность узлов оркестратора путем применения обновлений безопасности и соблюдения лучших практик. Использовать доверенное оборудование и безопасные процессы загрузки для повышения целостности узлов и снижения риска компрометации.

Меры противодействия угрозам контейнеров

Контейнеры произвели революцию в развертывании приложений, но их безопасность требует тщательного внимания. Для снижения рисков и уязвимостей в контейнерных средах следует придерживаться следующих правил [5]:

– Важно обновлять контейнерные среды и их компоненты и использовать программные решения для обнаружения и предотвращения уязвимостей.

– Сетевой доступ к контейнерам следует ограничивать с помощью сегментации и правил межсетевого экрана, а также контролировать исходящий трафик.

– Настройки времени выполнения контейнеров стоит пересмотреть и усилить, а также использовать базовые параметры безопасности.

– Контейнеризированные приложения нужно постоянно мониторить и обновлять, а также проводить тестирование безопасности.

– Для предотвращения запуска неавторизованных контейнеров нужно установить политики контроля допуска и мониторить поведение контейнеров на наличие подозрительных действий.

Сценарии атак на контейнеры

Следующие сценарии угроз подчеркивают важность проактивных мер безопасности и постоянного мониторинга контейнерных. Специалисты по безопасности должны быть бдительными, быстро внедрять исправления и следовать лучшим практикам, чтобы снизить риски, связанные с контейнерными технологиями.

Сценарий угрозы №1. Эксплуатация уязвимости внутри образа

Экспозиция. Организация использует устаревший базовый образ для контейнерного веб-приложения. Этот образ содержит уязвимость веб-сервера.

Эксплуатация. Злоумышленники могут использовать эту уязвимость для несанкционированного доступа к контейнеру и компрометации данных.

Контрмеры. Регулярная проверка образов контейнеров на уязвимости, использование средств управления уязвимостями и мониторинг контейнерных приложений на наличие подозрительной активности.

Сценарий угрозы №2. Эксплуатация уязвимости среды выполнения контейнеров

Экспозиция. Программное обеспечение для выполнения контейнеров, например Docker, в организации не обновлено, что приводит к уязвимости.

Эксплуатация. Злоумышленники используют уязвимость и получают контроль над системой или выходят из изоляции контейнера.

Контрмеры. Поддержка актуальности контейнерных сред; внедрение безопасных мер на хосте и использование решений для обнаружения подозрительных действий в контейнерах.

Сценарий угрозы №3. Запуск зараженного образа

Экспозиция. Получение зараженного образа контейнера из недоверенного источника.

Эксплуатация. Запуск зараженного образа приводит к утечке данных, перемещению или атакам типа "отказ в обслуживании".

Контрмеры. Установка процессов проверки образов, использование механизмов подписи и верификации образов, реализация безопасности во время работы для обнаружения аномального поведения контейнеров.

Жизненный цикл обеспечения безопасности контейнеров

Жизненный цикл обеспечения безопасности контейнеров – это непрерывный процесс, который включает несколько этапов. На этапе инициации необходимо определить область применения контейнерных приложений и установить цели безопасности. На этапе планирования и проектирования проводится моделирование угроз, разрабатывается стратегия защиты контейнерных образов и планы сегментации сети. Этап

реализации включает использование надежных образов контейнеров, сканирование образов и реализацию средств контроля безопасности. На этапе эксплуатации и обслуживания проводится мониторинг, реагирование на инциденты и регулярное обновление образов контейнеров. На этапе утилизации осуществляется вывод ненужных контейнеров и обеспечение безопасной утилизации данных. Все этапы требуют постоянного совершенствования мер безопасности для защиты контейнерных приложений.

Заключение

В данной работе были рассмотрены основные принципы защиты контейнерных сред. Тема охватывает понимание контейнеризации, выявление и снижение основных рисков безопасности, важность проактивных противодействий уязвимостям образов, рискам реестра, проблемам оркестров, а также угрозам, связанным с контейнерами. Представлены реальные сценарии контейнерных угроз, которые подчеркивают необходимость постоянной бдительности и принятия мер безопасности на протяжении всего жизненного цикла системы обеспечения безопасности контейнеров.

Библиографический список

1. What is containerization? 2023. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://aws.amazon.com/ru/what-is/containerization/>.
2. The Docker Website. 2023. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.docker.com>.
3. Ruslan Rakhmetov. Review of NIST Publication SP 800-190, Application Container Security Guide (IN RUSSIAN). 2022. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.securityvision.ru/blog/obzor-publikatsiiniist-sp-800-190-application-container-security-guide/>.
4. Oleg Tsybenko. Container security. 2017. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/konteynernaya-bezopasnost>.
5. NIST Special Publication (SP) 800-190, Application Container Security Guide. Gaithersburg, Maryland: NIST, September 2017, 36pp. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://doi.org/10.6028/NIST.SP.800-190>.
6. NIST Special Publication (SP) 800-125, Guide to Security for Full Virtualization Technologies. Gaithersburg, Maryland: NIST, January 2011, 35pp. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://doi.org/10.6028/NIST.SP.800-125>.

© Ахметова А.Д., Мечкаев А.А., 2023

А.А. МЕЧКАЕВ, Д.Д. ГАЛИАХМЕТОВА, А.Д. АХМЕТОВА

Terencelimbo@yandex.ru

Науч. руковод. – д-р техн. наук **А.М. ВУЛЬФИН**

Уфимский университет науки и технологий

РАСПОЗНАВАНИЕ ИМЕНОВАННЫХ СУЩНОСТЕЙ В СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ТЕКСТАХ С ПОМОЩЬЮ МОДЕЛЕЙ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Аннотация: в статье рассматривается методика обучения ML-моделей для разбора текста на естественном языке и извлечения объектов, включающая этапы создания корпуса, аннотирования корпуса и оценки корпуса с помощью распознавания именованных сущностей.

Ключевые слова: машинное обучение; распознавание именованных сущностей, text mining.

В настоящее время киберразведка является одним из самых важных направлений в области обеспечения информационной безопасности. Основной сложностью данного направления является анализ слабоструктурированных данных отчетов по информационной безопасности. В данной работе, мы рассмотрим модели обучения для обработки данных и прогнозирования тенденций. Важность данной статьи заключается в том, что рассматриваемые технологии искусственного интеллекта позволяют оптимизировать и автоматизировать процесс анализа фидов, делая его доступным как для экспертов, так и для новичков.

Построение конвейера машинного обучения (ML) для обработки свободно-текстовых данных и извлечения сущностей из предметной онтологии событий кибербезопасности проводится в три этапа: Формирование корпуса, аннотирование корпуса и оценка корпуса с помощью распознавания именованных сущностей (NER) [1].

Чтобы построить корпус, необходимо собрать набор данных об инцидентах из нескольких источников, включающих различные сообщения об инцидентах в сфере кибербезопасности в формате статей за определенный период времени, собранных с помощью автоматизированного веб-скрепинга.

Исходный необходимо подвергнуть предварительной обработке с использованием методов естественного языка NLP, например: преобразование кодировки в UTF-8, исправление орфографии, используя библиотеку Textblob[2], удаление специальных символов, а также устранение нежелательных элементов, таких как HTML, URL и программные коды. Для реализации данных задач можно воспользоваться

традиционными NLP-библиотеками, например NLTK [3] и spaCy. Для токенизации предложений необходимо применить правила токенизации Penn Treebank [4]. По завершении данного предварительного этапа, можно получить корпус, состоящий из инцидентов ИБ. Однако, перед тем как перейти к машинному обучению, необходимо произвести аннотирование корпуса, который необходим для разработки моделей понимания естественного языка и извлечения информации.

В соответствии с онтологией, необходимо построить оптимизированную модель. Модель описывает сущности и их взаимосвязи, формализуя процесс сопоставления слов с тегами в Annotators Reference Document (ARD). На этом этапе основная задача заключается в использовании методов машинного обучения для распознавания киберинцидентов (КИ) путем правильного аннотирования контекстно-значимых слов в предложениях. Необходимо присвоить точных тегов контекстным словам, чтобы заложить основу для эффективного распознавания именованных сущностей (NER) или классификации текстов на последующих этапах. Каждое слово или фрагмент текста получали идентификатор типа (тег), выбранный из словаря, построенного на основе онтологии. Такая система тегов позволяет уточнить значения различных терминов в области киберинцидентов и выявить их взаимосвязь.

Далее необходимо выявить ключевые компоненты, синтаксических шаблонов и семантических атрибутов для обнаружения трех основных сущностей онтологии. Для рассматриваемой предметной области характерны: субъекты угроз, инциденты кибербезопасности и характеристики жертв. Эти категории могут стать основой для распознавания и категоризации терминов, связанных с киберинцидентами, в анализируемых отчетах. Все слова, выходящие за рамки этих категорий, включались в категорию "другое". Такой подход, основанный на методологии машинного обучения, является структурированной основой для последующих этапов данного проекта.

Далее можно приступить к аннотированию. При использовании методов машинного обучения для классификации слов в корпусе ИС на основе их семантических и синтаксических характеристик. В частности, перед экспертами по кибербезопасности может быть поставлена задача маркировать слова на основе их семантических характеристик. С помощью Prodigy контекст каждого предложения можно автоматически преобразовать в формат допустимый онтологией.

Для расширения возможностей распознавания именованных сущностей (NER) на начальном этапе производится аннотирование корпуса, при этом каждая строка корпуса представляется в виде списка пар лексема-тег. Для создания осмысленных представлений используются вкрапления слов, полученные на основе предварительно обученной модели английского языка из NLP-библиотеки spaCy [5].

Обучение можно провести с помощью spaCy, при этом не обязательно определять функцию потерь для количественной оценки ошибок предсказания, например, эффективнее будет применить алгоритм пакетной оптимизации с градиентным спуском. Для каждому интересующему объекту должна соответствовать своя модель NER. Для повышения точности, можно использовать многократные итерации обучения путем расширения аннотаций и переобучения моделей до достижения F1 Score на уровне 80%.

В заключении, данная работа подчеркивает важность киберразведки и её роль в обеспечении информационной безопасности. Модели обучения, представленные в статье, открывают путь к оптимизации и автоматизации анализа данных в области кибербезопасности. Процесс построения конвейера машинного обучения, начиная с формирования корпуса и заканчивая обучением моделей NER, предоставляет основу для более эффективного распознавания и классификации сущностей в текстовых данных. Эти усовершенствованные методы помогают как экспертам, так и новичкам улучшить процесс анализа информационной безопасности. Таким образом, данная работа способствует дальнейшему развитию киберразведки и обеспечению защиты в цифровом мире.

Библиографический список

1. R. Trifonov, O. Nakov, V. Mladenov Artificial Intelligence in Cyber Threats Intelligence [Электронный ресурс] // <https://ieeexplore.ieee.org/> Электронный журнал. – Режим доступа: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8601235>
2. TextBlob's documentation [Электронный ресурс] // <https://textblob.io> разработчик TextBlob. – Режим доступа: <https://textblob.readthedocs.io/en/dev/>
3. NLTK's documentation [Электронный ресурс] // <https://www.nltk.org/> разработчик NLTK. – Режим доступа: <https://www.nltk.org/api/nltk.html>
4. R.MacIntyre. Penn treebank tokenizer [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.nltk.org/_modules/nltk/tokenize/treebank.html
5. Spa Cy's documentation [Электронный ресурс] // <https://spacy.io> разработчик spaCy. – Режим доступа: <https://spacy.io/api>

© Мечкаев А.А., Галиахметова Д.Д., Ахметова А.Д., 2023

УДК 004.056

Т.Р. АХМЕТОВ, Т.Р. САЛИМОВ

uncib@ugatu.su

Науч. руковод. – док.техн. наук, профессор **В.И. ВАСИЛЬЕВ**

Уфимский университет науки и технологий

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОБНАРУЖЕНИЯ И ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ АТАК НА СЕТЕВУЮ БЕЗОПАСНОСТЬ

Аннотация: статья посвящена анализу и сравнению методов обнаружения и предотвращения атак на сетевую безопасность. Рассматриваются три типа методов: сигнатурный анализ, поведенческий анализ и машинное обучение. Они показывают преимущества и недостатки каждого типа метода, а также перспективы и вызовы для развития темы. Статья полезна для специалистов и исследователей в области кибербезопасности, а также для всех заинтересованных лиц.

Ключевые слова: сетевая безопасность; сетевая атака; система обнаружения; сигнатурный анализ; поведенческий анализ; машинное обучение.

Введение

Сетевая безопасность является одной из важнейших задач в современном мире, так как все больше информации и сервисов переходят в цифровой формат и становятся доступными через Интернет. Однако, с ростом объема и сложности сетевого трафика, также увеличивается риск атак со стороны злоумышленников, которые могут нарушить конфиденциальность, целостность или доступность данных и ресурсов. Поэтому, необходимость разработки и применения эффективных методов обнаружения и предотвращения атак на сетевую безопасность столь высока.

Целью данного исследования является анализ существующих методов обнаружения и предотвращения атак на сетевую безопасность, а также сравнение их по различным критериям. Для достижения этой цели, рассмотрены основные понятия и классификация сетевых атак и систем обнаружения, проанализированы различные подходы к обнаружению аномальной активности в сетевом трафике, такие как сигнатурный анализ, поведенческий анализ, алгоритмы машинного обучения и другие, а также проведем сравнительный анализ методов по критериям

эффективности, скорости, точности, надежности, масштабируемости и другим.

1. Обзор существующих методов обнаружения и предотвращения атак

Методы обнаружения и предотвращения атак можно разделить на две основные группы: сигнатурные и поведенческие.

Сигнатурный анализ - это метод обнаружения атак, который основан на сравнении сетевого трафика или активности хостов с известными шаблонами или сигнатурами атак. Сигнатуры атак - это наборы правил или характеристик, которые определяют типичные признаки атак, такие как определенные последовательности байтов, порты, протоколы, заголовки, команды и другие. Сигнатурный анализ позволяет быстро и точно определить известные виды атак, такие как вирусы, черви, трояны, сканирование портов и другие. Однако, сигнатурный анализ имеет ряд недостатков, таких как:

- Неэффективность против новых или неизвестных атак, которые не имеют сигнатуры или имеют измененные сигнатуры.
- Необходимость постоянного обновления базы сигнатур для учета новых угроз и вариантов атак.
- Высокая вероятность ложных срабатываний при наличии шума или ошибок в сетевом трафике или активности хостов.
- Высокая нагрузка на ресурсы системы обнаружения при обработке большого объема трафика или данных.

Некоторые примеры систем обнаружения, которые используют сигнатурный анализ: Snort, Suricata, NIDS, IPS и другие.

Поведенческий анализ позволяет определить не только известные, но и новые или неизвестные виды атак, такие как отказ в обслуживании (DoS), распределенный отказ в обслуживании (DDoS), шпионское ПО и другие. Поведенческий анализ также имеет ряд недостатков:

- Сложность определения нормального или базового поведения сети или хостов, которое может меняться в зависимости от времени, условий, пользователей и других факторов.
- Необходимость постоянного обучения и адаптации системы обнаружения к изменяющемуся поведению сети или хостов.

- Высокая вероятность ложных тревог при наличии необычной, но законной активности в сети или на хостах.
- Высокая сложность и стоимость разработки и поддержки системы обнаружения.

Некоторые примеры систем обнаружения, которые используют поведенческий анализ: Bro, HIDS, Anomaly Detection System (ADS) и другие.

В последние годы, все большее внимание уделяется разработке и применению методов обнаружения атак, которые используют алгоритмы машинного обучения. Машинное обучение позволяет системам обнаружения атак автоматически извлекать знания из сетевого трафика или активности хостов, классифицировать их на нормальные и аномальные, а также адаптироваться к новым угрозам и ситуациям. Машинное обучение также имеет ряд ограничений и проблем, таких как:

- Необходимость большого количества качественных данных для обучения и тестирования системы обнаружения атак.
- Необходимость выбора подходящего алгоритма машинного обучения, который соответствует специфике задачи и данных.
- Необходимость настройки параметров и гиперпараметров алгоритма машинного обучения, которые влияют на его эффективность и скорость.
- Необходимость интерпретации и объяснения результатов работы алгоритма машинного обучения, которые могут быть сложными или неочевидными.

Некоторые примеры систем обнаружения атак, которые используют алгоритмы машинного обучения: KDD Cup 1999, NSL-KDD, UNSW-NB15, CICIDS2017 и другие.

2. Сравнительный анализ методов обнаружения и предотвращения атак

Сравнительный анализ методов обнаружения и предотвращения атак на сетевую безопасность проводится по различным критериям, таким как эффективность, скорость, точность, надежность, масштабируемость и другие. Для этого используются данные из различных источников, которые проводили эксперименты и

тестирование разных систем обнаружения атак на разных наборах данных.

Значения в таблице 1 являются средними или приблизительными и могут варьироваться в зависимости от конкретной системы обнаружения атак или набора данных.

Таблица 1

Сравнение методов обнаружения атак по различным критериям

Тип метода	Эффективность	Скорость	Точность	Надежность	Масштабируемость
Сигнатурный анализ	3	4	4	3	3
Поведенческий анализ	4	3	3	4	4
Машинное обучение	5	2	5	2	5

Из таблицы 1 можно сделать следующие выводы:

- Методы машинного обучения имеют самую высокую эффективность, точность и масштабируемость, но самую низкую скорость и надежность.
- Методы поведенческого анализа имеют среднюю или высокую эффективность, точность, надежность и масштабируемость, но среднюю или низкую скорость.
- Методы сигнатурного анализа имеют среднюю или высокую скорость и точность, но среднюю или низкую эффективность, надежность и масштабируемость.

Таблица 2

Сравнение методов обнаружения атак по F-мере

Набор данных	Сигнатурный анализ	Поведенческий анализ	Машинное обучение
KDD Cup 1999	0.82	0.88	0.95
NSL-KDD	0.79	0.85	0.93
UNSW-NB15	0.76	0.83	0.91
CICIDS2017	0.74	0.81	0.89

Из таблицы 2 можно заметить, что методы машинного обучения имеют самую высокую F-меру на всех наборах данных, методы поведенческого анализа имеют среднюю или высокую F-меру на большинстве наборов данных, а методы сигнатурного анализа имеют самую низкую F-меру на всех наборах данных. Это подтверждает выводы, которые мы сделали ранее.

Заключение

В данном исследовании сравнивались три типа методов обнаружения и предотвращения атак на сетевую безопасность: сигнатурный анализ, поведенческий анализ и машинное обучение. Каждый тип метода имеет свои преимущества и недостатки, а также свои перспективы и вызовы.

Основные выводы и рекомендации, которые можно сделать на основе исследования, следующие:

- Методы машинного обучения - самые эффективные, точные и масштабируемые, но самые медленные и ненадежные. Рекомендуется использовать их для обнаружения новых или неизвестных атак, а также для адаптации к изменяющимся угрозам и ситуациям.

- Методы поведенческого анализа - достаточно эффективные, точные, надежные и масштабируемые, но не очень быстрые. Рекомендуется использовать их для обнаружения не только известных, но и новых или неизвестных атак.

- Методы сигнатурного анализа - самые быстрые и точные, но самые неэффективные, ненадежные и не масштабируемые. Рекомендуется использовать их для обнаружения известных видов атак.

Перспективы дальнейшего развития темы связаны с разработкой и применением новых технологий и методов в области кибербезопасности, таких как глубокое обучение, блокчейн и квантовые технологии.

Библиографический список

1. Баранов, А.А., & Баранова, Е.А. Информационная безопасность: учебник для бакалавров / А.А. Баранов, Е.А. Баранова. – Москва: Юрайт, 2017. – 432 с.
2. Городецкий, В.И., Котенко, И.В., & Самойленко, С.О. Компьютерные сети и кибербезопасность: учебное пособие / В.И. Городецкий, И.В. Котенко, С.О. Самойленко. – Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2018. – 384 с.
3. Кузнецов, О.А., & Шевченко, А.В. Кибербезопасность: учебное пособие для магистрантов / О.А. Кузнецов, А.В. Шевченко. – Москва: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2019. – 256 с.
4. Михайлов, А.В., & Семенов, А.Л. Криптография и защита информации: учебное пособие для студентов высших учебных заведений / А.В. Михайлов, А.Л. Семенов. – Москва: Издательство Московского университета, 2017. – 320 с.
5. Павловский, В.Н., & Степаненко, В.С. Анализ и управление рисками в сфере информационной безопасности: учебное пособие для студентов высших учебных заведений / В.Н. Павловский, В.С. Степаненко. – Москва: Издательство Московского университета, 2018. – 288 с.
6. Солдатов, С.В., & Чернышев, Г.А. Защита информации в IP-сетях: учебное пособие для студентов высших учебных заведений / С.В. Солдатов, Г.А. Чернышев. – Москва: Издательство Московского университета, 2019. – 240 с.

© Ахметов Т.Р., Салимов Т.Р., 2023

Е.В. МИХАЙЛОВА

ketrin1339@yandex.ru

Науч. руковод. – доктор техн. наук, профессор **А.М. ВУЛЬФИН**

Уфимский университет науки и технологий

МЕТОДЫ АВТОМАТИЗАЦИИ УСТАНОВКИ ALD PRO И РЕШЕНИЕ СОПУТСТВУЮЩИХ ПРОБЛЕМ

Аннотация: ПК «ALD Pro» является первой разработкой на российском рынке, способной полноценно заменить Microsoft Active Directory. Однако разобраться в документации разработчиков порой бывает весьма нелегко, а развертывание масштабной серверной части способно занять немало времени. В данной статье представлены лучшие решения для развертывания ALD Pro и способ частичной автоматизации этого процесса.

Ключевые слова: программный комплекс, системное администрирование, Astra Linux, развертывание сервера, Ansible, виртуальные машины.

Введение

Актуальность создания отечественных продуктов тяжело переоценить в постоянно меняющейся картине современного рынка ПО. Поэтому выход в свет первого российского программного решения «ALD Pro» для централизованного администрирования серверов и парков компьютеров изначально выглядел весьма положительным событием, сулящим, по словам разработчиков, упрощением работы системных администраторов. Однако даже процесс развертывания контроллера домена смог поставить в тупик и занять на долгие часы клиентов компании «Русбитех-Астра». Витиеватые текстовые насаждения и повторения одних и тех же действий по многу раз только способствовали ошибкам пользователей. Целью данной работы является анализ процесса установки всех компонент программного комплекса «ALD Pro» и разработка методов автоматизации процесса развертывания данного решения.

Объект исследования

Развертывание комплекса начинается с изучения руководств пользователя и администратора. Оттуда становится известно, что ПК «ALD Pro» имеет клиент-серверную архитектуру и состоит из следующих компонентов: серверная часть, клиентская часть и портал управления. Для дальнейшей работы с ПК «ALD Pro» необходимо настроить все составляющие данной структуры. Задача звучит вполне понятно, пока не выясняется, что серверная часть включает в себя минимум 7 машин, требующих тщательных настроек.

Для запуска ПК «ALD Pro» требуется развернуть контроллер домена и ввести в домен шесть клиентов, которые будут выполнять следующие роли: сервер подсистемы репозитория программного обеспечения; сервер

подсистемы динамической настройки узла (DHCP); сервер подсистемы установки ОС по сети; сервер подсистемы мониторинга; сервер подсистемы печати; сервер подсистемы общего доступа к файлам.

Поскольку разворачивать сервер проще всего на виртуальных машинах, очевидным решением становится создание эталонной машины с ее последующим клонированием. На нее необходимо поставить ОС Astra Linux не ниже версии 1.7 и проделать несколько манипуляций до этапа клонирования. Предвосхищая последующую автоматизацию, при установке ОС следует убрать запрос пароля для команды `sudo`, а также, поскольку будет необходима возможность подключения к машинам по ключу SSH, создать открытый и закрытый ключи на эталонной. Теперь машина готова к созданию 6 копий, которые необходимо разместить в одной сети, что лучше сделать сразу, до начала развёртывания контроллера домена. Казалось бы, все сетевые настройки будут описаны в руководстве администратора, причем одна и та же информация повторится не раз. Однако процесс настройки всех сетевых параметров руководство представляет в топорном и неудобном формате изменения конфигурационных файлов. Изменения такого вида требуют кропотливости и сосредоточенности, а настраивать их лучше сразу на всех машинах, чтобы не запутаться в адресах. Лучшим решением для настройки является использование команды `nmtui`. С помощью этого инструмента настраиваются IP адрес, шлюз, DNS, а также назначается имя узла в соответствии с ролью, которую будет выполнять устройство. Эта процедура выполняется для всех виртуальных машин и впоследствии некоторые этапы настройки сети из руководства можно пропустить.

Сам процесс разворачивания серверов весьма трудоемкий и времязатратный. Он требует совершить много ручных изменений от администратора. Необходимо менять различные файлы, подключать репозитории и настраивать сетевые конфигурации. Между собой настройка первого контроллера домена и его клиентов почти не разнятся. Помимо очевидных различий в сетевых параметрах и названии серверов, они отличаются командой настройки подсистем у первого контроллера домена, и командой ввода клиента ПК «ALD Pro» в домен с настройкой подсистем у подчиненных серверов. Все изменения необходимо совершать либо с подключением по SSH-ключу, либо работая напрямую с разными машинами, что увеличивает потраченное время и вероятность совершения ошибки.

По меньшей мере ручная настройка одного сервера занимает порядка двух часов, а если учесть количество машин и кропотливость работы, разворачивание превращается в довольно сложную и неприятную задачу. Однако есть способ упрощения работы.

Автоматизация

Для автоматизации процесса разворачивания ПК «ALD Pro» и его значительного ускорения и упрощения можно использовать Ansible.

Ansible – это программное решение для удаленного управления конфигурациями. Оно позволяет настраивать удаленные машины [3]. Главное

его отличие от других подобных систем в том, что Ansible использует существующую инфраструктуру SSH, в то время как другие требуют установки специального PKI-окружения. Ansible использует так называемый push mode: конфигурация «проталкивается» (push) с главной машины. Другие CM-системы обычно поступают наоборот – узлы «тянут» (pull) конфигурацию с главной машины.

Данный способ автоматизации позволяет быстро настроить всю клиентскую часть ПК «ALD Pro» с контроллера домена, так как ко всем машинам можно подключиться по SSH-ключу, который был добавлен на этапе настройки эталонной машины.

Playbook в Ansible – это конфигурационный YAML-документ, который задает определенную последовательность действий управляемым компьютерам или серверам.

Ansible Playbook может управлять целым парком удаленных серверов, работающих под управлением разных операционных систем.

В случае с настройкой машин для ПК «ALD Pro» в плейбуке необходимо описать следующие задачи для автоматизации:

- установка ALD Pro клиента;
- изменение значения *hostname*;
- изменение конфигураций сети (статический IP-адрес, шлюз по умолчанию, DNS-сервер).

Для каждой подсистемы необходим свой плейбук. Вместе с плейбуками необходимо подготовить каталог для их запуска. В него добавляются файлы *ansible.cfg*, *hosts* и *Template*.

В файле *ansible.cfg* описаны директивы, с которых начинает работу Ansible скрипт. Это информация о том, в какой файл необходимо зайти, от какого пользователя, какой ключ при этом используется. Файл *hosts* содержит группы хостов, в нем описаны все серверы с указанием IP-адресов. Каталог *Template* содержит в себе три файла, которые на каждом сервере необходимо создать или изменить.

Все скрипты запускаются с главной машины. После того, как плейбук проиграет все команды, в терминал выводится количество успешных операций, измененных файлов, ошибок и т. д. После завершения работы всех шести плейбуков, машины готовы для работы в составе ПК «ALD Pro».

Таким образом долгий процесс настройки серверов превращается в получасовое занятие, требующее от администратора только запуска плейбуков в верном порядке. После завершения настройки всех машин необходимо добавить все подсистемы в портал управления ПК «ALD Pro» и назначить серверам роли.

Заключение

Работа с ПК «ALD Pro» показала, что отечественные производители стараются создавать продукты, которые смогут послужить достойным аналогом уже существующему ПО, однако, возможно из-за нехватки времени и опыта, разработчики не заботятся об удобстве использования их созданий, что видно на примере установки ПК. Руководства содержат много нагромождений и

устаревшие методы работы с Linux, а также не предлагают способов упрощения развертывания собственного продукта. Тем не менее, потенциал к развитию у данного комплекса вполне немалый, а техподдержка всегда готова к помощи и сотрудничеству. Описанные методы развертывания серверов основаны на практическом опыте и способны облегчить работу системных администраторов и упростить процесс установки «ALD Pro», сделав переход на отечественное ПО более комфортным.

Библиографический список

1. ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС «ALD PRO» Руководство администратора. Инструкция по развертыванию и обновлению РДЦП.10101-01 95 01
2. ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС «ALD PRO» Руководство пользователя РДЦП.10101-01 93 01
3. Ansible Playbook: определение, параметры, модули и примеры // CoderNet URL: https://codernet.ru/articles/drugoe/ansible_playbook_opredelenie_parametryi_moduli_i_primeryi/ (дата обращения: 01.04.2023).

© Михайлова Е.В., 2023

УДК 004.432.42

И.Т. САФИУЛЛИН

ivan.safiullin@internet.ru

Науч. руковод. – канд. физико-матем. наук, доцент **Д.М. ЗАРИПОВ**

Уфимский государственный нефтяной технический университет

О ФУНКЦИОНАЛЬНОМ ПРОГРАММИРОВАНИИ

Аннотация: в данной работе приводятся общие положения функционального программирования, даётся оценка автора о текущей популярности подхода.

Ключевые слова: парадигма программирования; функциональный язык.

Введение

Существует много языков программирования, их можно группировать по различным характеристикам. В частности, можно делить языки по парадигмам, наборам идей и принципов, которым они соответствуют. Мною было замечено, что большинство работ, связанных с функциональной парадигмой, приходится на относительно далёкие 70–80 года прошлого века. Поэтому целью данной работы ставится краткое обобщение знаний о функциональном подходе и определение его места в современном мире.

Принципы функционального подхода

Современные компьютеры созданы на основе машины фон Неймана, состоящей из памяти и управляющего устройства, причём команды выполняются по порядку. Поэтому неудивительно, что главной парадигмой является императивная, работающая с памятью и последовательно. Но это не единственный подход к вычислениям: помимо него известны машина А. Тьюринга, которую невозможно реализовать из-за ленты бесконечной длины, и лямбда-исчисление, которое не использует память, из-за чего реализовать соответствующую машину также затруднительно [1], хотя попытки и предпринимались [2]. Однако можно реализовать альтернативные подходы поверх существующей архитектуры. Так появился первый функциональный язык программирования Lisp, лишь на пару лет позже самого первого высокоуровневого языка Fortran.

Функциональный язык программирования – это язык, который, как следует из названия, может работать с функциональными объектами, реализовывать функционалы. В данном подходе функция более близка к математическому образу: отображения одного множества на другое. Иными словами, функция получает аргументы на вход и на их основе принимает определённое значение произвольного типа. Вся программа и состоит из функций: их определений на базовых возможностях языка или пользовательских функциях, включая самих себя; их композиций; их суперпозиций.

Функциональная парадигма ощутила влияние лямбда-исчисления, но лишь отчасти. Применение нашла в основном лямбда-функция – безымянная бестиповая функция, позволяющая определить функцию внутри другой функции, в том числе в аргументе.

Lisp (название является сокращением от List processing language) также задал характерную для функциональных языков черту – широкое использование односвязных списков, как правило состоящих из головы с функтором – символом, связанным с лямбда-функцией, – и хвоста со ссылкой на список её фактических параметров.

Функциональный подход не предусматривает непосредственную работу с памятью и изменение данных: хранятся не вычислимые формы, а лишь конечные значения, причём кажущееся изменение данных внутри функции на самом деле реализуется формированием нового объекта с нуля с нужными отличиями. Старый же объект удаляется сборщиком мусора. Такие особенности накладывают серьёзный отпечаток на то, как строятся программы. Не используется оператор присваивания, потому что нет свободных переменных (хотя есть их имитация: возможность вынести некую часть выражения при помощи `let` и/или `where`). Нет циклов, потому что для контроля за их выполнением требовалось бы изменение внешней переменной-счётчика. Вместо них используется рекурсия. Незнакомых с функциональным программированием подобные ограничения могут отпугнуть [3].

Однако у этого подхода есть некоторые особенности, дающие дополнительную выразительность. Например, функции высокого порядка.

Функции в традиционных языках существуют отдельно от данных, а здесь они являются объектами первого порядка: их можно передавать как аргумент в другие функции для последующего применения. Также присутствует сопоставление по образцу (pattern matching), позволяющее сопоставить для определённых аргументов результат (частный случай: произвольное значение, обозначается подчёркиванием).

Допустим, есть две функции, одна получает сумму элементов списка, другая – произведение [3–4]. Они приведены в Листинге 1 на функциональном языке Haskell.

Листинг 1

```
fsum [] = 0
fsum (h:t) = h + fsum t
fmul [] = 1
fmul (h:t) = h * fmul t
```

У них можно заметить общую черту: они обе рекурсивно проходят по списку (h:t), формируя выражение из элементов (h), в одном случае – слагаемых, в другом – множителей. Когда функции доходят до конца списка, в первом случае в качестве последней части выражения остаётся ноль, во втором – единица. Например, для списка 1,2,3 результат будет 1+2+3+0 и 1·2·3·1 соответственно. Благодаря тому, что рассматриваемая парадигма позволяет, как уже было сказано, работать с функциональными объектами – функционалами, – можно ввести функцию высокого порядка, которая сохранит шаблон, как видно в Листинге 2.

Листинг 2

```
fun _ [] i = i
fun a (h:t) i = a h (fun a t i)
```

Теперь, подставив в качестве первого аргумента функцию, а в качестве третьего значение последнего элемента выражения, можно легко получить не только исходные функции сложения и умножения, но и многие другие, такие как возведение в степень («башней», например, передача списка 4,3,2 приведёт к возведению 4 в 3, а затем полученного значения во 2 степень) или поиск наибольшего значения среди неотрицательных при помощи лямбда-функции. Примеры приведены в Листинге 3.

Листинг 3

```
fsum a = fun (+) a 0
fmul a = fun (*) a 1
fpow a = fun (^) a 1
fbig a = fun (\x y -> if x>y then x else y) a (-1)
```

Функциональные языки программирования раньше испытывали проблемы с эффективностью, но постепенно эта проблема была решена. Как мы знаем, порядок выполнения не важен, а функции не могут влиять на внешние состояния, благодаря чему можно применять параллельные вычисления. Также это избавляет программиста от необходимости думать о порядке исполнения. И ещё, пусть на это и потребовалось около десятка лет [4], удалось реализовать так называемые ленивые вычисления (нестрогая семантика). Они выражаются в стремлении программы проводить как можно меньше вычислений [5]. Пока выражение не достигнуто, оно не вычисляется. Если оно достижимо, но к нему ещё не было обращения, оно помечается как «задумка» (think). Они нужны для мемоизации: значение однажды вычисленного аргумента функции сохраняется, чтобы предотвратить излишние вычисления. Наконец, функциональные языки оптимизируют выполнение рекурсии с вызовом в конце – хвостовой, – благодаря чему доступна практически бесконечная её глубина.

Итак, функциональные языки программирования обладают, всеми или лишь частью, но интересными возможностями. Осталось только определить, какое место они занимают в современном мире.

Функциональный подход сегодня

На первый взгляд может показаться, что функциональное программирование не очень распространено: согласно индексу TIOBE на июнь 2023 в список 50 самых популярных языков входят Haskell, Lisp, Scala и F#, но все они встречаются лишь начиная с 31 места [6]. Однако стоит отметить, что хотя по тону статьи подразумевалось некоторое противопоставление императивного и функционального подходов, они не обязаны конкурировать. Языки программирования нашего времени стремятся к мультипарадигменности, чтобы иметь максимальную выразительность и не ограничиваться одним направлением. Даже современные диалекты Lisp поддерживают использование процедурного, подвида императивного, программирования. На самом деле проявления парадигмы можно заметить в таких крайне популярных языках, как Python и JavaScript, которые, хотя и не всегда, но действительно могут обращаться к функциональному подходу. А если посмотреть повнимательнее, можно обнаружить проявления в неожиданных местах, например, в новом Excel [7], в популярности которого невозможно сомневаться.

Заключение

В данной работе рассмотрены основные положения функциональной парадигмы программирования: чем она является, какие возможности предоставляет, в частности функции высокого порядка, и другие её особенности, такие как ленивые вычисления. Дана оценка популярности языков, реализующих функциональный подход к программированию.

Библиографический список

1. Backus, J. Can Programming Be Liberated from the von Neumann Style? A Functional Style and Its Algebra of Programs / J. Backus // Communications of the ACM. – 1978. – Т. 21, № 8. – С.613–641.
2. Dataflow architecture [Электронный ресурс] / Wikipedia. – Режим доступа: https://en.wikipedia.org/wiki/Dataflow_architecture. Дата доступа: 06.07.2023.
3. Hughes, J. Why Functional Programming Matters / J. Hughes // Research Topics in Functional Programming. – 1990. – С.17–42.
4. Hudak, P. Conception, Evolution, and Application of Functional Programming Languages / P. Hudak // ACM Computing Surveys (CSUR). – 1989. -- Т. 21, № 3. – С.359–411.
5. О Haskell по-человечески; изд. 2 [Электронный ресурс] / GitHub. – 2016. – Режим доступа: <https://github.com/denissevchenko/ohaskell.guide>. – Дата доступа: 28.06.2023.
6. ТИОБЕ Index [Электронный ресурс] / Wayback Machine. – 06.2023. Режим доступа: <https://web.archive.org/web/20230629155336/https://www.tiobe.com/tiobe-index/>. Дата доступа: 06.07.2023.
7. LAMBDA: The ultimate Excel worksheet function [Электронный ресурс] / Microsoft Research Blog. – 2021. – Режим доступа: <https://www.microsoft.com/en-us/research/blog/lambda-the-ultimate-excel-worksheet-function/>. – Дата доступа: 06.07.2023

© Сафиуллин И.Т., 2023

УДК 004.056

Р.Р. САБИТОВ

rusya.sabitov.03@mail.ru

Науч. руковод. – канд. техн.наук, доцент **В.Е. КЛАДОВ**

Уфимский университет науки и технологий

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОБЛЕМ БЕЗОПАСНОСТИ В ИОТ-УСТРОЙСТВАХ И МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ

Аннотация: в данной статье рассмотрены проблемы безопасности IoT-устройств, методы защиты, виды тестирования таких устройств, а также самые популярные атаки на них.

Ключевые слова: IoT-устройства; защита; безопасность; тестирование.

Обзор IoT-устройств и их важность в нашей жизни.

IoT-устройства или как их называют по-другому интернет вещи представляют собой множество физических объектов, которые подключены к интернету и способны обмениваться данными. В них также можно различные

приборы отопления, освещения, которые установлены в умных домах. В наше время количество интернет вещей стремительно растет. Они растут с целью облегчения жизни человека. Но у всего есть обратная сторона. С их ростом также растут киберпреступления, поскольку интернет вещи могут хранить данные о человеке.

Проблемы безопасности, связанные с IoT-устройствами

Слежка (Проблема конфиденциальности)

Заходя в различные сайты или вводя различные запросы в поисковик, вы замечали, что через какое-то время в браузере выходит реклама, связанная с вашими запросами. Браузер буквально “следит” за вашими действиями в интернете. Интернет вещи действуют аналогично. Компания производившая интернет вещь способна также отслеживать ваши действия, даже время когда вы завариваете себе кофе.

Отсутствие тестирования и разработки (Сертификация)

Хоть и степень защиты интернет вещей растет. Однако есть производители ставят вопрос безопасности на второй план. В таких интернет устройствах могут быть не учтены угрозы безопасности, а после запуска могут отсутствовать обновления безопасности.

В избежание того, что было написано выше, может стать введение сертификации для IoT продуктов. Процедура сертификации IoT устройств позволит представить гарантию покупателю, что оно имеет определенную степень защиты от атак злоумышленника.

Взлом методом подбора в результате использования установленных по умолчанию паролей

Большое количество интернет вещей обычно всегда поставляются с ненадежными паролями. Такие пароли обычно устанавливаются по умолчанию. Когда люди приобретает какую-то интернет вещь, не многие осознают, что на них установлен такой пароль и что нужно его менять. Такие устройства интернет вещей могут быть уязвимы с помощью метода подбора пароля.

Расширенные кибератаки

Устройства IoT, которые заражены, могут применяться для DDoS-атак («отказ в обслуживании»), когда взломанные устройства используются с целью заражения большего числа машин или сокрытия вредоносной активности. К таким атакам больше всего подвержены компании, однако не исключение, что они могут быть направлены на умные дома.

Методы защиты IoT-устройств

Всегда обновляйте программное обеспечение

Перед приобретением устройств интернета вещей необходимо убедиться, что производитель предоставляет на них обновление. Нужно применять обновления по мере их выхода. Это важно, так как если устройство интернет-вещей будет иметь старое программное обеспечение, то оно больше подвержено взлому. Есть устройства, которые обновляются автоматически. Если ваше устройство не обладает таким свойством, то нужно будет посещать веб-сайт производителя для проверки доступности.

Меняйте установленные по умолчанию паролей на IoT-устройствах

Обладатели данных устройств используют одно имя пользователя и пароль. Это все объясняется тем, что так проще запомнить, но для киберпреступника мы максимально облегчаем задачу нас взломать. Для повышения защиты использовать уникальные имена пользователей, а также менять пароль, который установлен по умолчанию.

Использовать надежный метода шифрования WIFI

Чтобы обеспечить безопасность сети и передаваемых данных, нужно выбрать в параметрах роутера надежный метод шифрования такой как WPA2. Предыдущие версии такие как WPA и WEP являются уязвимыми с помощью метода подбора паролей.

Настроить гостевую сеть

В данном пункте все зависит от возможности маршрутизатора. Если роутер позволяет создать гостевую беспроводную сеть, то ее желательно создать ее и также использовать протоколы WPA2 и выше и защитить надежным паролем. Данная сеть будет использоваться только гостями, которые до подключения к вашей сети могли использовать устройства, зараженные вредоносными программами. Из этого всего можно сказать, что гостевая сеть помогает повысить общую безопасность сети.

Соблюдайте осторожность при использовании публичных сетей Wi-Fi

В случае вашего отсутствия дома, может возникнуть необходимость управления устройствами интернета вещей через ваш смартфон. Необходимо всегда помнить о рисках безопасности, с которыми вы можете столкнуться, если будете использовать публичные сети WIFI. В данном случае, снизить риск поможет использование VPN.

Тестирование безопасности IoT-устройств

Что такое тестирование интернета-вещей

Перед тем как выйти на рынок, для начала нужно убедиться, что можно передавать конфиденциальную информацию по беспроводной сети, так как каждое устройство отправляет и получает данные из интернета. Именно поэтому необходимо проводить тестирование, которое включает в себя проверку функциональности, безопасности и производительности.

Виды тестирования IoT устройств

При тестировании IoT устройств можно выделить следующие виды тестирования:

1. Модульное тестирование: Здесь мы тестируем отдельные компоненты устройства IoT (сенсоры, актуаторы, гейты, транспорт).
2. Функциональное тестирование: Здесь проверяется общая функциональность устройства. Оно должно соответствовать требованиям конечного пользователя.
3. Интеграционное тестирование: Здесь оцениваем совместимость различных компонентов при совместной работе.
4. Тестирование безопасности: Играет важную роль. Нужно убедиться, что пользовательские данные защищены от НСД.
5. Тестирование совместимости: Проверка, что устройство IoT совместима с разными платформами и ОС. Это имеет важное значение, поскольку устройства IoT работают на разных платформах и системах.

Проблемы тестирования IoT-устройств

Познакомимся с самыми распространёнными проблемами:

1. Сложность: IoT устройства имеют сложную структуру. Сложность в том, что нужно убедиться, что каждый компонент тщательно протестирован.
2. Разнообразие: IoT устройства используют в разных отраслях, поэтому тестировщику надо убедиться, что оно соответствует требованиям для каждой отрасли.
3. Совместимость: IoT устройства должны без проблем работать с другими устройствами, что может быть нелегкой задачей. Это необходимо, так как нужно убедиться, что система плавно интегрирует с другими компонентами.
4. Возможность подключения: Обычно IoT устройства подключаются для работы, но подключение может быть нестабильным, что в процессе усложняет тестирование. Нужно обеспечить работу при различных условиях подключения, чтобы обеспечить удовлетворенность пользователя.
5. Безопасность: Тестировщики должны убедиться, что IoT устройства тщательно протестированы на наличие уязвимостей в системе безопасности.

Инструменты тестирования IoT-устройств

Существует множество инструментов, которые применяются в тестировании IoT-систем.

Их классифицируют в зависимости от предназначения:

1) Программные решения:

Wireshark: инструмент с открытым исходным кодом. Используется для мониторинга трафика в интерфейсе, адреса источника/заданного хоста и пр.

Tcpdump: этот инструмент выполняет похожую работу. У утилиты нет GUI, ее интерфейс – командная строка. Она дает возможность пользователю высвечивать TCP/IP и другие пакеты, которые передаются по сети.

2) Аппаратные решения:

JTAG Dongle: инструмент, аналогичный отладчикам в приложениях для ПК. Позволяет найти дефекты в коде целевой платформы и показывает изменения шаг за шагом.

Digital Storage Oscilloscope: проверяет различные события с помощью временных отметок, перебои с электропитанием, целостность сигнала.

Software Defined Radio: эмулирует приемник и передатчик для различных беспроводных шлюзов.

Примеры успешных атак на IoT-устройства

2016 – атака ботнета Mirai

В 2016 году сотни тысяч скомпрометированных подключаемых устройств были вовлечены в ботнет Mirai. Ботнет – это сеть компьютеров, специально зараженных вредоносным ПО с целью выполнения автоматических задач в интернете без разрешения и ведома владельцев этих компьютеров. В результате атаки ботнета Mirai наблюдались сбои в работе таких крупных сервисов и сайтов, как Spotify, Netflix и PayPal.

2020 – взлом Tesla Model X

Эксперт по кибербезопасности взломал Tesla Model X менее чем за две минуты, воспользовавшись уязвимостью Bluetooth. Аналогичным атакам также подверглись другие автомобили, для открытия и запуска которых используются беспроводные ключи.

Взлом камеры Verkada

Verkada – компания по производству камер наблюдения. В 2021 году швейцарские хакеры получили доступ к 150 000 прямых трансляций с камер этой компании. Это были камеры наблюдения внутри зданий государственных организаций, таких как школы, больницы, тюрьмы, и частных компаний.

Заключение

Интернет-устройства очень активно вливаются в нашу жизнь. Мы рассмотрели основные вопросы, связанные с интернет вещами. Благодаря этой статье, теперь вы можете более подойти ответственно к выбору интересующего вас интернета-вещи, а также обезопасить свой дом от несанкционированного доступа.

Библиографический список

1. Интернет вещей и блокчейн: проблемы, преимущества и сферы применения / [Электронный ресурс] // forklog.com: [сайт]. URL: <https://forklog.com/exclusive/internet-veshhej-i-blokchejn-problemy-preimushhestva-i-sfery-primeneniya> (дата обращения: 20.09.2023).
2. Что такое IoT и что о нем следует знать / [Электронный ресурс] // habr.com: [сайт]. – URL: <https://habr.com/ru/companies/otus/articles/549550/> (дата обращения: 22.09.2023).
3. Что такое интернет вещей и зачем это нужно / [Электронный ресурс] // club.dns-shop.ru: сайт]. – URL: <https://club.dns-shop.ru/blog/t-238-drugoe-dlya-umnogo-doma/40134-chto-takoe-internet-veschei-i-zachem-eto-nujno/> (дата обращения: 20.09.2023).
4. IoT и проблемы безопасности / [Электронный ресурс] // habr.com: [сайт]. — URL: <https://habr.com/ru/companies/unet/articles/410849/> (дата обращения: 23.09.2023).
5. Проблемы безопасности интернета вещей и передовые методы их решения / [Электронный ресурс] // www.kaspersky.ru: [сайт]. – URL: <https://www.kaspersky.ru/resource-center/preemptive-safety/best-practices-for-iot-security> (дата обращения: 23.09.2023).
6. Сложности тестирования IoT-устройств / [Электронный ресурс] // getbug.ru: [сайт]. – URL: http://getbug.ru/slozhnosti-testirovaniya-iot-ustroystv/#_IoT-2 (дата обращения: 15.10.2023).

© Сабитов Р.Р., 2023

Д.В. ГАВРИЛОВ

gavrilovdanil-IB-126@yandex.ru

Научный руководитель – канд.техн.наук, доцент **В.Е КЛАДОВ**

Уфимский университет науки и технологий

ВАЖНОСТЬ РАЗРАБОТКИ ИГР ПО ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Аннотация: Данная статья рассматривает создание образовательной игры, которая охватывает темы информационной безопасности, мошенничества и социальной инженерии. Статья подчеркивает важность образовательных игр в сфере информационной безопасности. Она призывает каждого человека, независимо от технического опыта, рассмотреть создание образовательных игр как возможность внести свой вклад в повышение информационной безопасности в цифровом мире.

Ключевые слова: Образовательные игры, информационная безопасность, «юнители⁹», «фангус¹⁰», социальная инженерия, мошенничество, создание игр, обучение, математика, программирование, интерактивные приложения, защита данных, образование, кибербезопасность, создание приложений.

В современном мире информационная безопасность играет ключевую роль, и она становится все более важной сферой знаний для защиты личных данных и предотвращения киберугроз¹¹. Однако, как можно сделать обучение информационной безопасности интересным и доступным для всех, даже для тех, кто не обладает навыками программирования? Ответ на этот вопрос может быть проиллюстрирован через увлекательную и образовательную игру.

В данной игре, главный герой решает помочь своей знакомой, которую обманули мошенники и украли деньги через интернет, используя метод социальной инженерии. Он пытается вернуть ее денежные средства, но всякий раз сталкивается с новыми проблемами. В этой истории, важные элементы информационной безопасности, мошенничества и социальной инженерии переплетаются, создавая непредсказуемый сюжет.

Основная особенность данного проекта заключается в том, что он написан без использования языков программирования. Для создания игры

9 «Юнити» — это кроссплатформенная среда разработки компьютерных игр.

10 «Фангус» — это плагин, разработанный для «юнители», который позволяет создавать ветвящиеся истории, похожие на интерактивный квест.

11 Киберугроза — совокупность условий и факторов, создающих потенциальную или реально существующую опасность причинения вреда киберпространству

использовалась игровая среда разработки «юнити» в сочетании с расширением «фангус», что позволило создать образовательную игру, не прибегая к программированию. Главными инструментами, необходимыми для разработки, являются математика и логика. Низкий порог вхождения для разработки игры открывает двери для творчества и образования. Ведь все, что нужно человеку, который решит создать игру — это желание.



Рис. 1. Иллюстрация к игре.

Образовательные игры, подобные этой, могут стать ценным инструментом для повышения уровня знаний по информационной безопасности на различных этапах обучения. Они предоставляют интерактивные и увлекательные средства, способствующие изучению и повышению уровня осведомлённости в такой стремительно развивающейся области, как информационная безопасность. Создание подобных игр не только демонстрирует, как легко превратить обучение в развлечение, но и мотивирует новичков попробовать свои силы в разработке образовательных приложений.

Игра, разработанная без использования языков программирования, но при помощи «юнити» и «фангус», является примером того, как каждый человек может внести свой вклад в развитие информационной безопасности. Важность образовательных игр в данной области не может быть недооценена, и они предоставляют мощный инструмент для распространения знаний о защите личных данных и предотвращении киберугроз. Создание своей игры становится доступным даже для тех, кто не является программистом. Не стесняйтесь воплощать свои образовательные идеи в игры и способствовать повышению уровня информационной безопасности в цифровом мире. Уже завтра созданная вами игра может спасти жизнь человека, ведь самая главная сила – это знания!

Библиографический список

1. Разработка игр на Юнити 2018 за 24 часа / Майк Гейг; [перевод с английского М.А. Райтмана]. – Москва: Эксмо, 2020 – 464 с. – (Мировой компьютерный бестселлер. Геймдизайн) С. 40-56.

© Гаврилов Д.В., 2023

СЕКЦИЯ 5.5. ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

УДК 004.043

И.А. АЙКАШЕВ, Е.О. МАКАРОВ

benz112@mail.ru

Науч. руковод. – доктор.техн. наук, профессор **О.И. ХРИСТОДУЛО**

Уфимский университет науки и технологий

РАЗРАБОТКА СЕРВИСА АУТЕНТИФИКАЦИИ И АВТОРИЗАЦИИ ДЛЯ ГИС-ПРИЛОЖЕНИЯ «ГЕОПАРКИ РБ»

Аннотация: в статье рассмотрено описание веб-приложения для работы с информацией по геопаркам республики Башкортостан, а также сервис безопасности, основанный на токенах, авторизации, аутентификации и протоколах надежной передачи данных.

Ключевые слова: аутентификация, авторизация, безопасность, информация, геопарки.

Введение

В настоящее время обычное веб-приложение, представляющее инструмент управления информационной системой, не может создаваться без алгоритмов защиты от возможности проведения атак третьими лицами. Поскольку, в случае возникновения ситуации, при которой злоумышленник получает доступ к информации незащищенной системы, происходит кража данных, приводящая к необратимым последствиям для владельца и пользователей приложения. Соответственно, в разработке используются различные способы предотвращения взлома и компрометации. Одними из множества решений является защита приложения на основе токенов для аутентификации пользователей и выдача ролей для ограничения доступа управления веб-приложением.

Такая защита является необходимым средством безопасности при разработке ГИС “Геопарки РБ”, обрабатывающего информацию об объектах, имеющих особый охраняемый статус регионах, называемых геопарками, а также объектах, расположенных в них.

Геопарками являются территории, на которых хранятся важные исторические объекты, хранящие в себе информацию о геологическом развитии Земли, что также приходится местом посещения туристов и ученых, заинтересованных в культурном отдыхе и поиске новых источников данных.

Аутентификация и авторизация в ГИС “Геопарки РБ”

Аутентификация – это проверка подлинности пользователя, которая заключается в том, что при вводе на странице входа логина и пароля, эти данные сравниваются на сервере с информацией, хранимой в базе данных, после чего, при успешной проверке, пользователю разрешается доступ к информационному ресурсу, где он, в свою очередь, имеет право выполнять только те функции приложения, на которые ему выдано разрешение от администратора, что представляет авторизацию.

Авторизация – это проверка уровня доступа пользователя, который прошел аутентификацию на ресурсе.

Аутентификация и авторизация представляют базовую защиту от злоумышленников. [1]

Для работы алгоритма аутентификации и авторизации создается два токена для пользователя, прошедшего аутентификацию, называемые токеном доступа и токеном обновления. В первом случае – это ключ, в который записывается заголовок, данные и электронная подпись, в виде данных может храниться имя пользователя и время жизни. Используется для допуска аккаунта, прошедшего аутентификацию, к веб-ресурсу. Во втором случае применяется для обновления первого ключа, чтобы не требовалось вводить имя и пароль при каждом истечении срока годности первого случая. [2] Работа осуществляется по протоколу безопасности OAuth 2.0. [3]

Данные средства защиты описываются соответственно на языке программирования Python – мощного языка программирования, с помощью библиотеки JWT – Json Web Tokens, содержащей функции для работы с токенами для аутентификации, а само приложение пишется с использованием фреймворка FastAPI – быстрой веб-инфраструктуры для создания API. [4][5]

Целью данного ГИС-ресурса является обеспечение пользователей легким доступом к объемной информации по геопаркам, структурированной под читабельный вид, выведенной в виде интерактивной карты и отобранной по запросу, а также с возможностью своеобразного, под личными мотивами пользователя, оперирование над полученными данными.

Описание работы сервиса аутентификации и авторизации в ГИС “Геопарки РБ”

В сервисе аутентификации и авторизации для работы приложения созданы иные сервисы со своими функциями, для части которых требуется авторизация админа, что является отдельным свойством некоторых функций, где, для обработки информации сначала необходимо получить доступ администратора. [6]

Для описания функциональности и поведения системы сервиса “Геопарки РБ” представлена диаграмма вариантов использования на рисунке 1:

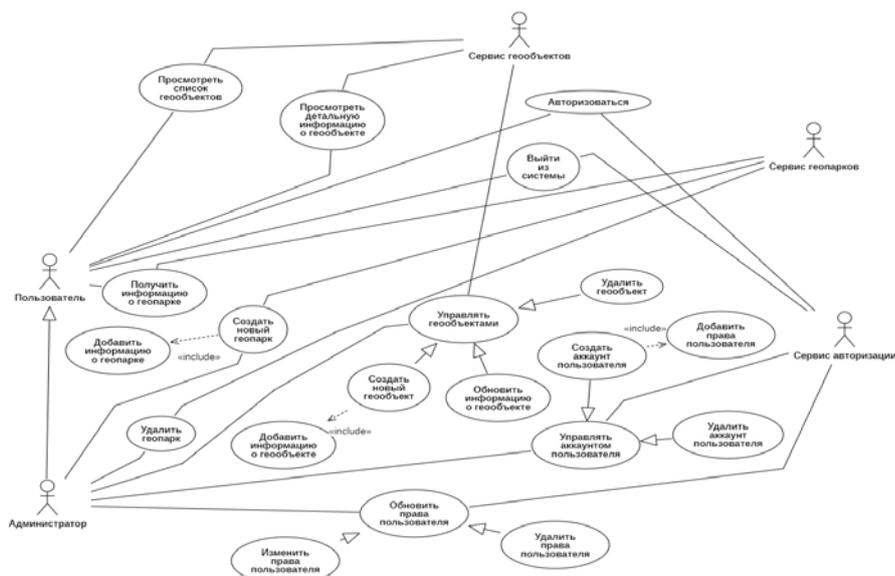


Рисунок 1 – Диаграмма вариантов использования ГИС “Геопарки РБ”

На диаграмме описаны функциональные возможности пользователя и администратора.

При использовании ГИС-приложения “Геопарки РБ” осуществляется управление следующими классами, которые представлены на рисунке 2:

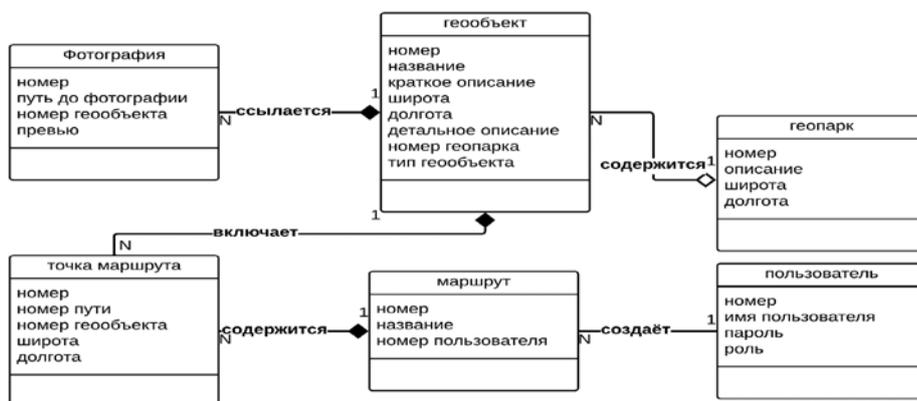


Рисунок 2 – Диаграмма классов ГИС “Геопарки РБ”

На диаграмме представлена следующая связь между классами ГИС-сервиса по геопаркам: каждый геообъект содержится в таблице геопарка; у каждого геологического объекта имеются фотографии; для описания положения на маршруте отведена таблица с точками маршрута; сам путь создается пользователем с именем, паролем и ролью. [7]

По принципам, описанным выше, работает сервис аутентификации и авторизации в ГИС-приложении по управлению информацией, связанной с геопарками.

“Логин” – получение пользователем токена при его успешной аутентификации, где происходит следующее: при успешном входе пользователя,

имя и пароль совпали с данными, записанными в базе данных, создается новый токен доступа и токен обновления, которые, затем передаются от сервера к пользователю через клиентское приложение и сохраняются на его локальной машине.

“Проверка авторизации” – в данном случае пользователь отправляет с локальной машины, через клиентское приложение свой токен на сервер, в котором осуществляется проверка наличия имени пользователя, записанного в полезной нагрузке токена, с именем, хранящимся в базе данных, и проверка срока годности токена с его цифровой подписью. При успешном завершении проверки сверяется также роль пользователя с ролью в базе данных. Доступ будет разрешен тогда, когда проверка завершится с положительным ответом.

Схема работы алгоритма аутентификации и авторизации представлена на рисунке 17:

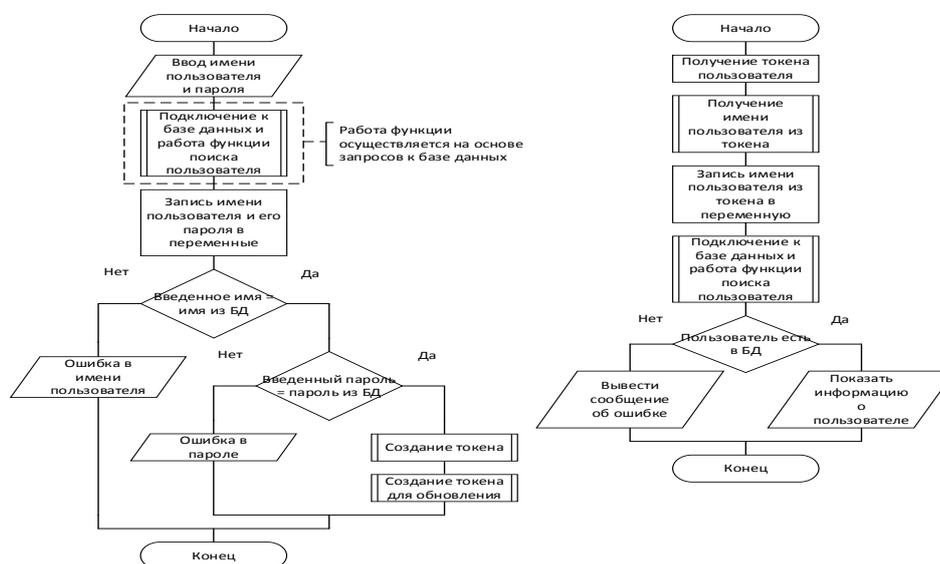


Рисунок 3 - Блок-схема работы алгоритма аутентификации (слева) и авторизации (справа) пользователя в ГИС-приложении “Геопарки РБ”

Заключение

В статье рассмотрено описание работы алгоритмов аутентификации и авторизации для функций, в которых управление обработкой информации допускается только при наличии прав администратора, в веб-приложении ГИС “Геопарки РБ” для оперирования данными по геологическим объектам, находящимся в регионах этих парков.

Из описания можно сделать вывод, что работа приложения, основанная на создании Json Web Tokens по схеме безопасности, работающей непосредственно с ключами, токенами, позволяет обеспечить надежность приложения для проведения операций над информацией, что исключает возможность возникновения прецедентов по утрате или передаче конфиденциальных данных, передающихся через представленный веб-ресурс.

Библиографический список

- 1) Spasovski M. OAuth2.0 Identity and Access Management Patterns. Packt Publishing Ltd; 2013
- 2) Schwartz M. Machulak M. Securing the Perimeter: Deploying Identity and Access Management with Free Open Source Software. Apress; 2018
- 3) Richer J., Sanso A. OAuth 2 in Action First Edition. Manning Publications Co. LLC; 2017
- 4) Гвидо ван Россум. Корпорация национальных исследовательских инициатив (CNRI)
- 5) FastAPI Documentation URL: <https://fastapi.tiangolo.com/> (дата обращения 14.10.23)
- 6) 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. Т. 8. № 2 (29). С. 38-39.
- 7) Самойлов А., Христодуло О. Разработка метода актуализации базы пространственных данных в корпоративных геоинформационных системах на основе новых топологических правил // International Journal of Open Information Technologies. 2020. № 2, Том 8.

© Айкашев И.А., Макаров Е.О., 2023

УДК 00.04.622

Ю.П. БЕЛЯЕВА

blva02@mail.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доцент **А.В. ИВАНЦОВ**

Уфимский университет науки и технологий

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПАСПОРТИЗАЦИИ ОБЪЕКТОВ ВОДОПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ В ГИС QGIS

Аннотация: основными объектами разрабатываемой системы являются трубы и колодцы инженерных сетей водоснабжения, поэтому важно знать их паспортные характеристики для моделирования, прогноза эксплуатации и выполнения аварийных работ систем водоснабжения.

Ключевые слова: водопроводные сети, геоинформационная система, паспорт объекта (информация об объекте), водопроводные трубы, водопроводные колодцы, интерфейс диалоговых окон.

Проектирование системы водоснабжения является одной из сложных и ответственных задач развития инженерной инфраструктуры города, так как от ее решения зависит бесперебойная подача воды требуемого качества и в необходимом количестве всем потребителям, стоимость строительства и эксплуатации сооружений, надежность и долговечность функционирования всех элементов системы. [1]

Водопроводные трубы и колодцы сетей водоснабжения являются основными объектами разрабатываемой системы и для обеспечения выполнения технологических процессов эксплуатации, ремонтов, технического учета и реконструкции сетей необходимо знать их паспортные характеристики, которые включают в себя основные параметры: территориальную привязку, технологическое назначение, состояние, материал, диаметр и эксплуатационные показатели. Важно также знать, помимо технологических параметров, кто проектировал и заказывал существующие объекты, для того, чтобы принимать конкретные управленческие решения. Для бухгалтерского учета важно знать инвентаризационные показатели.

Для учета всех вышеперечисленных характеристик удобно реализовать систему паспортизации объектов водопроводных сетей в среде QGIS. При реализации в системе QGIS используются такие функции, как просмотр, анализ создание, редактирование и удаление данных.

Преимущества геоинформационной системы (ГИС) QGIS заключаются в том, что она достаточно легка в использовании, функциональна, поддерживает множество растровых и векторных форматов данных, а поддержка новых форматов реализуется с помощью модулей. Расширить функциональность QGIS можно с помощью модулей расширения. QGIS может быть адаптирована к особым потребностям благодаря расширяемой модульной архитектуре. QGIS предоставляет библиотеки, которые могут использоваться для создания модулей. Можно создавать отдельные приложения, используя языки программирования C++ или Python. [2] Создаваемая система, как раз таки реализована с использованием модуля QGIS – Plugin Builder.

Основные векторные объекты, трубы и колодцы инженерных сетей водоснабжения, в ГИС QGIS представлены в двух форматах: точки и линии. Водопроводные колодцы на карте изображаются точками, трубы – линиями.

С использованием расширения PostGIS расширим пространственную базу данных системы управления (СУБД) PostgreSQL путем импорта шейп-файлов. Создав соединение с PostgreSQL в QGIS, добавим в проект QGIS векторные слои водопроводных труб и водопроводных колодцев из существующей базы данных в PostgreSQL. Разрабатываемая система имеет клиент-серверную архитектуру, поэтому она реализуется на PostgreSQL, реализует подсистему таблиц, которые хранят паспорта, инвентаризацию, информацию по заказчикам и подрядчикам, а также ряд таблиц, в которых хранятся классификаторы и справочная

информация. Клиент-серверная архитектура системы накладывает определенные особенности реализации, но сама система должна включать следующие операции: создание, редактирование и удаление объектов.

В процессе разработки системы паспортизации водопроводных сетей, для наглядности работы системы, в качестве примера добавим в проект QGIS векторные слои объектов водопроводных сетей, находящиеся вокруг учебных корпусов УУНИТ, после окончания разработки системы можно будет решать более сложные задачи. С помощью добавленных слоев создадим тестовую группу объектов.

В системе должен быть адресный план, представляющий собой специальный цифровой план некоторой территории, который состоит из моделей, содержащих информацию о пространственном расположении адресов и объектов адресации. Система работает незамкнуто, взаимодействует с адресным планом: единое координатное пространство, улицы и дома. Благодаря такому решению, выстраивается технология ведения пространственных данных по объектам водопроводной сети в системе QGIS.

Рассмотрим подробнее основные функции, реализуемые в системе: создание, редактирование и удаление объекта. При **создании** объекта создается пространственный объект и его запись в базе данных паспортов. По общему коду создается связь и появляется окно паспорта. То есть, окно появляется после завершения создания пространственного объекта. При **редактировании** паспорта выполняются следующие действия: выделяем объект и нажимаем кнопку редактирования паспорта. После чего открывается окно, пользователь вносит изменения. При нажатии кнопки «ОК» изменения сохраняются и окно закрывается. При нажатии кнопки «Cancel» – происходит закрытие без сохранения. При нажатии кнопки «Сохранить» – сохранение без выхода. Редактирование пространственного объекта выполняется стандартными инструментами ГИС. В паспорте должна быть закладка, предусматривающая связь таблицы инвентарного участка с этим объектом. При **удалении** объекта выделяется объект, нажимаем кнопку удалить, пространственный объект и запись из таблицы паспортов (базы данных) удаляются.

Плагины – отличный способ расширить функциональность QGIS. Можно писать плагины, используя Python, которые могут варьироваться от добавления простой кнопки до сложных наборов инструментов. Qt Designer – это платформа разработки программного обеспечения, которая используется для разработки приложений, работающих на Windows, Mac, Linux, а также различных мобильных операционных системах. Сам QGIS написан с использованием Qt framework. Для разработки плагина будем использовать приложение под названием Qt Designer для разработки интерфейса нашего плагина. Существует

полезный плагин QGIS с именем Plugin Builder, который создает все необходимые файлы и шаблонный код для плагина. [3]

Заполним диалоговое окно QGIS Plugin Builder необходимой информацией (Рис. 1).

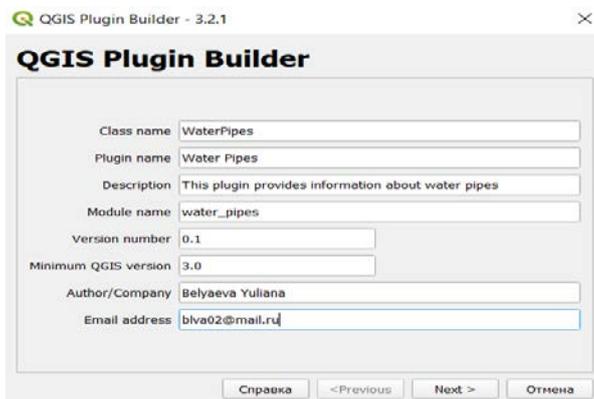


Рис. 1. Главная форма модуля Plugin Builder

Следующие окна также заполним в соответствии с целью и назначением создаваемого модуля. Затем нажмем кнопку создать. После создания шаблона плагина можно увидеть диалоговое окно подтверждения (Рис. 2). В разделе Модули вкладки Установленный и увидим всю информацию о нем. На панели инструментов QGIS появился новый значок и новый пункт меню в разделе «Вектор». Выберем его, чтобы запустить диалоговое окно плагина (Рис. 8).

Управ

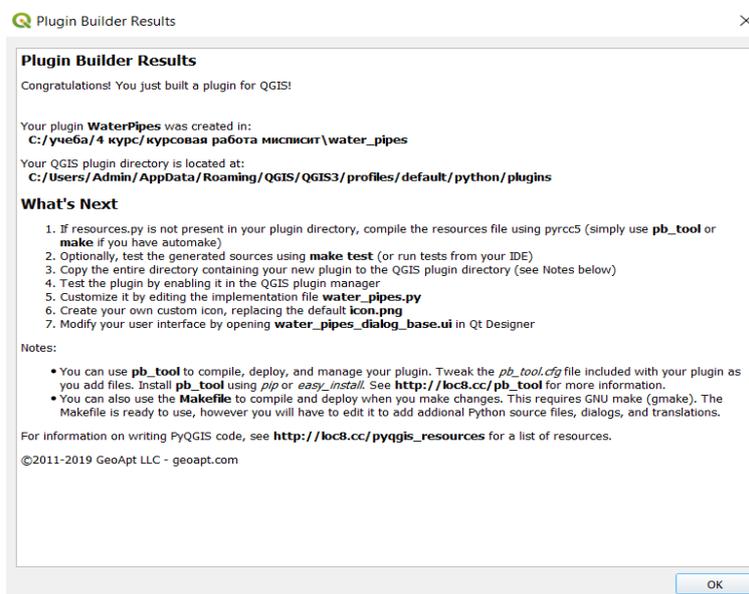


Рис. 2. Диалоговое окно подтверждения создания модуля

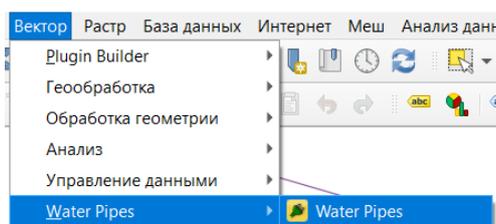


Рис. 3. Представление созданного модуля на панели инструментов

На рисунках выше представлен процесс создания модуля для объектов водопроводных труб. Процесс создания модуля для объектов водопроводных колодцев аналогичен.

Разработан дизайн окон паспортов водопроводной трубы и колодца с пятью вкладками в Qt Designer. Рассмотрим интерфейсы окна паспорта водопроводной трубы. Первая вкладка – «основные параметры» включает описание конкретной трубы. Вторая вкладка – «дополнительные параметры» включает, соответственно, дополнительное описание конкретной трубы. Третья вкладка – «заказчик-подрядчик» содержит полную информацию о заказчике и подрядчике. Четвертая вкладка – «инвентаризация» содержит необходимые инвентаризационные показатели. Пятая вкладка – «служебная информация» содержит данные об изменении записи. Скриншоты всех пяти вкладок окна паспорта водопроводной трубы представлены на Рис. 4 и Рис. 5.

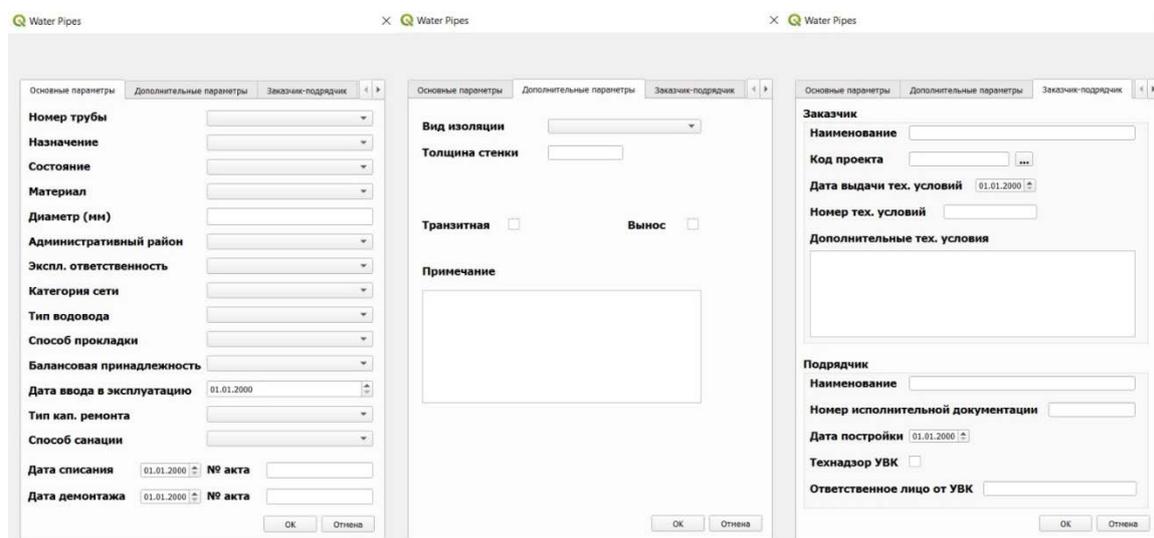


Рис. 4. Диалоговое окно «Паспорт водопроводной трубы» с открытыми первыми тремя вкладками

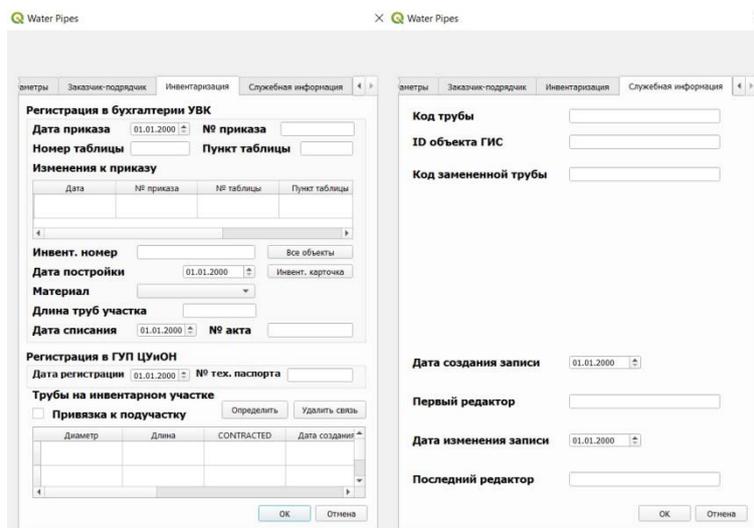


Рис. 5. Диалоговое окно «Паспорт водопроводной трубы» с открытыми двумя вкладками

Рассмотрим интерфейсы окна паспорта водопроводного колодца. Первая вкладка – «основные параметры» включает описание конкретного колодца. Вторая вкладка – «дополнительные параметры» включает, соответственно, дополнительное описание конкретного колодца. Третья вкладка – «заказчик-подрядчик» содержит полную информацию о заказчике и подрядчике. Четвертая вкладка – «инвентаризация» содержит необходимые инвентаризационные показатели. Пятая вкладка – «служебная информация» содержит данные об изменении записи. Скриншоты всех пяти вкладок окна паспорта водопроводного колодца представлены на Рис. 5 и Рис. 6.

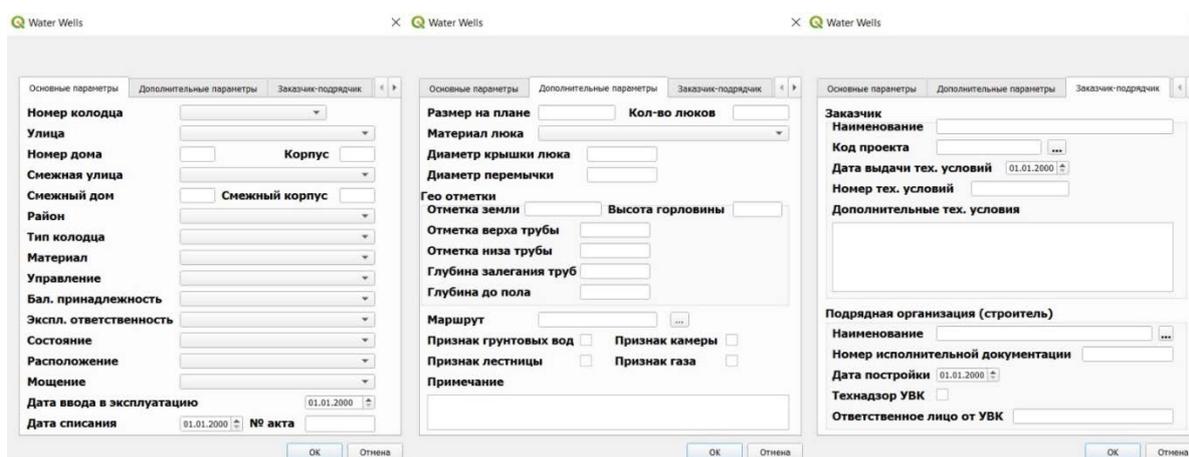


Рис. 6. Диалоговое окно «Паспорт водопроводного колодца» с открытыми первыми тремя вкладками

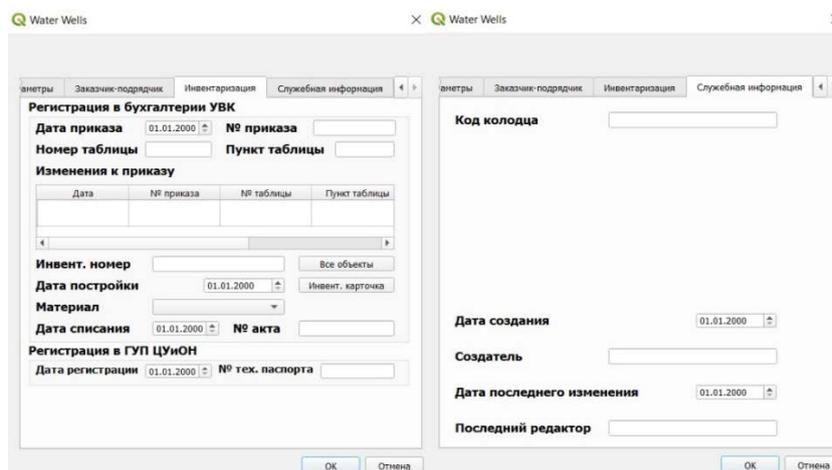


Рис. 7. Диалоговое окно «Паспорт водопроводного колодца» с открытыми двумя вкладками

Библиографический список

1. Ратникова А.М. Водопроводные сети: Учебно-методическое пособие. – Гомель: БелГУТ, 2019. – 55 с. (дата обращения: 29.10.2023).
2. QGIS.org: QGIS User Guide – QGIS Documentation. - URL: https://docs.qgis.org/3.28/en/docs/user_manual/ (дата обращения: 29.10.2023).
3. Уджавал Ганди. Создание плагина Python (QGIS3). - URL: https://www.qgistutorials.com/en/docs/3/building_a_python_plugin.html (дата обращения: 29.10.2023).

© Беляева Ю.П., 2023

УДК 004.946

А.И. ВАН

shurk.van@gmail.com

Науч. руковод. – ассистент **В.Д. ТРУБИН**

Уфимский университет науки и технологий

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ ОПТИМИЗАЦИИ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ГИС УУНИТ

Аннотация: в данной статье рассмотрена трехмерная модель зданий и сооружений «УУНиТ», возможность физического разделения модели и методы реализации переходов между моделями посредством кнопок «ui-buttons» и триггеров, а также возможность просмотра не только от лица «Наблюдателя», но и сверху при помощи функции «Cinemachine».

Ключевые слова: геоинформационная система, веб-приложение, модель, сцена, скрипт, триггер, полигон.

Введение

Объектом исследования является веб-приложение 3D визуализации пространственных данных на примере геоинформационной системы «УУНиТ».

ГИС «УУНиТ» представляет собой вычислительную инфраструктуру, включающую в себя карты, поэтажные планы университетских корпусов, инженерные коммуникации, а также информацию о зданиях и сооружениях внутри помещения.

Под веб-приложением 3D визуализации пространственных данных, понимается приложение, которое будет размещаться на сайте вуза, которым сможет воспользоваться абитуриент и сотрудник для того, чтобы изучить внутреннее обустройство вуза.

Пользователь, сможет пройтись по виртуальным коридорам «УУНиТ». Приложение позволит получить информацию о внутреннем убранстве зданий и сооружений. Такую возможность предоставляет объединение сред трёхмерного моделирования, разработки веб-приложений и базы пространственных данных. С помощью скриптов, программа будет предоставлять информацию об интересующем объекте, которая берется из базы пространственных данных.

Проблемы

В данном веб-приложении 3D визуализации пространственных данных можно выделить следующие проблемы:

1. Отсутствие возможности быстрого перемещения между корпусами и этажами, для того чтобы пользователь приложения имел возможность найти интересующую его информацию;
2. Отсутствие возможности просмотра всех окружающих объектов при помощи вида сверху, так как доступная на данный момент возможность перемещения не позволяет оценить окружение разом.

Предлагаемые решения

Для решения данных проблем можно предложить следующие решения:

1. Физическое разделение модели на несколько отдельных моделей, представляющих из себя трехмерное представление внутреннего двора территории «УУНиТ» и каждого этажа каждого корпуса «УУНиТ». Предлагаемая структура трехмерных моделей (рис. 1).

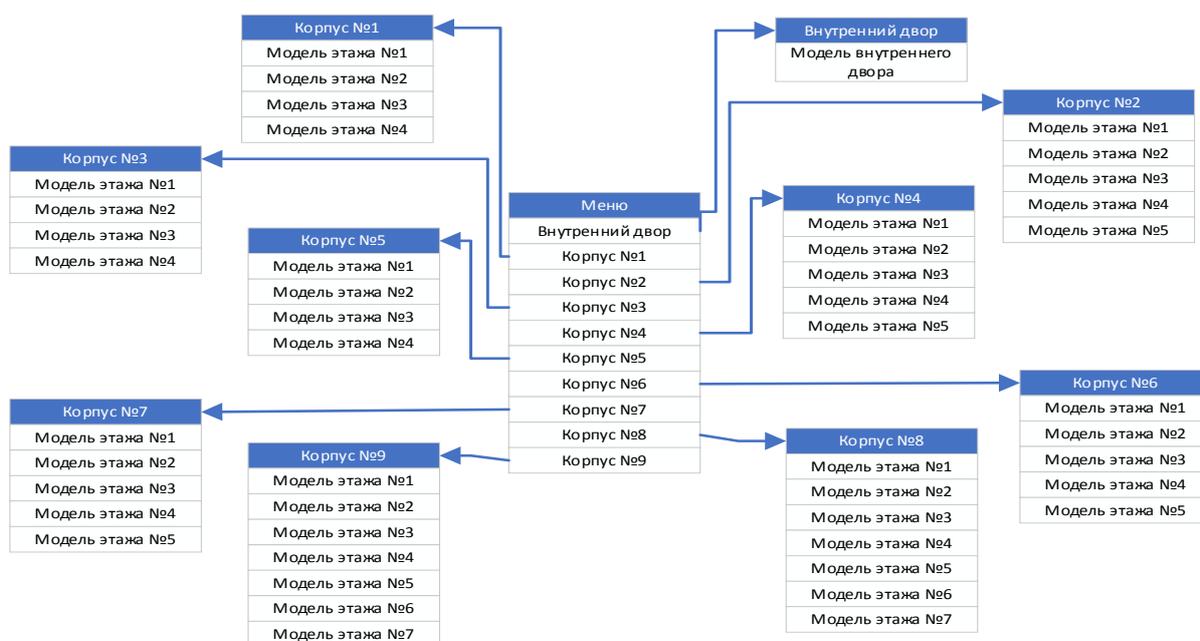


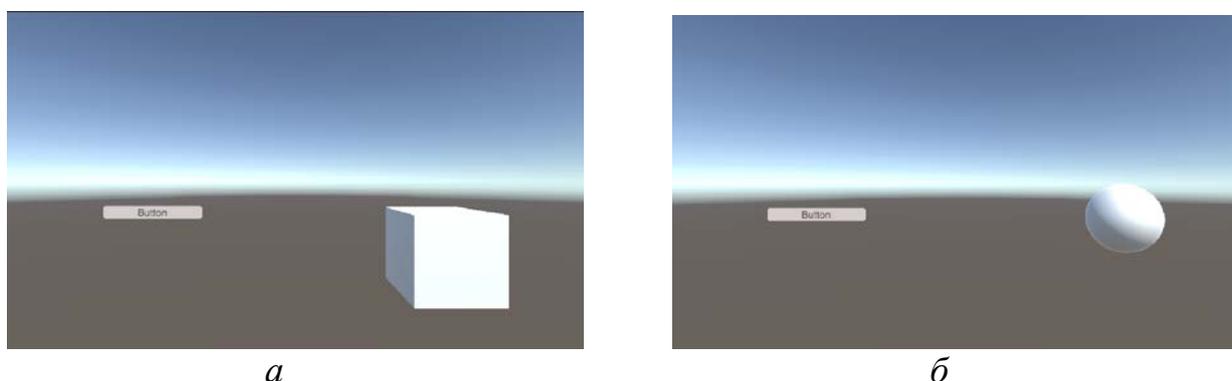
Рис. 1. Предлагаемая структура трехмерных моделей веб-приложения

Таким образом получится 47 отдельных моделей. Далее, стоит добавить возможность быстрого выбора корпуса, после чего следует выбор нужного этажа.

Выбор корпуса и этажа будет осуществляться с помощью инструментов – ui-buttons, отображающихся в интерфейсе веб-приложения. Ui-buttons представляют собой типичные интерактивные кнопки. Они будут реагировать один раз на нажатие. Реакция происходит, как только кнопка мыши отпускается.

Для пояснения метода перехода между моделями посредством нажатия на кнопку можно привести следующий пример:

Две сцены (рис. 2). Сцена – это набор объектов и ресурсов, составляющих определенный уровень, среду или часть приложения [1]. Одна с моделью куба, другая с моделью сферы. Также на каждой сцене размещена кнопка. Данные кнопки отвечают за переход между сценами.



a

б

Рис. 2. Сцены с кнопками для перемещения:

a – сцена с кубом;
б – сцена со сферой

Принцип перехода из одной сцены в другую заключается в скрипте, привязанном к кнопкам. Скрипт – это набор команд, в которых прописана какая-то последовательность действий, обрабатываемая, в этом случае, средой разработки [2].

Для реализации работы скрипта на сцене создается пустой объект. В данном примере был создан пустой объект «Scenemanager», не имеющий визуального представления на сцене. К данному объекту был привязан скрипт «Scene_switch», отвечающий за алгоритмическое обеспечение перехода между сценами (рис. 3).

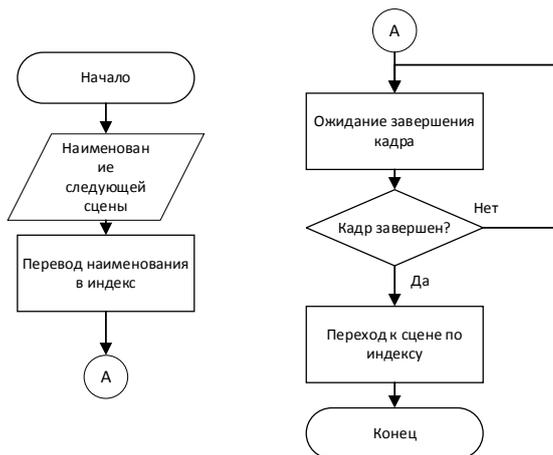


Рис. 3. Блок-схема скрипта «Scene_switch»

Далее, к функции клика по кнопке на сцене, привязывается объект «Scenemanager», в списке функций выбирается функция скрипта «Scene_switch» и в пустое окно вписывается название сцены, в которую будет произведен переход. Так будет осуществляться настройка кнопки (рис. 4).

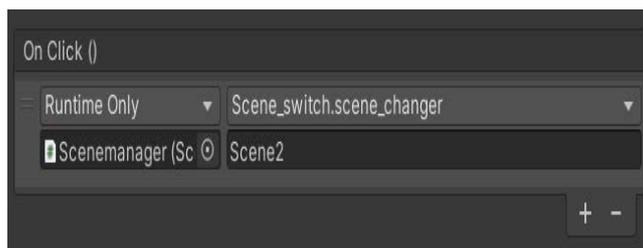


Рис. 4. Настройки функции клика по кнопке

Таким образом реализуется переход между сценами посредством нажатия на кнопку.

Также можно осуществить переход между сценами посредством триггеров. Триггер — это скрипт, который запускается при взаимодействии «Наблюдателя» с определенном объектом сцены [3].

При обнаружении триггером столкновения полигонов «Наблюдателя» с полигонами определенного объекта (рис. 5) на сцене, будет запускаться алгоритм перехода из текущей сцены в другую, предустановленную в настройках объекта [4,5].

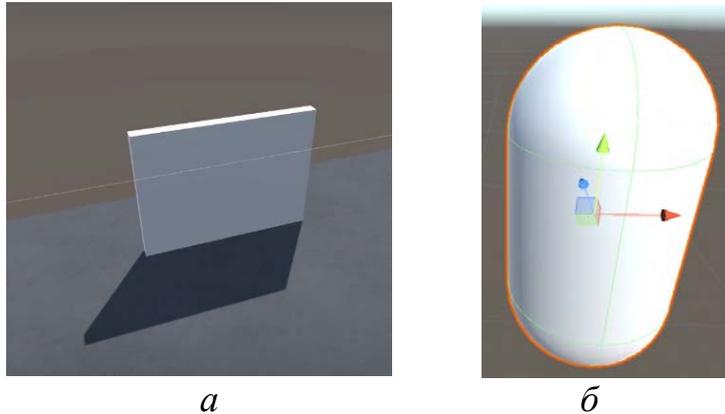


Рис. 5. Объекты сцены:

a – объект, столкновение с которым запускает переход сцены;
б – модель «Наблюдателя»

Алгоритм перехода между сценами посредством триггера (рис. 6).

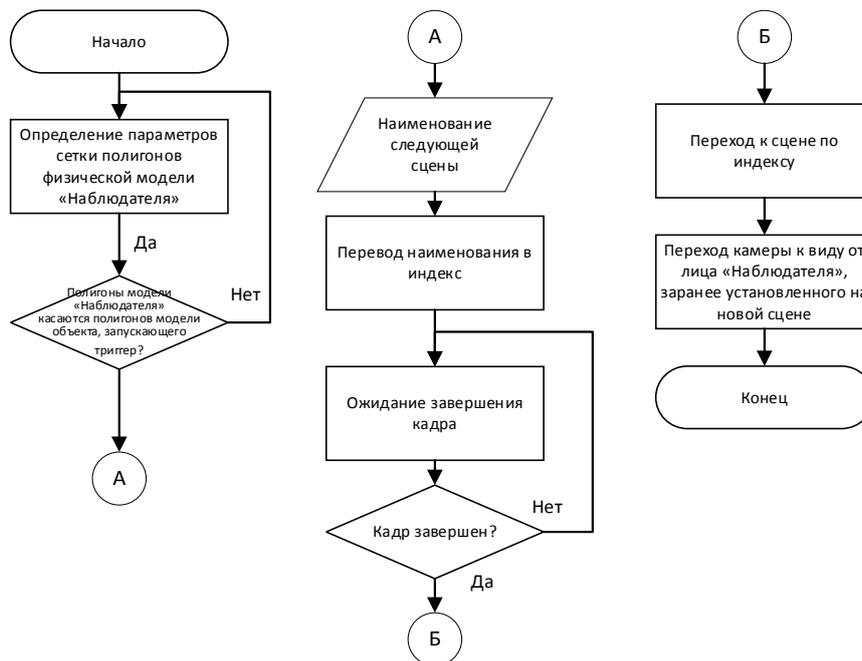


Рис. 6. Блок-схема триггера

Данный вид перехода между сценами будет удобен для пользователей, желающих пройти по территории «УУНиТ» от лица «Наблюдателя».

- Переход вида от лица «Наблюдателя» (рис. 7) к виду сверху будет происходить по нажатию клавиши «R» посредством переноса камеры общего вида к камере «наблюдателя», заранее выставленного на сцене.

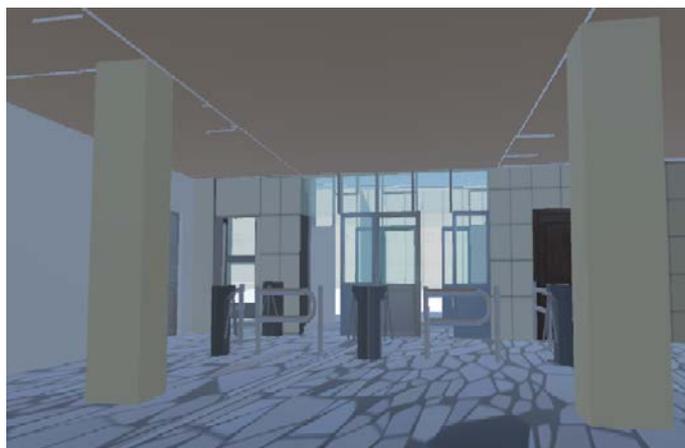


Рис. 7. Вид от лица «Наблюдателя» территории «УУНиТ» (литера Т)

Для пояснения метода перехода между моделями посредством нажатия на кнопку можно привести следующий пример [6]:

Для переключения между камерами используется функция – Cinemachine. Данная функция позволяет производить плавный переход между виртуальными камерами.

Для начала на сцене создается обычная камера. После создаются две виртуальные камеры, параметры одной из которых привязываются к обычной камере. У каждой из виртуальных камер выставляются разные приоритеты, для того чтобы обозначить основную виртуальную камеру и второстепенную.

Алгоритм перехода между камерами в скрипте «CameraChanger» (рис. 8).

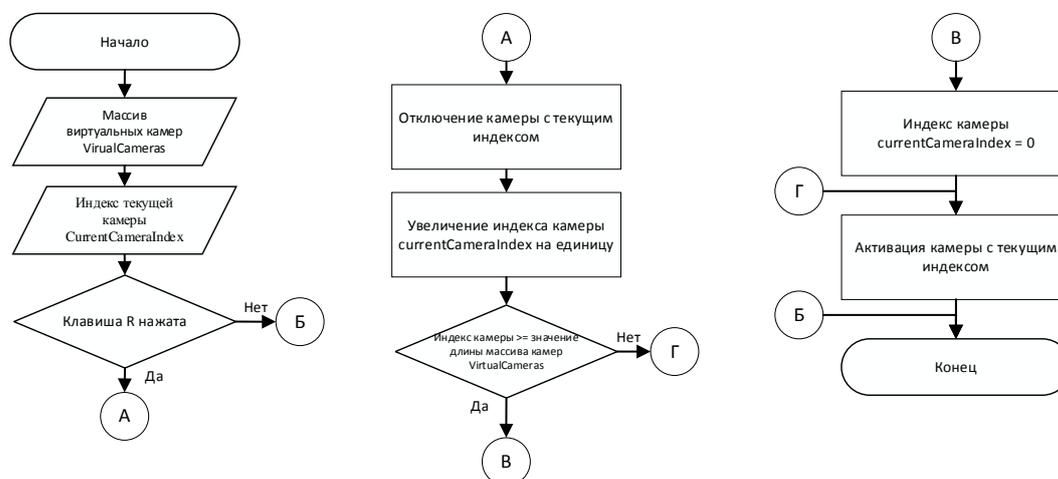


Рис. 8. Блок-схема скрипта «CameraChanger»

Далее, создается пустой объект, который хранит в себе данный скрипт для дальнейшей реализации алгоритма данного скрипта на сцене.

В настройках основной камеры устанавливаются значения времени, занимающего переход между камерами. Таким образом реализуется переход между камерами.

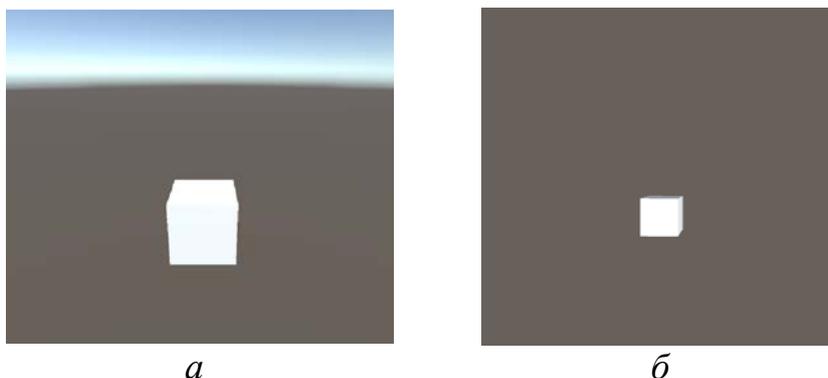


Рис. 9. Виды с камер:
a – от лица «Наблюдателя»;
б – сверху

Заключение

В данной работе были рассмотрены проблемы веб-приложение 3D визуализации пространственных данных на примере ГИС «УУНиТ», а именно: Отсутствие возможности быстрого перемещения между корпусами и этажами «УУНиТ» и отсутствие возможности просмотра всех окружающих объектов при помощи вида сверху. Для решения данных проблемы было предложено разделить модель «УУНиТ» (литера Т) на 47 отдельных моделей и реализовать методы переходов между моделями посредством кнопок «ui-buttons» и триггеров, а также добавить возможность просмотра не только от лица «Наблюдателя», но и сверху при помощи функции «Cinemachine».

Данные решения призваны сделать доступ к нужной информации пользователями приложения более быстрым и понятным.

Библиографический список

1. Unity.com [Электронный ресурс]: Статьи / SceneManager – режим доступа: <https://docs.unity3d.com/ScriptReference/SceneManagement.SceneManager.html>
2. Myriadgamesstudio.com [Электронный ресурс]: Статьи / HOW TO USE THE UNITY SCENEMANAGER – режим доступа: <https://myriadgamesstudio.com/how-to-use-the-unity-scenemanager/>
3. Unity.com [Электронный ресурс]: Статьи Colliders and Triggers in Unity3D – режим доступа: <https://www.codinblack.com/colliders-and-triggers-in-unity3d/>
4. Unity.com [Электронный ресурс]: Статьи / Меши (Meshes) – режим доступа: <https://docs.unity3d.com/ru/530/Manual/class-Mesh.html>
5. Unity.com [Электронный ресурс]: Статьи / Collider – режим доступа: <https://docs.unity3d.com/ScriptReference/Collider.html>
6. Unity.com [Электронный ресурс]: Статьи / Cinemachine – режим доступа: <https://docs.unity3d.com/Manual/com.unity.cinemachine.html>

© Ван А.И., 2023

УДК 05.05.000

И.И. ВИТВИНОВА, А.Ф. АТНАБАЕВ

Inna.Vitvinova@yandex.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доцент. **А.Ф. АТНАБАЕВ**

Уфимский университет науки и технологий

РАЗРАБОТКА ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

Аннотация: в статье описаны технологии создания цифровых двойников с применением геоинформационных систем (ГИС) и рассмотрены исходные данные, используемые при решении задач создания цифровых двойников, проведен анализ применения цифрового двойника в решении задачи управления системой отопления.

Ключевые слова: ГИС-технологии; цифровой двойник; трехмерная модель; визуализация пространственных данных; информационная поддержка принятия решений; инженерные коммуникации, система отопления зданий.

Введение. В современных условиях анализ развития территории играет важную роль в решении экономических и хозяйственных задач. Этот анализ требует наличия достоверной и разнотипной информации о пространственно-распределенных объектах на этой территории. Анализ, обработку и представление такой информации целесообразно выполнять с помощью геоинформационных систем (ГИС). ГИС способствует более наглядному представлению информации, эффективному и удобному планированию и прогнозированию динамики развития объектов, инфраструктуры и территории в целом.

Типичными примерами пространственно-распределенных объектах являются современный градообразующие предприятия, крупные ВУЗы, и прочее. Сегодня ВУЗ представляет собой учебные, научно-лабораторные, опытно-производственные, общественно-рекреационные и жилые объекты и пространства на единой обособленной территории (кампус), и это не просто здания, а важный элемент программы развития высшего образования. Кампус также обеспечивает комфортное проживание и поддерживает активный образ жизни студентов. Интеллектуализация (цифровизация) кампуса позволяет перейти на иной уровень анализа информации о различных процессах, зачастую минимизируя человеческий фактор. Например, микродатчики, связанные с аналитическими базами данных, могут обнаруживать пожары, аварии и т.д.

Кроме того, система может оповещать о наличии свободных парковочных мест, контролировать температуру в зданиях и многое другое. Все это делает цифровой университет более безопасным и эффективным с точки зрения управления. Исследования показывают, что кампусы с хорошей инфраструктурой помогают студентам достигать лучших результатов в учебе [1]. Таким образом, цифровизация кампуса и создание современной и удобной инфраструктуры являются необходимыми условиями для его устойчивого развития и привлечения лучших студентов и преподавателей. Одним из направлений по цифровизации является разработка цифровых двойников систем и объектов.

Цифровые двойники помогают решать множество вопросов, касающихся моделирования различных процессов. Моделирование территории и объектов, расположенных на ней, способствует рациональному и взвешенному подходу к принятию решений в процессе управления ими. Применение цифрового двойника территории и объектов на базе ГИС-технологий является одним из инструментов для достижения устойчивого развития ВУЗ.

Цифровой двойник, созданный при помощи ГИС-технологий, может также быть использован для сбора и анализа данных об энергопотреблении и эффективности системы отопления и прочих инженерных коммуникациях. Это позволит повысить эффективность процесса принятия решений, как минимум за счет представления в наглядной, легко воспринимаемой форме разнотипной, в том числе, пространственной информации. Процесс создания цифровых двойников системы отопления и иных объектов и процессов на основе ГИС-технологий состоит из нескольких этапов, основным из которых является подготовка векторных данных и их обработка.

Анализ предметной области. В рамках цифровизации Уфимского университета науки и технологий (УУНТ) и реализации программы «Приоритет2030» предлагается создание информационной системы «Умный кампус УУНТ», ядром которой послужат цифровые двойники зданий и сооружений и различной инфраструктуры кампуса, созданные на основе ГИС-технологий. В данной статье авторы предлагают технологические решения по созданию цифрового двойника системы отопления кампуса. В целом, решение задачи моделирования системы отопления является важным шагом для обеспечения её эффективного функционирования. Результаты моделирования являются основой для информационной поддержки принятия решений при управлении процессом теплоснабжения зданий и сооружений кампуса УУНТ. Одним из примеров решения задач в рассматриваемой предметной области является оптимизация параметров системы отопления, например, температуры и скорости потока теплоносителя.

Эффективность управления процесса теплоснабжения зданий и сооружений кампуса может быть достигнута путем ряда мероприятий, таких как:

- изоляция трубопроводов и оборудования;
- установка терморегуляторов на радиаторы;
- замена окон и дверей на более энергосберегающие модели;

- оптимизация системы распределения;
- модернизация оборудования;
- регулярное обслуживание;
- и прочее [2].

Современный подход решения выше перечисленных задач предполагает использование цифровых двойников исследуемого объекта, созданных на основе ГИС-технологий.

Анализ исходных данных. Основными исходными данными для цифровых двойников в ГИС являются векторные данные, которые представляют следующие инженерные коммуникации: трубопровод, электрическая проводка (линейные объекты); места расположений конвекторов, радиаторов, выключателей, кранов (точечные объекты); ограждающие конструкции – стены, полы, двери и т.д. (полигональные объекты). Для создания таких векторных данных используются инженерные и проектно-сметные документации, которые представлены в виде чертежей. Как правило, эти документы являются источником данных и о параметрах инженерных коммуникаций, таких как высота объекта над уровнем земли, толщина, материал и др. В процессе векторизации к объектам добавляются пространственные координаты: x , y и иная атрибутивная информация об объектах. Чтобы визуализировать данные в трехмерном виде, в процессе их векторизации кроме пространственных координат x , y добавляют и координату z , через которую определяется высота объектов цифровой модели. На базе пространственно-распределенных данных создается цифровой двойник системы отопления [3].

В качестве примера цифрового двойника, созданного на основе выше описанных действий, можно рассмотреть результат векторизации данных шестого корпуса УУНТ (рис. 1-4).

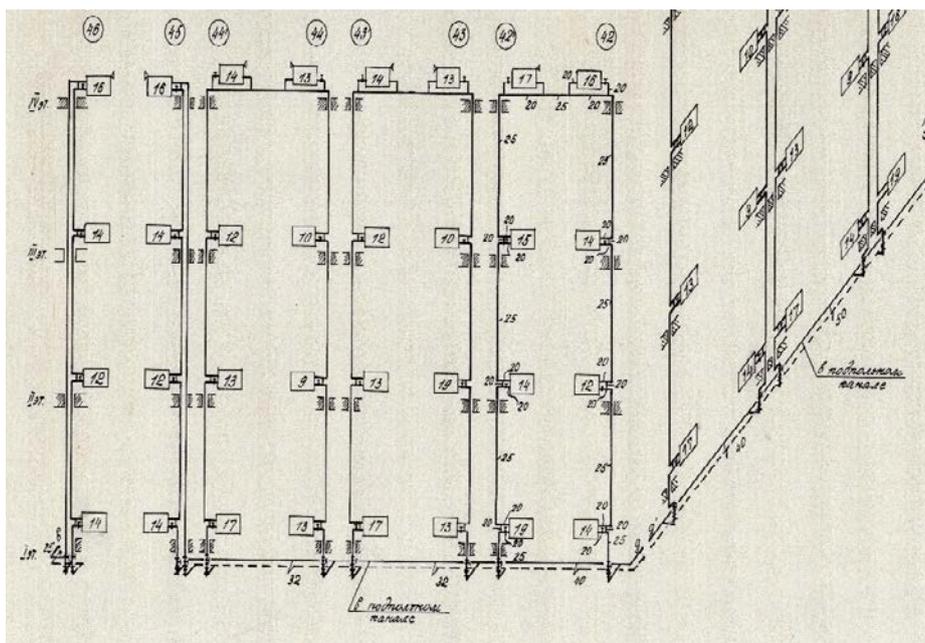


Рис. 1. Фрагмент чертежа схемы отопления 6-го учебного корпуса

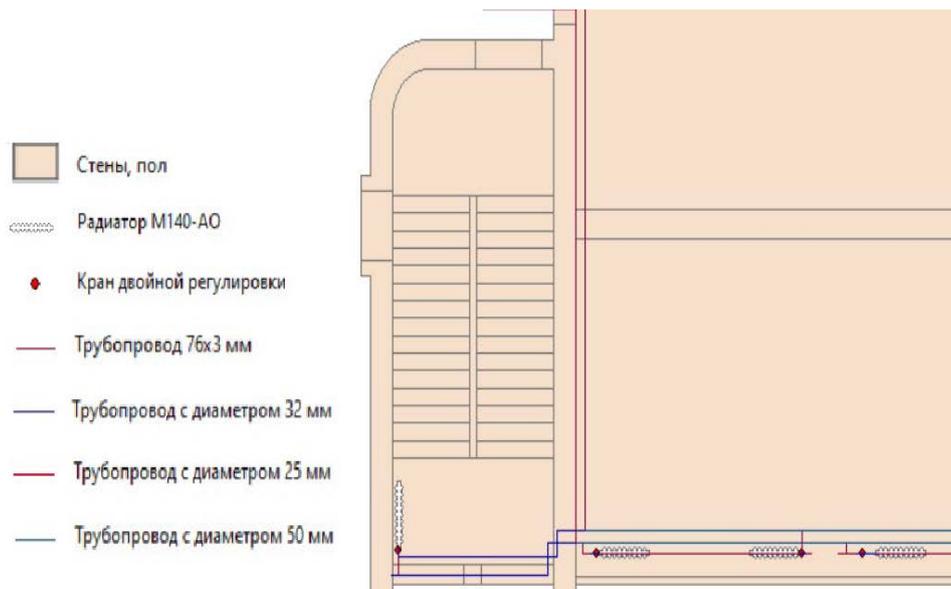


Рис. 2. Фрагмент векторизованных данных первого этажа 6-го учебного корпуса

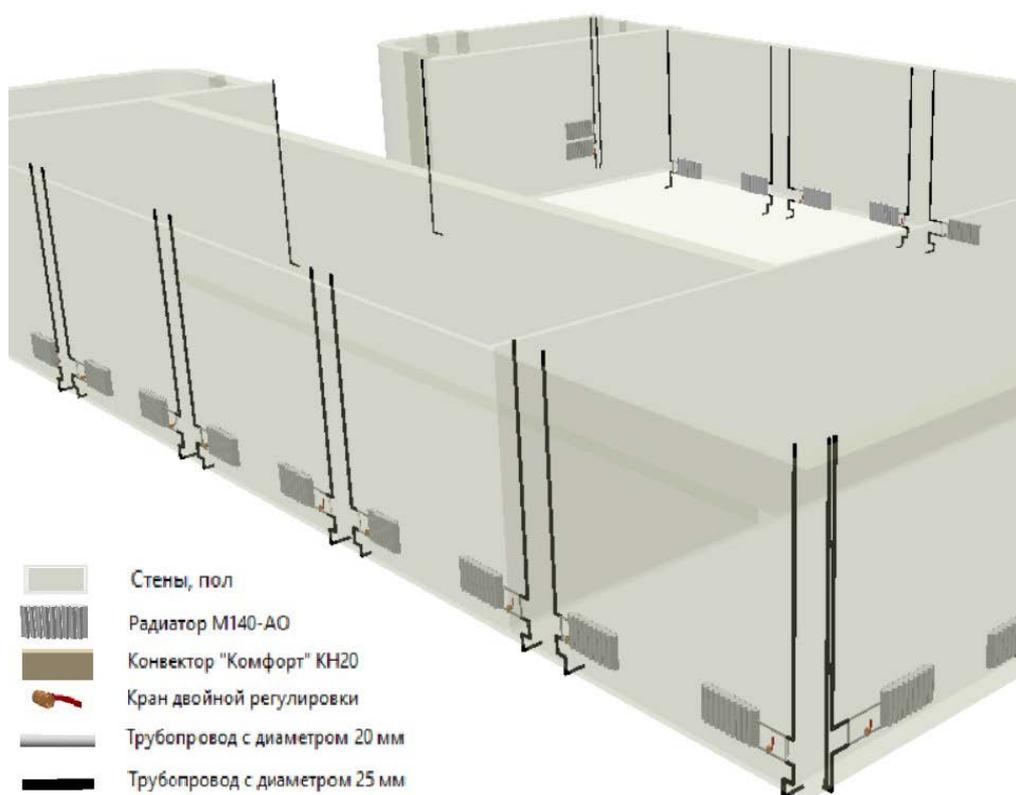


Рис. 3. Визуализация элементов схемы отопления первого этажа 6-го учебного корпуса

При отображении подающего и обратного трубопровода каждому диаметру труб присваивается определенный цвет. На изображении синим цветом отображается труба диаметром 40 мм (Рис. 4).

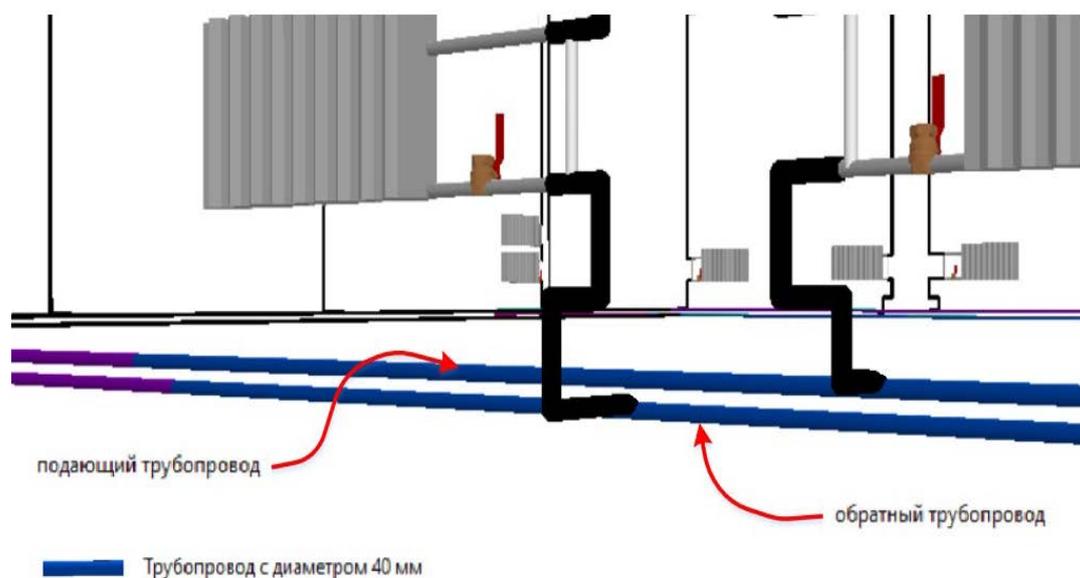


Рис. 4. Результат визуализации элементов схемы отопления

Таким образом был создан цифровой двойник одного из учебных корпусов УУНТ с различными объектами инженерных коммуникаций.

Применение цифровых двойников. Согласно нормативному документу ГОСТ 30494 – 2011, в холодный период года в помещениях для учебных занятий рекомендуемой температурой является 24°C [4]. Для выявления несоответствия между фактической температурой воздуха и рекомендуемой необходимо провести ряд вычислений, определяющих количество тепловых затрат, объем отапливаемого воздуха и другие показатели, от которых зависит эффективность системы отопления [5]. Автоматизация данных вычислений делает мониторинг температуры воздуха в помещении возможной областью применения созданного цифрового двойника системы отопления здания. Процесс автоматизации подразумевает внедрение системы поддержки принятия решений (СППР). Чтобы создать любую систему, необходимо спроектировать ее элементы и функции, необходимые для решения имеющейся задачи.

Проектирование системы является сложным процессом, состоящим из выявления всех необходимых данных для будущей системы, последовательности действий над данными, определения выполняемых функций и взаимосвязей компонентов. Таким образом создается прототип СППР. Правильная работа прототипа напрямую зависит от того, насколько правильно спроектирована база геоданных (БГД), так как прототип разрабатывается на ее основе. Для формирования полной картины имеющихся данных в процессе проектирования создается информационная модель системы.

Структура данных созданного цифрового двойника представляет собой 4 класса пространственных объектов: трубопровод, отопительное оборудование (параметры радиаторов и конвекторов), регуливающую арматуру (параметры вентилей и кранов), стены (параметры ограждающих конструкций). Каждый класс пространственных объектов представляет собой набор точечных, линейных и полигональных объектов с различными характеристиками (Рис. 5)

Трубопровод	Радиаторы/конвекторы	Регулирующая арматура	Стены
Идентификатор трубы (PK)	Идентификатор объекта (PK)	Идентификатор арматуры (PK)	Идентификатор стены (PK)
Диаметр	Количество секций	Тип арматуры	Наименование комнаты
Этаж	Наименование комнаты	Этаж	Н (высота)
Наименование комнаты	Этаж	Материал	Объект
Длина вертикальной трубы	Н (высота)	Наименование комнаты	Отношение
Инвентарный номер	Е (отступ от земли)	Тип соединения	Номер аудитории
Тип трубы	Инвентарный номер	Допустимая температура нагрева	Материал
Длина	Тип объекта	Инвентарный номер	Спецификация
	Название		Е (отступ от земли)
	Длина		Длина стены
	Площадь объекта		Площадь стены
			Этаж

Рис. 5. Структура данных

Кроме имеющихся параметров в базе данных могут содержаться: толщина стены, коэффициент теплопроводности материала стены, ориентация объекта (коэффициент учета изменения скоростного давления ветра в зависимости от высоты здания) и остальные параметры [5].

В результате добавления всех необходимых данных в цифровую модель здания появляется возможность автоматизации их обработки и дальнейшего проектирования СППР.

Заключение. Применение цифровых технологий в процессе управления любой организацией является повседневным. Цифровые двойники играют значимую роль в данных решениях. С помощью них решаются различные задачи, связанные с созданием современной и удобной инфраструктуры. За счет создания систем информационной поддержки принятия решений повысится эффективность управления ВУЗом. Для достижения данной цели результаты, полученные на этапе проектирования и разработки БД, позволят перейти к их многофакторному анализу и обработке. ГИС-технологии являются одним из вариантов решения вышеперечисленных задач.

Библиографический список

1. Подопригора Ю.В., Захарова Т.В., Кроза Д. «Современные университетские кампусы с использованием зеленых инноваций: зарубежный и российский опыт» // [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/>

sovremennye-universitetskie-kampusy-s-ispolzovaniem-zelenyh-innovatsiy-zarubezhnyu-i-rossiyskiy-opyt (Дата обращения: 15.03.2023).

2. Назарова В. «Современные системы отопления» / В.И. Назарова // 2011 [Электронный документ]. URL: [https://azbukatepla.by/wpcontent/uploads/2018/03/Uchebnik-Sovremennye-sistemy-otopleniya.pdf](https://azbukatepla.by/wpcontent/uploads/2018/03/Uchebник-Sovremennye-sistemy-otopleniya.pdf) (Дата обращения: 10.03.2023).

3. «Принцип работы отопительной системы» // [Электронный ресурс]. URL: <https://www.pech.ru/knowledge/boilers/printsip-raboty-otopitelnoy-sistemy/> (Дата обращения: 20.02.2023).

4. «ГОСТ 30494-2011 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях» // [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200095053> (Дата обращения: 20.03.2023).

5. «СП 60.13330.2016 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха» // [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/456054205> (Дата обращения: 15.04.2023).

© Витвинова И.И., Атнабаев А.Ф., 2023

УДК 004

А.Д. ГОНЧАР, А.В. НИГМАТУЛЛИН

agonch4r@yandex.ru, nigmatullin.a2016@yandex.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доцент **Н.Н. ЗВЕРЕВА**

Уфимский университет науки и технологий

АНАЛИЗ И КОНЦЕПТУАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГЕОПОРТАЛА «ЯНГАН-ТАУ»

Аннотация: научная статья посвящена анализу проблем разработки геопорталов природных парков. Проанализированы основные функции геопорталов и их роль в развитии геопарков. Описывается геопарк «Янган-тау», включенный в список глобальных геопарков ЮНЕСКО, и его особенности. Представлена концептуальная модель базы данных геопортала для модулей «Флора и фауна» и «Геология».

Ключевые слова: геопарк, глобальная сеть геопарков ЮНЕСКО, Янган-тау, база данных, ГИС, геоинформационные системы.

ВВЕДЕНИЕ

Геопарк — это территория, на которой сохраняется и популяризируется уникальное природное и культурное наследие. Геопарки создаются для сохранения природных ресурсов, привлечения туристов и развития экономики региона. Созданием геопарков занимается ЮНЕСКО в рамках специальной программы по поддержке в создании всемирной сети национальных геопарков. В рамках глобальной сети геопарков национальные инициативы по сохранению геологического наследия вносят свой вклад в глобальную сеть обмена и сотрудничества и извлекают из этого выгоду.

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОПОРТАЛОВ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ГЕОПАРКОВ

Для удобства работы с данными о территории геопарка разрабатываются геопорталы. Геопортал – информационная система, выполняющая роль единого пункта доступа к сервисам пространственных данных, интерфейс которой обеспечивает, с использованием сети Интернет, доступ пользователей к информации для поиска пространственных данных и выполнения других функций в соответствии с его назначением и целевой аудиторией.[1] Геопорталы относятся к самостоятельным площадкам, целью которых является объективное информирование целевой аудитории о горно-геологических объектах, относящихся к памятникам природы и находящимся под охраной государства. Были проанализированы геопорталы крупных геопарков ЮНЕСКО: Nationaler Geopark Bayern, Германия [6], Tumbler Ridge, Канада [7], Jeju Island, Южная Корея [8], Izu Peninsula, Япония [9].

В ходе анализа существующих геопорталов можно выделить следующие основные возможности геопорталов:

- управление картой, в том числе отображение многослойных изображений карты с web-геосервисов;
- поиск и фильтрация объектов карты;
- редактирование карты;
- послойное представление различных типов природных объектов на карту и отображение связанной со слоями атрибутивной информации;
- функция выбора оптимального маршрута до того или иного объекта (для реализации данной функции используется задача коммивояжера или поиск кратчайшего пути).

Также необходимо предусмотреть разграничение территории геопарка.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ ДЛЯ ГЕОПОРТАЛА «ЯНГАН-ТАУ»

Геопортал «Янган-тау» может содержать в себе данные о флоре и фауне геопарка, его геологических особенностях, рекреационных объектах и туристических маршрутах. Каждая из таких категорий представляет особый интерес для науки и туризма. Информация о флоре и фауне является важным

элементом в ИС геопарка, так как позволяет посетителям лучше понимать биоразнообразие местности и ее экосистемы. Многие туристы посещают геопарки, чтобы увидеть уникальные виды растений и животных, которые не встречаются в других местах. Кроме того, это может помочь повысить осознанность людей о проблемах окружающей среды и способствовать более ответственному отношению к природе. Классификация объектов модели данных геопортала «Янган-тау» для модуля «Флора и фауна» представлена на рис. 2.

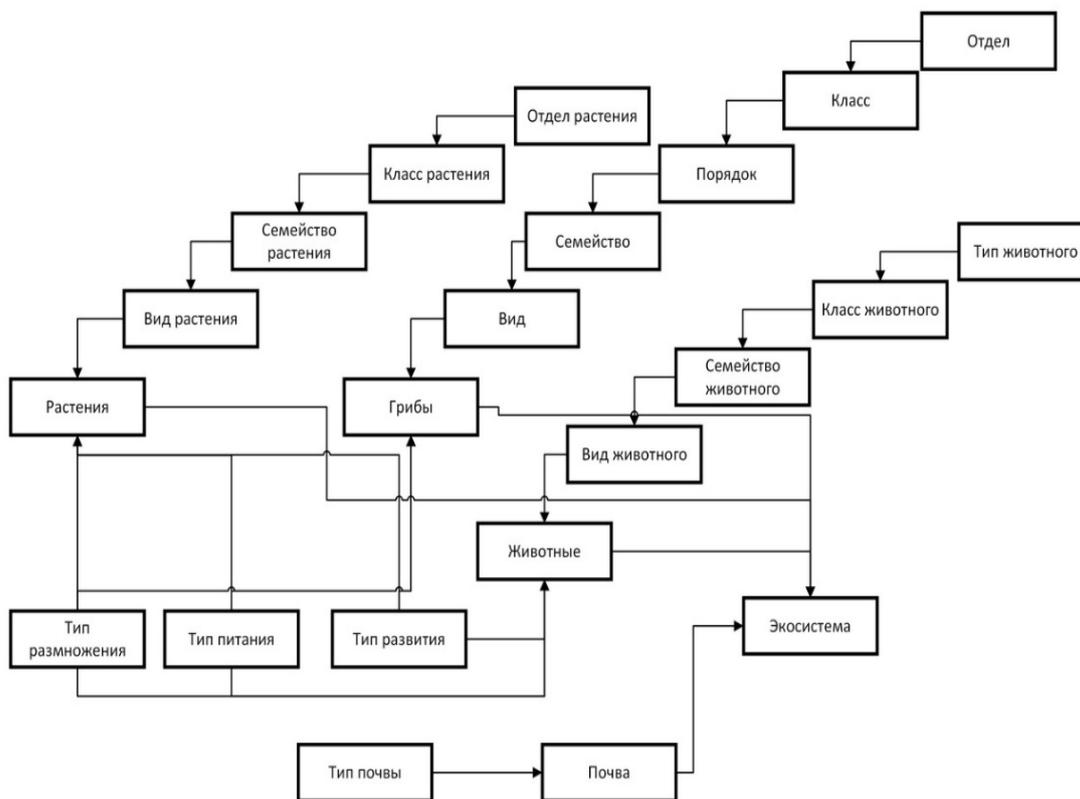


Рис. 1. Классификация объектов геопортала «Янган-тау» (модуль «Флора и фауна»)

Модуль геологии информационной системы геопарка может быть полезен для отслеживания геологических процессов, происходящих на территории геопарка, а также сохранения геологических объектов. Эта информация может быть полезной как для исследователей-геологов, так и для организации образовательных программ для туристов. Кроме того, геология является одной из основных областей геопарков, поэтому геологический модуль является неотъемлемой частью базы данных геопарка. Классификация объектов модели данных геопортала «Янган-тау» для модуля «Геология» представлена на рис. 3.

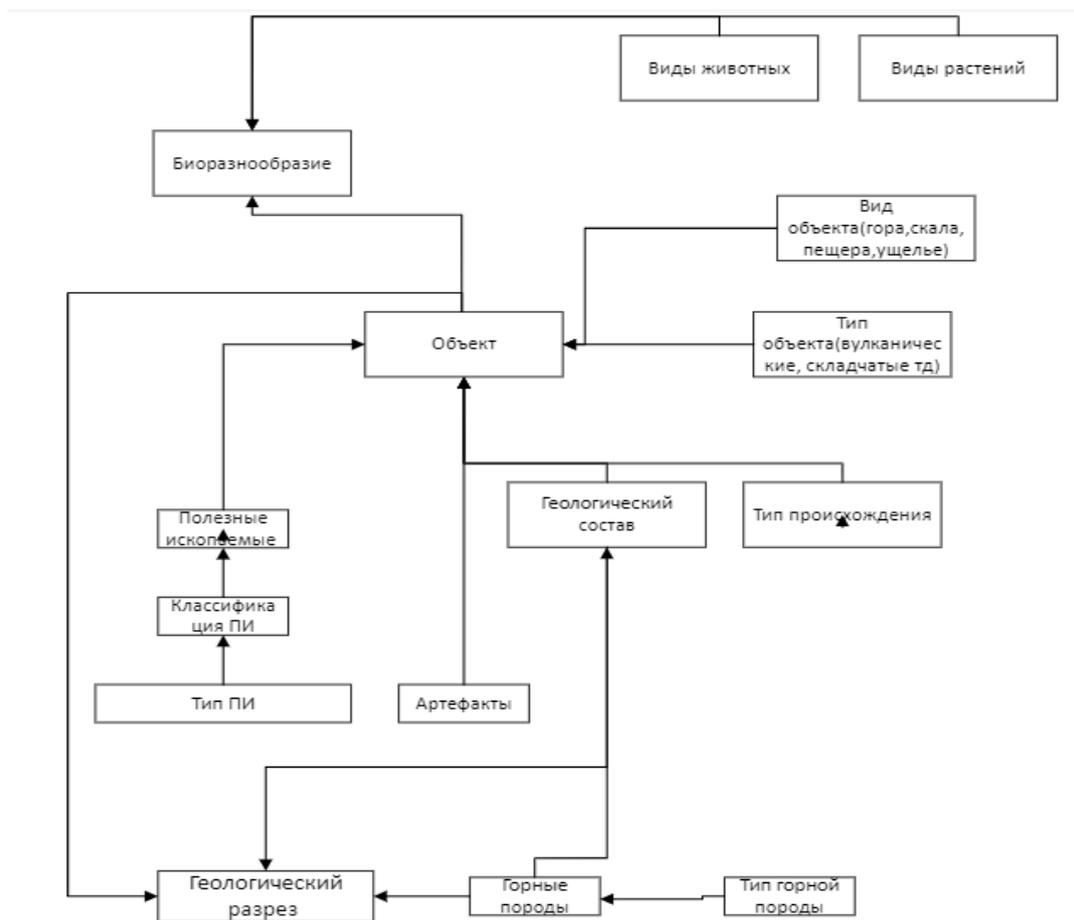


Рис. 2. Классификация объектов геопортала «Янган-тау» (модуль «Геология»)

ФИЛЬТРАЦИЯ ОБЪЕКТОВ НА КАРТЕ

Фильтрация объектов на карте — это процесс отбора объектов, представленных на карте, с целью выделения определенных групп объектов. Фильтрация на карте может быть полезна для многих приложений, включая геопространственный анализ, картографию, геодезию и многие другие предметные области.

Фильтрация в данной информационной системе реализована через поисковую строку: пользователь вводит строку в соответствующее поле ввода, и программа ищет его в JSON файле и оставляет на карте массив маркеров, которые соответствуют объекту или категории объектов.

Блок-схема алгоритма фильтрации объектов представлена на рис. 3



Рис. 3. Блок-схема алгоритма фильтрации объектов

На рис. 4 представлен пример фильтрации объектов для категории объектов «Горы».

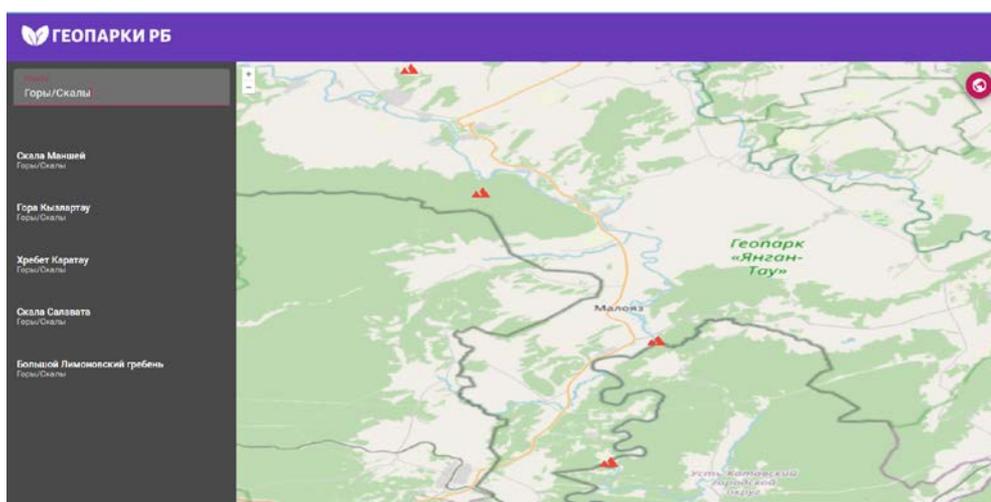


Рис. 4. Пример фильтрации объектов

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение геопорталов для геопарков позволит обеспечить высокий уровень осведомленности не только научных исследователей, но и туристов за счет упрощенного доступа к открытым данным о геопарке.

Библиографический список

1. ГОСТ Р 58570–2019. Инфраструктура пространственных данных. – Москва: ФГБУ «Центр геодезии, картографии и ИПД», 2020. – 2с.
2. Природные парки//Большая российская энциклопедия: официальный сайт - URL: <https://bigenc.ru/biology/text/3167976>.

3. Глобальные геопарки ЮНЕСКО//UNESCO: официальный сайт – URL: <https://en.unesco.org/global-geoparks> .
4. Геопарк «Янган-Тау» вошел во Всемирную сеть ЮНЕСКО//Южно-уральский федеральный научный центр минералогии и геоэкологии УрО РАН: официальный сайт - URL: <https://chelscience.ru/?p=1807#:~:text=Геопарк объединяет 35 геологических объектов,растения, живут редкие виды животных.>
5. О геопарке//Геопарк Янгантау: официальный сайт - URL: <https://geopark-yangantau.ru/o-geoparke/>.
6. GEOPARK Bayern-Böhmen// URL: geopark-bayern.de/de/index.html
7. Tumble ridge Global Geopark// URL: <https://www.tumblerridgegeopark.ca/>.
8. Jeju Volcanic Island and Lava Tubes// URL: https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.819cbf79-6463b0bb-32f522a6-74722d776562/https://artsandculture.google.com/story/jeju-volcanic-island-and-lava-tubes/xQISWFnBDOBRKg
9. Izu Peninsulla Geopark// URL: https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.52a74605-6463b118-17b20e78-74722d776562/https://english.izugeopark.org/

© Гончар А.Д., Нигматуллин А.В., 2023

УДК 004.652.8

Р.В. ИЛИКБАЕВА, А.И. ХАБИБУЛЛИН

ilikbaevar@mail.ru, almaz204-2@ya.ru

Науч. руковод. – д-р техн.наук, профессор **О.И. ХРИСТОДУЛО**

Уфимский университет науки и технологий

ИНФОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ БАЗЫ ДАННЫХ ГИС УУНИТ

Аннотация: В статье рассмотрены основные этапы проектирования базы данных (БД). Построена инфологическая модель БД геоинформационной системы Уфимского университета науки и технологий (ГИС УУНиТ).

Ключевые слова: база данных; инфологическая модель; проектирование.

Процесс проектирования БД является сложным и включает последовательный переход от неформального устного описания информационной структуры предметной области к формализованному описанию объектов предметной области с помощью определенной модели. Данный этап имеет важное значение, так как от него зависят последующие шаги разработки БД. Выделяют четыре этапа проектирования БД:

1. Анализ предметной области. На данном этапе изучается предметная область и описываются его объекты. Также происходит словесное описание характеристик и связей между объектами.

2. Инфологическое моделирование. После словесного описания объектов предметной области, проведенного на предыдущем этапе, проводится формализованное описание данных объектов.

3. Дatalogическое моделирование. На данном этапе происходит преобразование инфологической модели в компьютерно-ориентированную модель БД с учетом конкретной системы управления базами данных (СУБД).

4. Физическое проектирование БД. На этом этапе логическая модель преобразуется в физическую модель, которая определяет способ хранения данных в реальной базе, чтобы обеспечить эффективную работу приложений. В рамках данной работы будет рассмотрен уровень инфологического моделирования БД.

Инфологическая модель базы данных является описанием предметной области в структурированной и понятной форме, которая доступна как для пользователей, так и для специалистов, занимающихся разработкой БД [1]. Важно, чтобы описание не было привязано к конкретной СУБД, поскольку выбор СУБД осуществляется на последующих этапах.

Одним из наиболее популярных подходов построения данной модели является подход моделирования «сущность – связь».

При построении диаграмм «сущность – связь» используются различные нотации, наиболее популярной является методология информационного моделирования IDEF1X. Данная методология позволяет моделировать информационные связи и различия между реальными объектами при помощи простых графических элементов. Также позволяет учитывать физические и абстрактные зависимости, существующие между реальными объектами, и информацию, относящуюся к этим объектам. [2].

В данной методологии выделяют следующие компоненты:

Сущность: Представляет собой множество объектов предметной области как физических, так и абстрактных. Выделяют два вида сущностей: независимые от идентификатора (родительские) и зависимые от идентификатора (дочерние). Их основное отличие заключается в том, что экземпляры родительской сущности можно идентифицировать без определения его отношения с другими сущностями, а экземпляры дочерней сущности нельзя.

– атрибут – свойство, характеристика сущности. Атрибуты могут быть: неключевыми, первичными, альтернативными, внешними ключами.

– отношение – это связь, показывающая как сущности взаимодействуют друг с другом. Отношения бывают следующие: идентифицирующие, неидентифицирующие, категоризации, неспецифические.

В процессе анализа предметной области выявлено, что университет, как объект управления представляет собой сложную многокомпонентную, территориально распределенную систему [3,4]. С точки зрения проектирования инфологической модели выделены объекты предметной области и связи между ними.

ГИС УУНиТ включает различные специализированные подсистемы, но все они содержат общие объекты, поэтому, чтобы избежать дублирования данных, объекты в БД целесообразно разделить на базовые и специализированные.

В блоке «Базовые объекты» выделены следующие сущности:

– территория. Например, вузгородок, студгородок, филиал УУНиТ, база отдыха и т.д. Атрибуты сущности: ID территории (первичный ключ), координаты, населенный пункт, адрес, назначение, площадь;

– здание. Определены следующие атрибуты: ID здания (первичный ключ), ID территории (внешний ключ), назначение, координаты и адрес;

– этаж. Данная сущность выделена, чтобы избежать дублирования данных, так как номера помещений в здании отличаются по номеру этажа. Атрибутами являются: ID этажа (первичный ключ) и внешние ключи ID здания, ID территории;

– помещение – это либо учебная аудитория, либо административный кабинет. Атрибуты сущности: ID помещения (первичный ключ), ID этажа, ID здания, ID территории (внешние ключи), наименование, назначение;

– подразделение. Сущность характеризует какой-либо отдел, кафедру и т.д. Определены следующие атрибуты: код подразделения (первичный ключ), наименование, ID помещения, ID этажа, ID здания, ID территории (внешние атрибуты);

– сотрудник. Атрибуты сущности: табельный номер (ключевой атрибут), код подразделения (первичный ключ), ФИО, должность, телефон;

– крыша со следующими атрибутами: ID крыши (первичный ключ), ID здания, ID территории (внешние ключи), материал, площадь;

– фундамент здания. Атрибуты: ID фундамента (первичный ключ), ID здания, ID территории, ID помещения, ID этажа (внешние ключи), материал, площадь;

– лестница. Атрибуты: ID лестницы (первичный ключ), ID здания, ID территории, ID помещения, ID этажа (внешние ключи), высота;

– пол. Первичный ключ – ID пола, внешние ключевые атрибуты данной

сущности аналогичны внешним ключам сущности «Лестница». Неключевыми атрибутами являются материал и площадь;

- стена. Внешние ключи аналогичны внешним ключам сущности «Лестница», первичный ключ – ID стены, неключевые атрибуты – материал, высота, ширина, вид;

- окно. У данной сущности внешние ключи аналогичны внешним ключевым атрибутам сущности «Лестница», первичный ключ – ID окна, неключевые атрибуты – ширина, высота, материал, высота от пола;

- дверь. Внешние ключи также аналогичны внешним ключам сущности «Лестница», первичный ключ – ID двери, неключевые атрибуты – высота, ширина, материал;

- потолок. Первичный ключ – ID потолка, внешние ключи аналогичны внешним ключам сущности «Лестница», неключевой атрибут – материал.

На рисунке 1 представлен фрагмент инфологической модели.

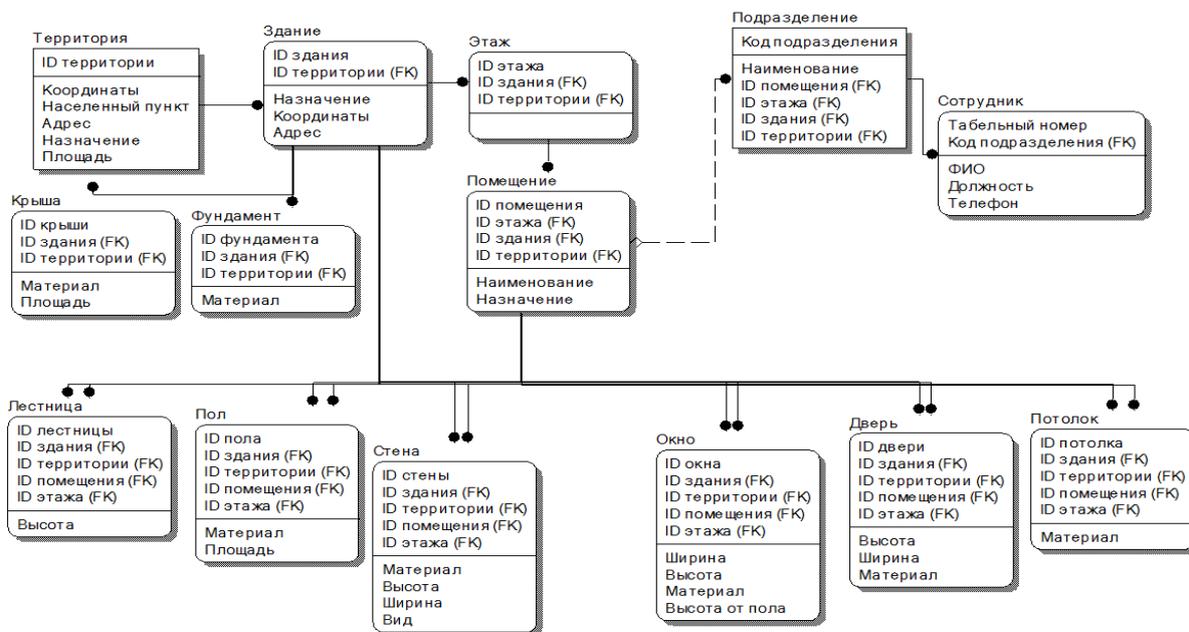


Рисунок 1 – Фрагмент инфологической модели базы данных. Блок «Базовые объекты»

Связи между сущностями в основном идентифицирующие, это значит, что экземпляр дочерней сущности нельзя однозначно определить без экземпляра родительской сущности. В модели также выделена неидентифицирующая связь. Дочернюю сущность «Подразделение» можно определить без связи с сущностью «Помещение».

На рис.2 представлен Фрагмент инфологической модели. Блок специализированная информация «Деятельность заведующего лабораторией».

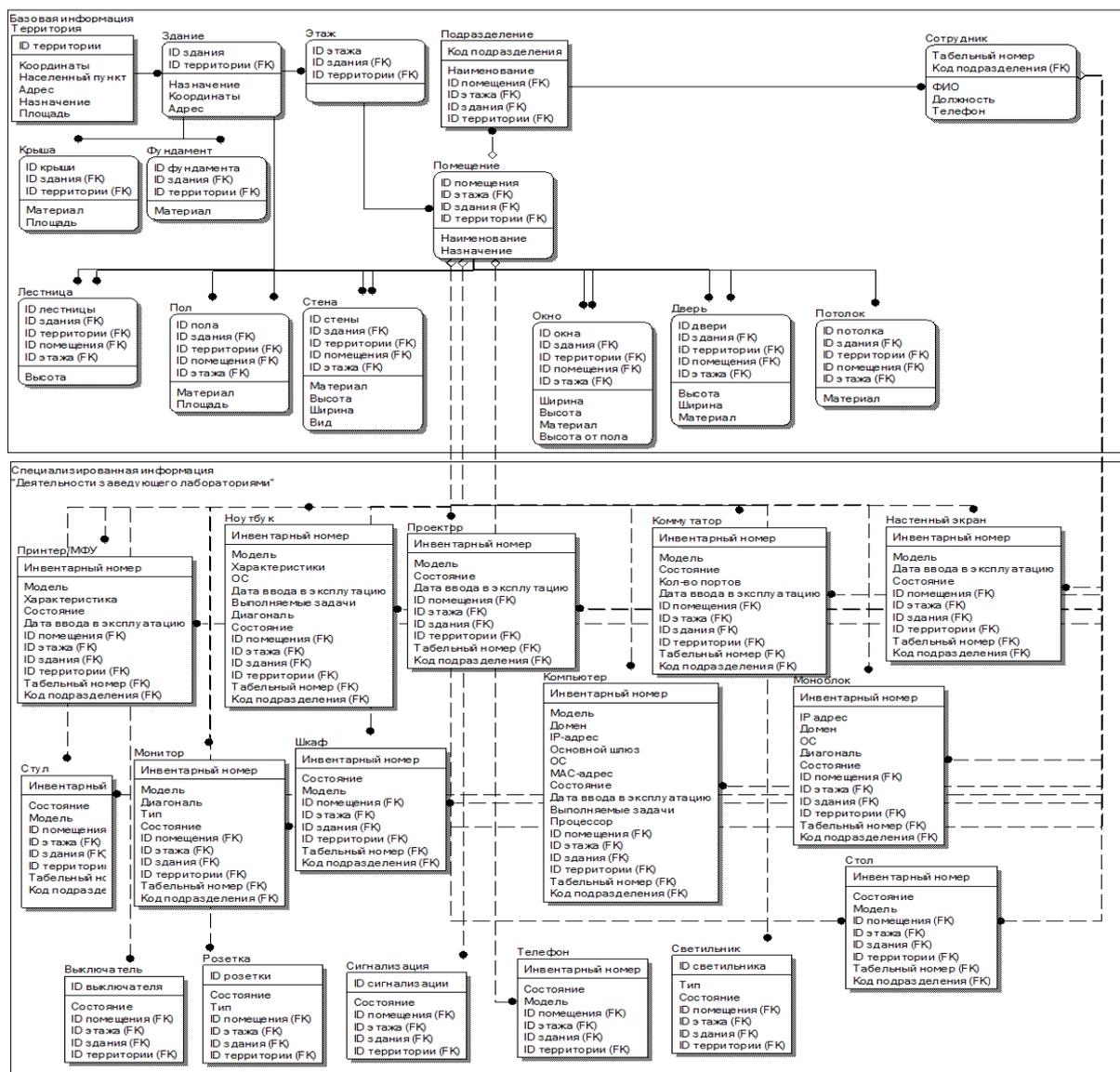


Рисунок 2 – Фрагмент инфологической модели. Блок специализированная информация «Деятельность заведующего лабораторией»

К специализированным объектам, в подсистеме «Информационной поддержки деятельности заведующего лабораториями» можно отнести следующие: принтер/МФУ, ноутбук, проектор, коммутатор, настенный экран, стул, стол, шкаф, монитор, компьютер, моноблок, выключатель, розетка, сигнализация, телефон, светильник. Родительской сущностью по отношению ко всем сущностям из блока «Специализированная информация. Деятельность заведующего лабораторией» является «Помещение». Также для сущностей: принтер/МФУ, ноутбук, проектор, коммутатор, настенный экран, стул, монитор, шкаф, компьютер, моноблок, стол родительской сущностью является «Сотрудник», так как данные объекты должны быть в подотчете.

Все связи между родительскими и дочерними сущностями неидентифицирующие, так как дочерние сущности можно определить без связи с родительской сущностью.

Таким образом, рассмотрены основные этапы проектирования БД. На основе проведенного анализа предметной области построена инфологическая модель базы данных ГИС УУНиТ с использованием подхода моделирования «сущность – связь».

Библиографический список

1. Цаленко М. Ш. Моделирование семантики в базах данных. М.: Наука. Гл. ред. физ-мат. лит., 1989. – 288 с.
2. Тоискин В. С., Красильников В.В., Малиатаки В.В. Автоматизация процессов проектирования на основе CASE технологий : учебное пособие / В.С. Тоискин. – Ставрополь : СГПИ, 2010. – 131 с.
3. Olga Khristodulo, Elena Brekotkina, Ramil Gilyazov, Sergey Pavlov, Vladislav Trubin. Intellectual Analysis of Spatial Data for Information Support in Management of Technical Component of Complex Distributed Information Systems // CEUR Workshop Proceedings. Vol. 3027. – CEUR Workshop, 2021. – Pp. 1038-1045. (DOI: 10.20948/graphicon-2021-3027-1038-1045).
4. Olga Khristodulo, Artur Gizatullin, Andrey Ivantsov, Alexander Pavlov, Sergey Pavlov. Early Detection and Prediction of Some Threats in Complex Distributed Systems Based on Data Mining// CEUR Workshop Proceedings. Vol. 3027. – CEUR Workshop, 2021. – Pp. 1046-1052. (DOI: 10.20948/graphicon-2021-3027-1046-1052).

© Иликбаева Р.В., Хабибуллин А.И., 2023

УДК 004.9:528.9

А.С. КАЛГАНОВ В.В. БИРЮКОВ

artem.kalganov.00@mail.ru, bvv172485stm@yandex.ru

Науч. руковод. – д-р. техн. наук, профессор **А.В. ВОРОБЬЕВ**

Уфимский университет науки и технологий

ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДАННЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ МОРСКИХ АРКТИЧЕСКИХ ЭКСПЕДИЦИЙ

Аннотация: в данной работе рассматривается разработка геоинформационной системы, целью которой является визуализация данных геофизических наблюдений, собранных в рамках морских арктических экспедиций. Акцент делается на использовании библиотеки ArcGIS API for JavaScript и инструмента Chart.js для достижения этой цели.

Ключевые слова: Геоинформационная система; Пространственные данные; Морские арктические экспедиции; Arcgis Api for JS; Chart.js.

Современная наука не обходится без геоинформационных систем (ГИС), которые обрабатывают, хранят, анализируют и визуализируют географические данные. ГИС находят широкое применение, включая геофизику. Однако, создание ГИС для визуализации геофизических данных морских арктических экспедиций становится актуальным направлением. Ледоколы, используемые в арктических экспедициях, играют важную роль в сборе данных о магнитном поле, температуре, солености и других океанографических параметрах. Эти данные помогают ученым лучше понимать изменения в Арктике и климатические процессы, делая ледоколы неотъемлемыми для научных исследований в этом регионе.

Ледокол «Михаил Сомов». Ледокол «Михаил Сомов» – ведущее судно в российских арктических экспедициях, оборудован передовым научным оборудованием и обладает высокой автономностью. Его возможности включают преодоление ледовых полей, длительные морские экспедиции и проведение разнообразных исследований в Арктике. Судно выполняет ключевые научные задачи, включая геофизические, метеорологические, океанографические и биологические исследования, что способствует пониманию изменений в регионе и разработке устойчивых стратегий для его сохранения [2].

ArcGIS API for JavaScript. Для визуализации данных существует множество библиотек и инструментов, каждый из которых обладает своими особенностями и возможностями. Однако, ArcGIS API for JavaScript (ArcGIS API for JS), предоставляемый компанией Esri, выделяется среди них [3].

Эта библиотека отличается богатым функционалом, предоставляя разнообразные возможности для отображения геоданных, включая карты, слои, символы и маркеры, что позволяет создавать информативные визуализации. Она обладает интуитивным интерфейсом, что делает ее доступной для разработчиков с разным опытом. Библиотека может интегрироваться с другими сервисами и инструментами, предоставляемыми компанией Esri. ArcGIS API for JS имеет активное сообщество разработчиков и обширную документацию, что обеспечивает поддержку и доступ к обучающим материалам [4].

В итоге, выбирая ArcGIS API for JavaScript для визуализации данных, разработчики получают мощный инструмент с широкими возможностями в области геопространственной визуализации, интуитивным интерфейсом, гибкой настройкой и интеграцией, что способствует созданию привлекательных и информативных визуализаций данных.

Chart.js. Существует множество инструментов для визуализации атрибутивных данных. Chart.js выделяется среди них благодаря широкому выбору графических типов, простому и интуитивно понятному API, легкой интеграции с другими

библиотеками и активному сообществу разработчиков. Выбирая Chart.js для визуализации атрибутивных данных, разработчики получают мощный инструмент с разнообразными типами графиков, гибкой настройкой, легкой интеграцией и поддержкой активного сообщества, что помогает создать привлекательные и информативные визуализации данных [3].

Реализация интерфейса. Для отображения маршрутов судна на виртуальном глобусе Земли были реализованы чекбоксы в правом верхнем углу экрана.



Рис. 1 – Отображение чекбоксов

В разработке интерфейса для графиков предусмотрена значимая функциональность, которая предоставляет возможность выбирать данные для отображения по осям X и Y. Кроме того, особое внимание уделено возможности выбора конкретного маршрута, с которого данные будут отображаться на оси Y. Таким образом, предусмотрена возможность выбора и настройкой данных.

Особенностью данной функциональности является возможность выбора определенного маршрута из выпадающего списка. После выбора маршрута, предусмотрена возможность дополнительно настроить параметры, выбрав конкретный параметр из второго списка. Второй список динамически изменяется в зависимости от выбранного маршрута.

В случае выбора маршрута №1, пользователю становятся доступны следующие параметры для анализа: ID, Y, X, Магнитное склонение, Курс магнитного направления (°) и Курс гиросkompаса (°). Этот набор параметров предоставляет информацию о магнитных и гироскопических характеристиках объекта или судна, позволяя провести более детальный анализ влияния этих факторов на движение и ориентацию.

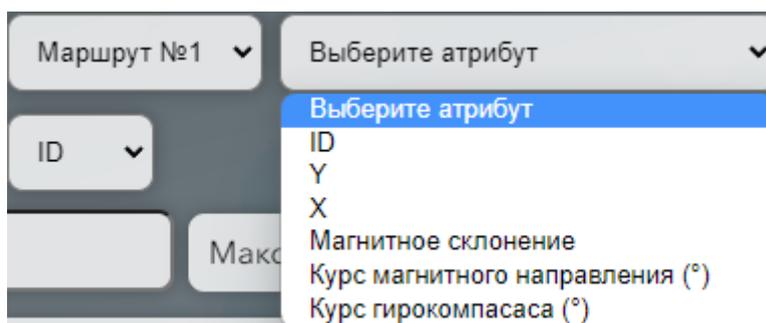


Рис. 2 – Список параметров при выборе маршрута № 1

В случае выбора маршрута №2, пользователю становятся доступны следующие параметры для анализа: ID, GMT, X, Y, Скорость судна (m/s), Направление судна (°), Относительный ветер (m/s), Направления относительного ветра (°), Истинный ветер (m/s), Направление истинного ветра (°), Давление (mb), Температура (°C) и Влажность (%). Этот набор параметров предоставляет информацию о различных метеорологических условиях и характеристиках судна, что позволяет более полно оценить влияние погодных факторов на движение и работу судна.

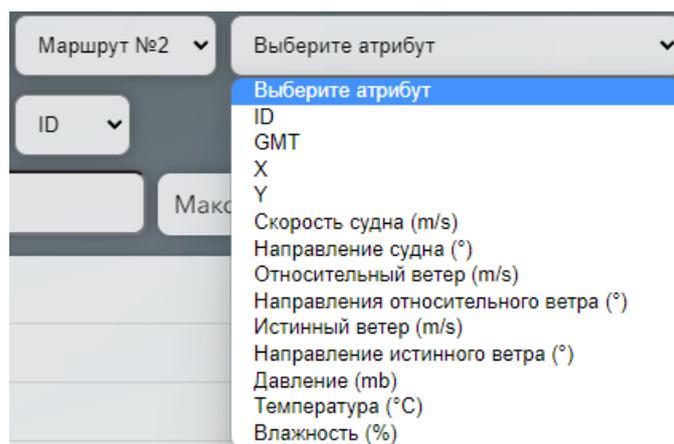


Рис. 3 – Список параметров при выборе маршрута № 2

В случае выбора маршрута №3, пользователю становятся доступны следующие параметры для анализа: ID, GMT, X, Y, Скорость судна (m/s), Направление судна (°), Скорость относительного ветра (m/s), Направление относительного ветра (°), Скорость истинного ветра (m/s) и Направление истинного ветра (°). Этот набор параметров также предоставляет информацию о ветровых условиях и движении судна, позволяя более глубоко изучить взаимосвязь этих факторов.

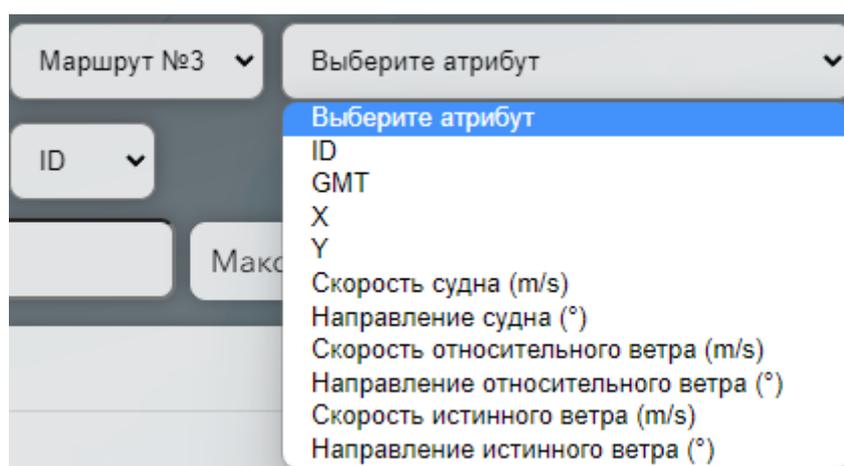


Рис. 4 – Список параметров при выборе маршрута № 3

Также предусмотрена расширенная функциональность по оси X, которая позволяет отображать следующие параметры: ID объекта, параметр оси X,

параметр оси Y и дату фиксации данных. Это значительно улучшает аналитические возможности системы и обеспечивает более полное и детальное представление данных.

Выбор ID объекта позволяет исследователям и аналитикам изучать конкретные объекты или группы объектов, что может быть особенно полезно при анализе больших объемов данных или при сравнительном анализе разных объектов.

Параметры оси X и оси Y предоставляют возможность определить соответствующие значения, которые будут использоваться для построения графика или диаграммы. Это позволяет исследователям точно настроить оси и анализировать данные с учетом требуемых параметров.

Кроме того, важно отметить, что дата фиксации данных также может быть выбрана для отображения по оси X. Это дает возможность исследователям анализировать данные во временной перспективе, выявлять тренды, сезонные изменения или другие временные закономерности.

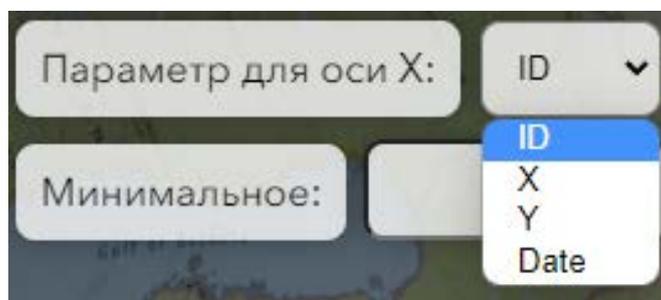


Рис. 5 – Список параметров для оси X

Также предусмотрена возможность устанавливать минимальное и максимальное значения для оси X.

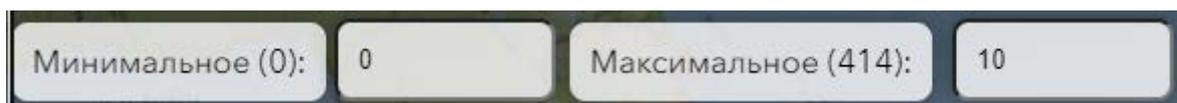


Рис. 6 – Минимальное и максимальное значения для оси X

Была создана кнопка, которая позволяет скрывать интерфейс и отображение графиков, обеспечивая более удобное визуальное представление маршрута.

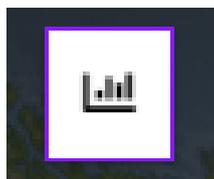


Рис. 7 – Кнопка для скрытия и отображения графиков

Для того чтобы обеспечить более удобное использование карты, были добавлены различные стили, которые можно выбрать в сплывающем списке. Эти стили

могут включать в себя различные цветовые схемы, варианты шрифта, настройки интерфейса, размеры и прочие параметры.

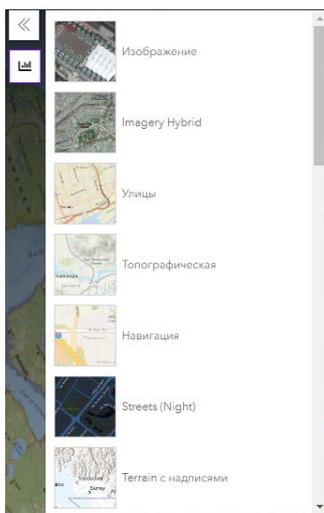


Рис. 8 – Кнопка для изменения стиля карты

В ArcGIS API for JavaScript имеются базовые элементы управления картой, которые позволяют пользователю взаимодействовать с картографическими данными и настраивать их отображение.

Элементы управления «Приблизить» и «Отдалить» представляют собой важные инструменты для масштабирования карты и изменения ее уровня детализации.

«Приблизить» – элемент управления представлен в виде кнопки или значка с плюсом (+) или значком увеличительного стекла. При нажатии на кнопку «Приблизить» карта увеличивается, позволяя просмотреть более детальные сведения о выбранной области. Это особенно полезно при работе с картами большого масштаба, где можно увидеть более мелкие объекты или информацию о конкретной области.

«Отдалить» – элемент управления представлен в виде кнопки или значка с минусом (-) или значком уменьшительного стекла. При нажатии на кнопку «Отдалить» карта уменьшается, что позволяет просматривать более широкую область. Это полезно, когда необходимо охватить большую территорию или получить общую картину региона.

Элемент управления «Переключитесь, чтобы прокрутить или повернуть в 3D» предоставляет пользователю гибкость в выборе и изменении режима отображения карты в зависимости от потребностей и предпочтений пользователя. Это обеспечивает более интерактивный и интуитивно понятный опыт работы с геоинформационными данными.

Элемент управления «Сброс ориентации карты» предоставляет пользователю возможность сбросить ориентацию карты к начальному положению. При работе с картой пользователь может изменять ее ориентацию, масштабирование и положение, чтобы изучать различные области и детали. Однако иногда может

возникнуть необходимость вернуть карту в исходное положение и восстановить ее начальную ориентацию и масштабирование.

Реализация отображения маршрутов морских арктических экспедиций. Для визуализации данных геофизических наблюдений морских арктических экспедиций представляет собой сложную и многогранную задачу. Одним из ключевых аспектов разработки ГИС является визуализация данных судна «Михаил Сомов», которое производит геофизические наблюдения во время экспедиций.

Для того, чтобы обеспечить более наглядное представление о маршрутах НЭС «Михаил Сомов», данные о широте и долготе были преобразованы в координаты X и Y и визуализированы на виртуальном глобусе Земли. Каждый маршрут представлен в виде набора точек с координатами, зафиксированных судном каждую минуту. Это позволяет пользователям более точно определять местоположение судна.

Для удобства и гибкость при просмотре данных, были добавлены в систему возможность скрытия и отображения слоя данных маршрута. Каждый маршрут имеет свою кнопку, что позволяет пользователям быстро переключаться между маршрутами и выбирать только те данные, которые им нужны.

Первый маршрут отображает экспедицию арктического плавающего университета. Арктический плавучий университет – это научно-образовательный проект, который организуют Северный (Арктический) федеральный университет и Северное Управление гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды с 2012 года. Цель проекта – изучение Арктики и ее природных, социальных и экономических особенностей. В экспедиции участвуют студенты, аспиранты, преподаватели и научные сотрудники из разных регионов России и зарубежных стран.

В 2021 году Арктический плавучий университет отправился в свой десятый рейс из Архангельска 10 июня. На борту научно-экспедиционного ледокола «Михаил Сомов» находилось 55 ученых, которые проводили исследования в Баренцевом море. Основные направления работ – океанография, метеорология, гидрохимия и сбор геофизических данных.

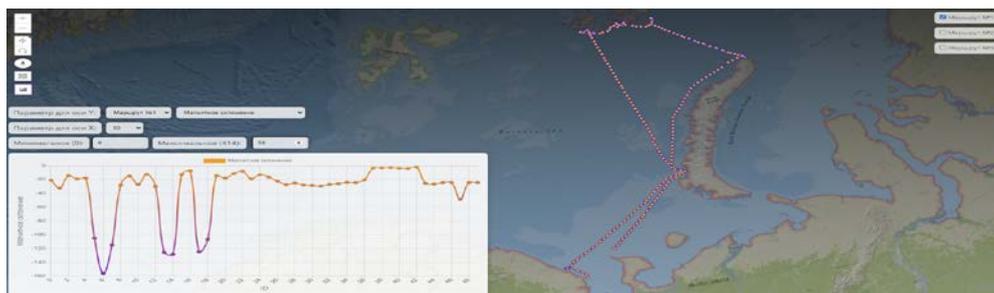


Рис. 9 – Отображение маршрута №1

Второй маршрут представляет экспедицию, где основным акцентом являются метеорологические наблюдения. Данные собирались и регистрировались каждые 3 часа.



Рис. 10 – Отображение маршрута №2

Третий маршрут представляет арктическую экспедицию, которая продлилась почти два месяца. НЭС «Михаил Сомов» доставил на труднодоступные гидрометеорологические станции Северного, Якутского и Чукотского УГМС топливо, продовольствие, расходные аэрологические материалы, строительные материалы, ДГА и другой груз, а также смену полярников. Океанологи проведут инспекцию морских станций и нивелировочные работы. Данные собирались и регистрировались каждый час.

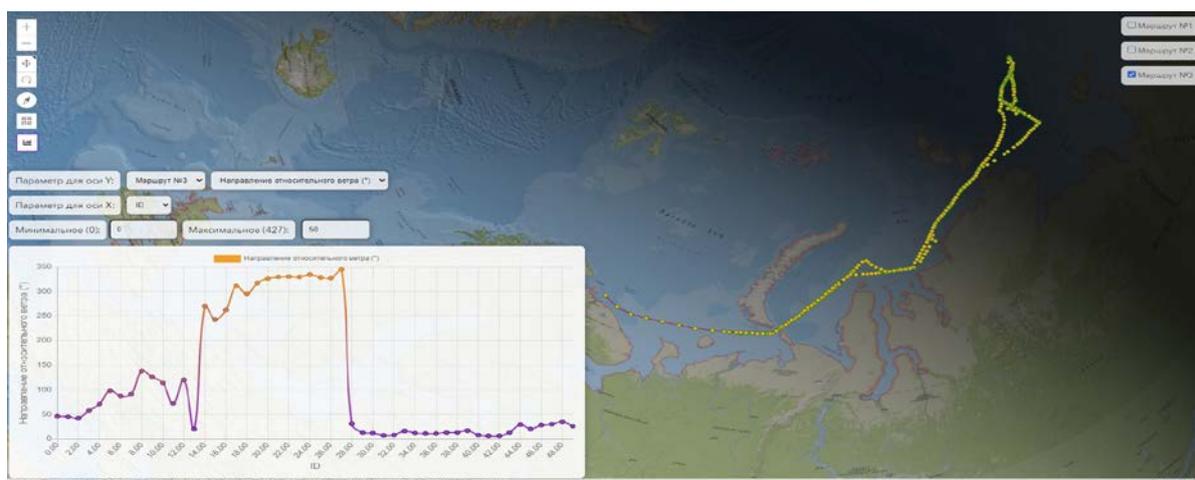


Рис. 11 – Отображение маршрута №3

Также есть возможность отображать несколько маршрутов одновременно.

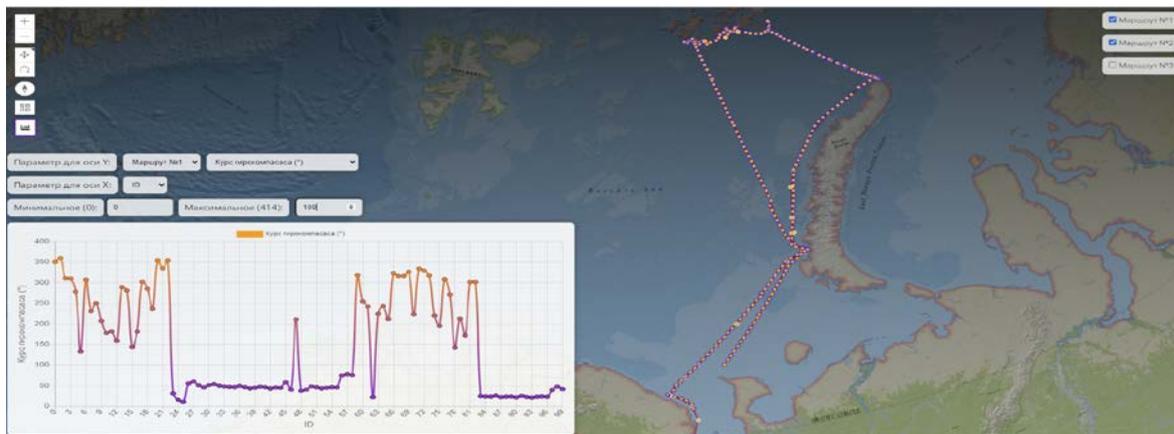


Рис. 12 – Отображение маршрута №1 и №2

Также можно отобразить сразу все маршруты.

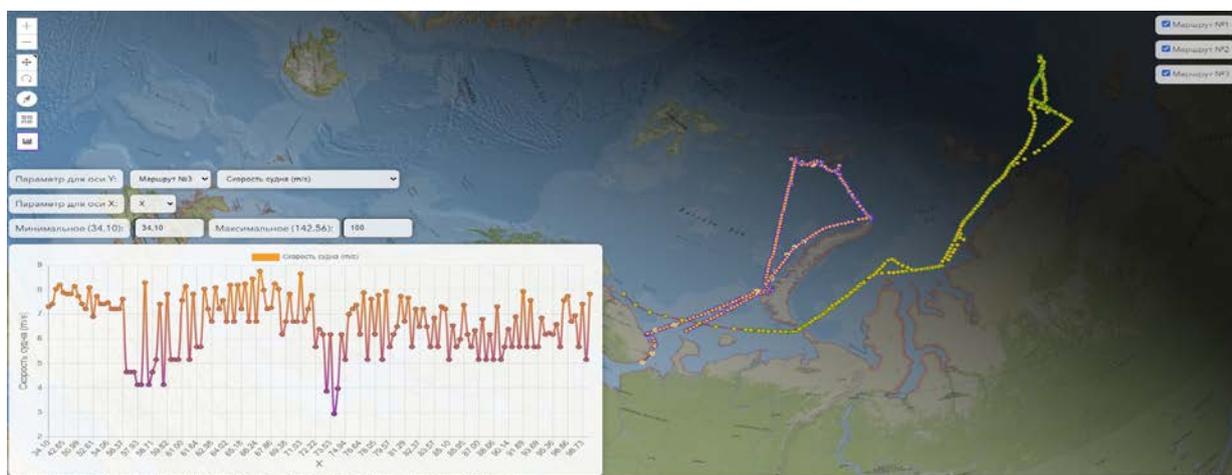


Рис. 13 – отображение маршрута №1, №2 и №3

Для отображения атрибутивных данных, связанных с определенными точками маршрута, была разработана таблица. При нажатии на выбранную точку маршрута на виртуальном глобусе, соответствующие данные появляются в таблице.

Это позволяет пользователям легко и быстро просмотреть и сравнить данные, связанные с различными точками маршрута, такие как время, направление и другие характеристики. Таблица представляет собой удобный способ организации и презентации данных, что облегчает анализ и принятие решений на основе этих данных.

Приблизить к

Атрибутивные данные

ID	2
Дата	12.06.2021
Время	13:00
X	40.95
Y	67.93
Магнитное склонение	-14.5
Курс магнитного направления (°)	296.0
Курс гирокомпасаса (°)	310.5

Рис. 14 – Пример отображение атрибутивных данных маршрута №1

Пример отображения атрибутивных данных с маршрута №2.

Приблизить к

Атрибутивные данные

ID	1
Дата	13.06.2021
GMT	9
X	41.53
Y	67.22
Скорость судна (m/s)	7.06
Направление судна (°)	0.0
Относительный ветер (m/s)	4.9
Направления относительного ветра (°)	225
Истинный ветер (m/s)	11.08
Направление истинного ветра (°)	198.23
Давление (mb)	1009.8
Температура (°C)	9.7
Влажность (%)	67

Рис. 15 – Пример отображение атрибутивных данных маршрута №2

Пример отображения атрибутивных данных с маршрута №1.

Приблизить к

Атрибутивные данные

ID	5
Дата	27.08.2002
GMT	12
X	44.95
Y	69.63
Скорость судна (m/s)	7.83
Направление судна (°)	80.0
Направление относительного ветра (°)	98.0
Скорость истинного ветра (m/s)	8.08
Направление истинного ветра (°)	251.55

Рис. 16 – Пример отображение атрибутивных данных маршрута №3

Также при большом количестве точек на небольшом участке предусмотрена возможность переключаться между объектами. Это можно сделать, нажав на кнопку вправо или влево в правом нижнем углу атрибутивной таблицы.

Атрибутивные данные

ID	59
Дата	14.06.2021
Время	22:00
X	52.6
Y	72.4
Магнитное склонение	-175.0
Курс магнитного направления (°)	143.0

Приблизить к

1 из 19

Рис. 17 – Пример объектов, между которыми можно переключаться

Реализация отображения атрибутивных данных в графическом виде. Для более наглядного отображения атрибутивных данных, был использован способ представления данных в виде графиков, которые были размещены в левом нижнем углу экрана. Для графиков был реализован «градиент по цвету», у самых больших показателей на графике цвет будет оранжевого цвета, а у самых низких показателей будет фиолетовый цвет.

Графики позволяют отобразить различные параметры и характеристики маршрутов судна «Михаил Сомов». Для более удобного доступа к атрибутивным

данным и маршрутам, были добавлены всплывающие списки. Список с атрибутивными данными содержит все параметры, относящиеся к маршрутам.



Рис. 18 – Отображения параметра «Магнитное склонение» маршрут №1

Пример отображения параметра «Давление (mb)» маршрута №2 в диапазоне от 0 до 142 по значению ID.



Рис. 19 – Отображения параметра «Давление (mb)» маршрут №2

Пример отображения параметра «Давление (mb)» маршрута №3 в диапазоне от 0 до 142 по значению ID.

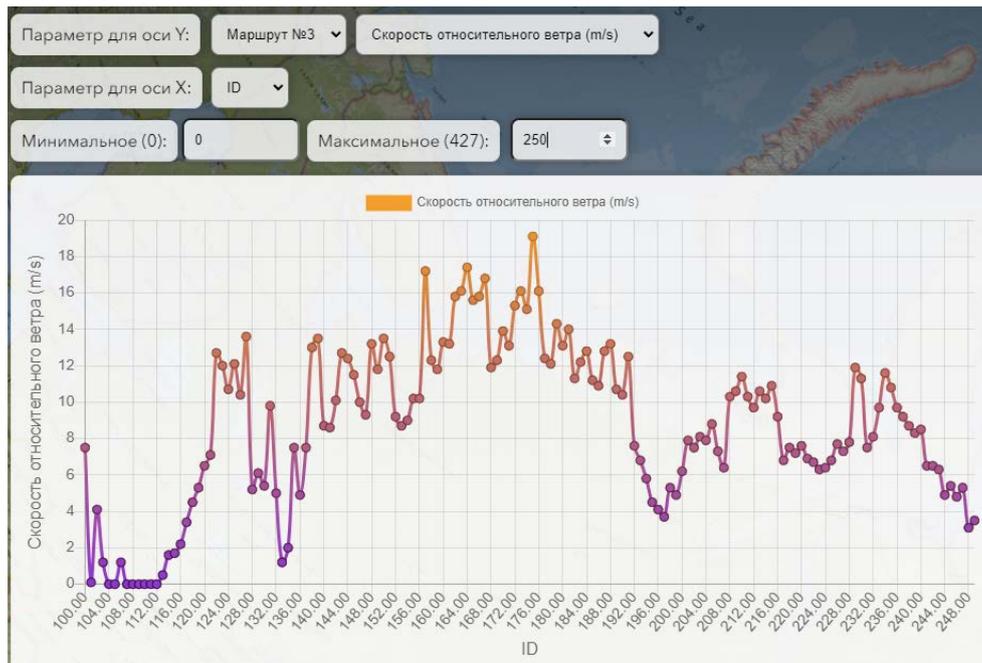


Рис. 20 – Отображения параметра «Скорость относительного ветра (m/s)» маршрут №3

В разработке графиков предусмотрена значимая функциональность, которая предоставляет возможность выбирать данные для отображения по осям X и Y. Кроме того, особое внимание уделено возможности выбора конкретного маршрута, с которого данные будут отображаться на оси Y. Таким образом, предусмотрена возможность выбора и настройкой данных.

Особенностью данной функциональности является возможность выбора определенного маршрута из выпадающего списка. После выбора маршрута, предусмотрена возможность дополнительно настроить параметры, выбрав конкретный параметр из второго списка. Второй список динамически изменяется в зависимости от выбранного маршрута.

При наведении на значение на графике отображаются значения по оси X и по оси Y.



Рис. 21 – Отображение значения на графике

Также была реализована дополнительная функциональность, которая позволяет взаимодействовать с графиками. Эта функция позволяет при нажатии на точку на графике отобразить соответствующее местоположение на карте и отобразить атрибутивные данные, связанные с этой точкой.

Для достижения этой функциональности были использованы возможности Chart.js для обработки событий и взаимодействия с элементами графика. При нажатии на точку на графике, событие обрабатывается, и координаты этой точки передаются в модуль картографического представления. С помощью соответствующих географических данных и связанных атрибутов, модуль карты отображает точку на соответствующем местоположении и отображает атрибутивные данные, связанные с ней.

Эта функциональность позволяет пользователям более детально исследовать данные, представленные на графиках, и установить связь между числовыми значениями и их пространственным контекстом. Это дополнительное взаимодействие между графиками и картами обогащает пользовательский опыт и способствует более глубокому пониманию данных.

В результате были выполнены выбор наиболее подходящего программного средства для разработки ГИС, учитывая требования и особенности проекта. Важным шагом было преобразование и предварительная обработка данных, необходимых для корректной работы системы. Подготовленные данные стали основой для дальнейшего визуального отображения информации.

Для визуализации маршрутов на виртуальном глобусе Земли была выбрана подходящая библиотека, обладающая необходимыми функциональными возможностями. Это позволило создать интерактивное и понятное представление маршрутов на глобусе.

Библиографический список

1. Воробьев, А. В. Веб-ориентированная 2D/3D-визуализация параметров геомагнитного поля и его вариаций / А. В. Воробьев, Г. Р. Воробьева // Научная визуализация. – 2017. – Т. 9, № 2. – С. 94-101. – EDN ZFMHWD.
2. НЭС «Михаил Сомов» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Михаил_Сомов_\(судно\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Михаил_Сомов_(судно)) (Дата обращения: 23.10.2023).
3. ArcGIS Maps SDK for JavaScript [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://developers.arcgis.com/javascript/latest/> (Дата обращения: 25.10.2023).
4. Chart.js [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.chartjs.org/docs/latest> (Дата обращения: 24.06.2023).]

© Калганов А.С., 2023

УДК 004.02

Т.И. КИНЗИН

Tagir-kkk@mail.ru

Науч. руковод. –канд. техн. наук, доцент **А.В. ВОРОБЬЕВ**

Уфимский университет науки и технологий

ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ УПРОЩЕНИЙ ПЕРЕВОДА КООРДИНАТ

Аннотация: В данной работе рассмотрен принцип построения перевода пространственных координат из одной системы в другую, изучены существующие аналоги и теоретическая база. Изучен алгоритм перевода из географической системы координат в геомагнитную. Продемонстрировано решение задач перевода данных в виде мобильного приложения на android, созданного на языке JavaScript.

Ключевые слова: мобильное приложение; JavaScript, координаты, перевод координат, геомагнитная система, географическая система.

В разных сферах жизни и науки часто используются системы координат, к примеру в ракетостроении, астрономии, прогнозировании погоды, геодезии, картографии и множестве других. Для некоторых работ необходимо хранить данные в различных системах, что вызывает некоторые трудности из-за сложности перехода между ними. Существует множество алгоритмов перехода между системами координат, для этого даже существуют специальные приложения и сайты, которые сильно облегчают данные процессы. Но если необходимо совершить последовательно несколько переходов от системы к системе, процесс становится немного затруднителен и не так удобен. Для решения поставленных задач необходимо создать единое приложение, способное обеспечивать последовательный переход между различными системами координат. Эта идея стала толчком к созданию программного обеспечения для решения поставленных задач.

На данный момент в приложении реализован переход между GEO и MAG системой, на этом примере продемонстрируем примерный алгоритм и работу приложения.

ПЕРЕВОД ИЗ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ В ГЕОМАГНИТНУЮ

Первым делом, определяются геодезические координаты на поверхности, то есть долгота и широта.

После рассчитывается геоцентрическое расстояние и формируется столбец-матрица, элементы которой являются координаты, которые записаны в картезианском виде в системе GEO. Представим это в виде формулы:

$$r^2 = h^2 + 2h\sqrt{a^2 \cos^2 \varphi + b^2 \sin^2 \varphi} + \frac{a^4 \cos^2 \varphi + b^4 \sin^2 \varphi}{a^2 \cos^2 \varphi + b^2 \sin^2 \varphi}, \quad (1)$$

где h – высота над уровнем моря, φ – геодезическая широта, a и b – большая и малая полуоси земного эллипсоида вращения.

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}_{GEO}, \text{ где } \begin{cases} x = r \sin \varphi * \cos \lambda \\ y = r \sin \varphi * \sin \lambda \\ z = r \cos \varphi \end{cases} \quad (2)$$

где x, y, z – координаты в системе GEO, φ и λ – геодезические широта и долгота в системе GEO.

Затем определяются углы поворота при переводе из GEO в MAG. В этих условиях нужно учитывать, что этот угол β равен повороту оси Y в плоскости земного экватора от гринвичского меридиана к меридиану, который включает плоскость геомагнитного диполя, а угол α равен повороту оси Z от географического полюса к магнитному.

$$\begin{cases} \alpha = \lambda_{dipole} = \arctan\left(\frac{h_1^1}{g_1^1}\right) - 90^\circ \\ \beta = \varphi_{dipole} - 90^\circ = \left(90^\circ - \arcsin\left(\frac{g_1^1 \cos(\lambda_{dipole}) + h_1^1 \sin(\lambda_{dipole})}{g_1^0}\right)\right) - 90^\circ \end{cases} \quad (3)$$

Где λ_{dipole} и φ_{dipole} – геодезические широта и долгота.

g_1^1, g_1^0, h_1^1 – актуальные сферические гармонические коэффициенты.

На следующем этапе осуществляется начало перевода к геомагнитным координатам. Выглядит это следующим образом:

$$MAG = T * GEO, \quad (4)$$

где T – это поворотная матрица, которая определяется выражением:

$$T = \begin{bmatrix} \cos\beta & 0 & \sin\beta \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin\beta & 0 & \cos\beta \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \cos\alpha & \sin\alpha & 0 \\ -\sin\alpha & \cos\alpha & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad (5)$$

где β и α – углы поворота, Y и Z – оси поворота

На выходе получаем формулу для перевода координат

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}_{GEO} = \begin{bmatrix} \cos\beta & 0 & \sin\beta \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin\beta & 0 & \cos\beta \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \cos\alpha & \sin\alpha & 0 \\ -\sin\alpha & \cos\alpha & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}_{GEO} \quad (6)$$

Финальным этапом будет преобразование координат от картезианской обратно к геодезической. Представим это в виде формулы (7)

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}_{MAG} \Rightarrow \begin{bmatrix} \varphi \\ \lambda \\ r \end{bmatrix}, \text{ где } \begin{cases} \varphi = \arctan \frac{\sqrt{x^2+y^2}}{z} \\ \lambda = \arctan \frac{y}{x} \\ r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \end{cases}, \quad (7)$$

Где φ , λ , r – координаты точки в системе координат MAG, записанные в геодезической форме

РЕАЛИЗАЦИЯ МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ

Для разработки мобильного приложения был выбран язык JavaScript и его библиотека React Native. Кнопка “ПРЕОБРАЗОВАТЬ” отвечает за математические вычисления и выводит результат преобразований в “LAT” и “LON”, широта и долгота соответственно. Кнопка “ОБНУЛИТЬ” отвечает за сброс значений и позволяет начать вычисления заново. Примерный интерфейс и результат работы приложения можно увидеть на рис. 1.

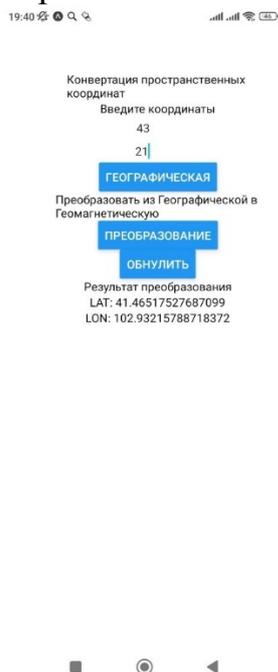


Рис. 1. Отображение интерфейса и работы мобильного приложения

Были проведены сравнения с аналогами, приложение показало себя как достаточно точное и удобное в использовании. В дальнейшем приложение будет дорабатываться и развиваться, будут добавлены новые возможности перехода между системами координат.

Библиографический список

1. World Data Center for Geomagnetism, Kyoto [Электронный ресурс]. URL: <https://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/igrf/gggm/> (дата обращения 14.03.2023).
2. Воробьев А.В., Воробьева Г.Р. Метеоинформатика Геомагнитные вариации и космическая погода. М.: МИФИ, 2017. 140 с.
3. Вики GIS-Lab [Электронный ресурс]. URL: https://wiki.gis-lab.info/w/Переход_от_одной_системы_координат_к_другой_-_методы_трансформации (дата обращения 23.10.2023).
4. Upper Atmosphere Model [Электронный ресурс]. URL: https://uamod.wordpress.com/about_model/co-ordinates/ (дата обращения 24.10.2023).

© Кинзин Т.И., 2023

УДК 004

У.С. МИРОНОВА

ulyanamirono001@mail.ru

Науч. руковод. – д-р техн.наук, профессор **О.И. ХРИСТОДУЛО**

Уфимский университет науки и технологии

РАЗРАБОТКА ПОДСИСТЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ БЮРО РАСПИСАНИЙ В СОСТАВЕ ГИС УУНИТ

Аннотация: в статье описана разработка подсистемы информационной поддержки деятельности бюро расписаний в составе ГИС УУНиТ. Произведен анализ предметной области, поставлены задачи и цели разработки. Так же были построены блок-схемы алгоритма взаимодействия сотрудника бюро расписаний с подсистемой и был представлен пользовательский интерфейс.

Ключевые слова: ГИС, бюро расписаний, подсистема, разработка подсистемы.

С каждым годом всё больше людей начинают интересоваться геоинформационными системами. Человека давно интересует как можно избежать тех или иных непредвиденных ситуаций в жизни, также как можно заранее продумать процесс застройки или прокладки необходимых коммуникаций. Поэтому данное направление является на данный момент востребовано не только в обычной жизни, но и в сфере образования.

Геоинформационная система – это современная компьютерная технология для картирования и анализа объектов реального мира, также событий, происходящих на нашей планете. Технология сочетает в себе преимущества традиционных

операций с базами данных, таких как запрос и анализ, с возможностями полномасштабной визуализации. Эти особенности отличают ГИС от других информационных систем и предоставляют уникальные возможности для широкого спектра приложений. [1].

В Уфимском университете науки и технологий разработана геоинформационная система ГИС УУНиТ, позволяющая эффективно управлять хозяйственной и образовательной деятельностью университета, решать задачи планирования и предоставлять полную и достоверную пространственную информацию руководителям ГИС УУНиТ представляет собой технологию ввода, хранения, обработки и интегрированного отображения пространственных данных и связанных с ними атрибутивных данных, Она представляет собой комплекс программных и информационных средств. Отдельные подразделения университета (например, филиалы, базы отдыха) и объекты (например, кампусы, здания) находятся на значительном удалении друг от друга и функционируют в различных условиях. Учет местоположения и окружающих условий подразделений и объектов оказывает существенное влияние на управление деятельностью университета в целом. [2].

ГИС позволила охватить различные аспекты учебного процесса, автоматизировать некоторые административно-хозяйственные действия и обеспечить информационную поддержку принятия решений по основным направлениям деятельности университета. Кроме того, ГИС UUNiT обеспечивает максимально открытый доступ к информации о различных аспектах деятельности университета для студентов, преподавателей, сотрудников университета и сторонних организаций, заинтересованных в совместной деятельности.

Одним из актуальных направлений является информационная поддержка деятельности работы бюро расписаний. Разрабатываемая система позволит решить проблему информационной поддержки бюро расписаний. У специалиста из бюро расписания появится возможность в удобном формате формировать расписание, редактировать информацию о преподавателях и экспортировать расписание в трех форматах. Помимо этого, данный процесс будет визуализирован: свободные аудитории будут выделяться на карте вуза [3].

Объектом исследования стал процесс работы составления расписания учебных занятий и его дальнейшая обработка.

Предметом исследования стала разработка подсистемы информационной поддержки деятельности бюро расписаний в УУНиТ.

Формирование расписаний учебных занятий – очень сложный и трудоемкий процесс, который нуждается в информационной поддержке и визуализации. Бюро расписаний вуза работает с большим количеством информации. От его работы зависит учебный процесс в вузе, а значит увеличение оперативности сотрудников бюро прямо связано с эффективностью получения знаний.

Основные задачи бюро расписаний:

- 1) Своевременно и качественно обрабатывать планы работ исследовательских групп и информировать структурные подразделения о выполнении исследовательских задач;
- 2) Формирование базы данных для составления расписания по всем видам учебных занятий, промежуточной и итоговой аттестации для всех форм обучения и уровней подготовки, предусмотренных в УУНиТ;
- 3) Составление расписания по сформированной базе данных;
- 4) Своевременное доведение до преподавателей, студентов и прочих сотрудников структурных подразделений УУНиТ, информации о составленном расписании или изменениях в расписании; учет и распределение общеуниверситетского аудиторного фонда для обеспечения учебного процесса [4].

Была поставлена задача разработать подсистему информационной поддержки деятельности бюро расписаний. В ходе исследования были выявлены основные требования к подсистеме:

- 1) Простота и удобство ввода расписания: ввод расписания должен быть привычным для сотрудников бюро расписаний.
- 2) Предотвращение конфликтов: сотрудник должен иметь возможность выбирать свободные аудитории, а также наглядно видеть их занятость
- 3) Контроль явных ошибок: при изменении аудитории, при наличии параллельного занятия у преподавателя, учет вместимости аудитории и другие.
- 4) Визуализация процесса составления расписания: свободные аудитории будут выделяться на карте вуза.

Взаимодействие сотрудника бюро расписания с подсистемой представлено на блох-схеме на рисунке 1.

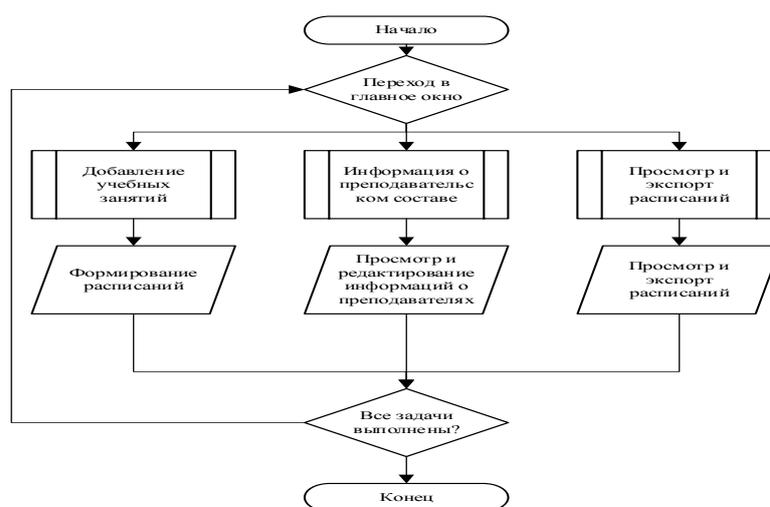


Рисунок 1 – Блок-схема алгоритма взаимодействия сотрудника бюро расписаний с подсистемой

При запуске подсистемы сотруднику бюро расписаний будет доступно три основные функции: «Добавление учебного занятия», «Информация о преподавательском составе» и «Просмотр и экспорт расписания». Интерфейс разрабатываемой подсистемы представлен на рисунках 2–6.

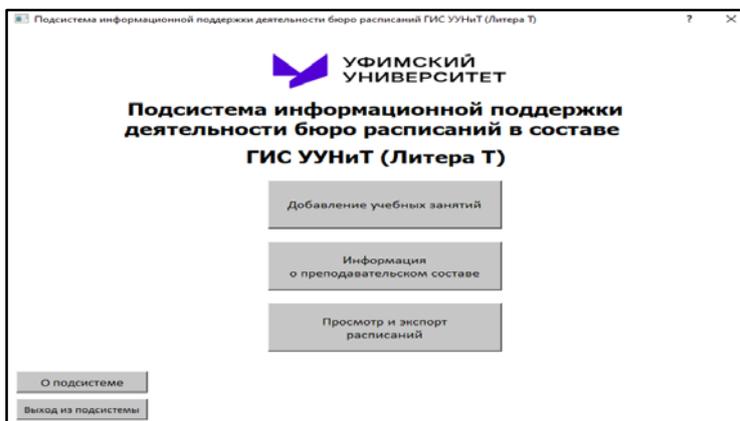


Рисунок 2 – Главное окно подсистемы

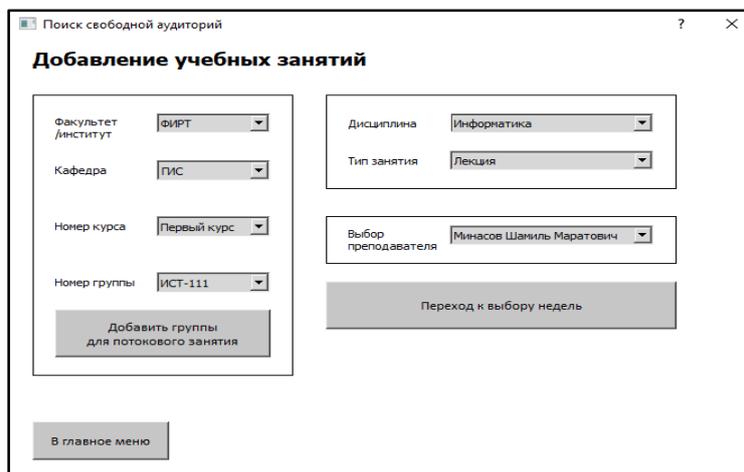


Рисунок 3 – Окно выбора учебных групп, дисциплины и преподавателя для добавления занятия

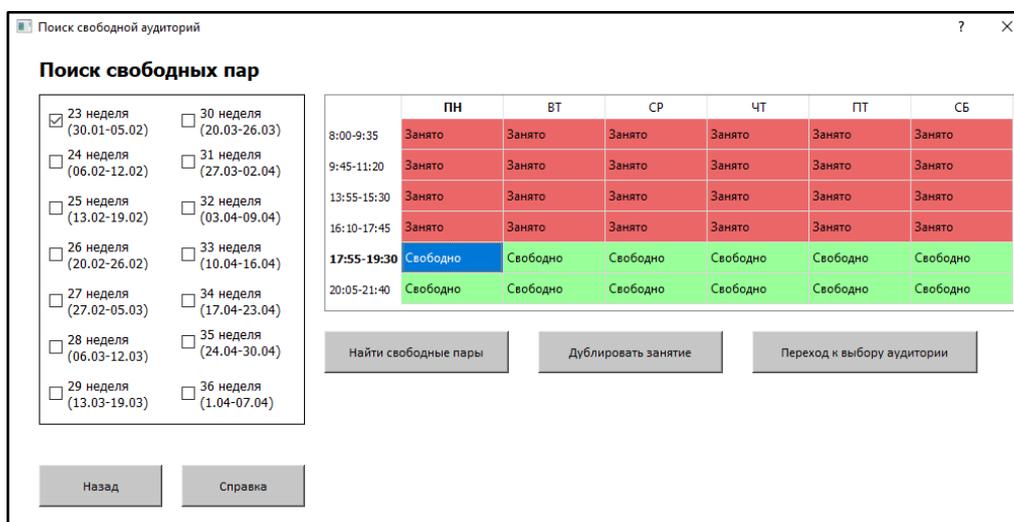


Рисунок 4 – Окно поиска свободных пар

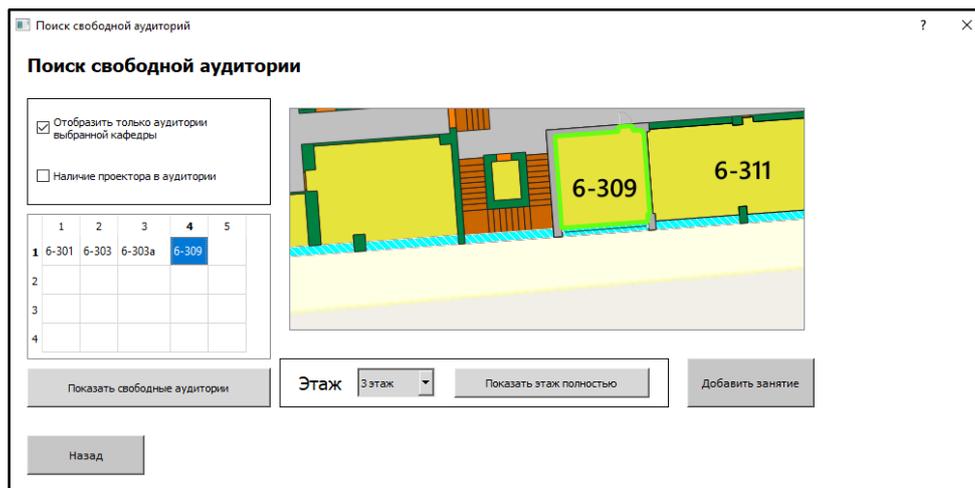


Рисунок 5 – Окно поиска свободной аудитории

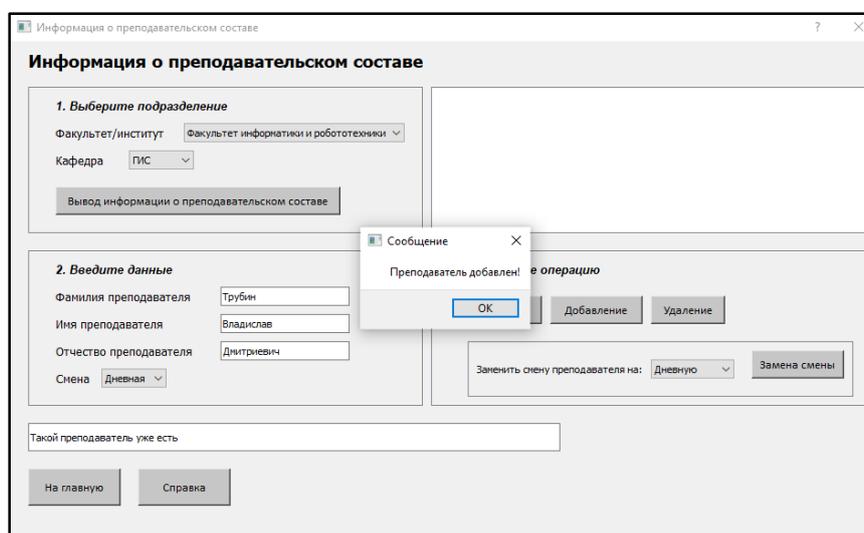


Рисунок 6 – Окно «Информация о преподавательском составе»

Заключение

Разработанная подсистема обеспечит удобное добавление учебных занятий с учетом множества факторов: свободности аудиторий, учебной группы и режима работы преподавателя, а также позволит редактировать информацию о преподавательском составе и просматривать/экспортировать расписание учебных занятий в формате Excel.

Библиографический список

1. Olga Khristodulo, Artur Gizatullin, Andrey Ivantsov, Alexander Pavlov, Sergey Pavlov. Early Detection and Prediction of Some Threats in Complex Distributed Systems Based on Data Mining// CEUR Workshop Proceedings. Vol.

3027. - CEUR Workshop, 2021. - Pp. 1046-1052. (DOI: 10.20948/graphicon-2021-3027-1046-1052) // <https://ceur-ws.org/Vol-3027/paper113.pdf>

2. Olga Khristodulo, Artur Gizatullin, Andrey Ivantsov, Alexander Pavlov, Sergey Pavlov. Early Detection and Prediction of Some Threats in Complex Distributed Systems Based on Data Mining// CEUR Workshop Proceedings. Vol. 3027. - CEUR Workshop, 2021. - Pp. 1046-1052. (DOI: 10.20948/graphicon-2021-3027-1046-1052) // <https://ceur-ws.org/Vol-3027/paper113.pdf>

3. Цыдыпова, М. В. Геоинформационные системы и технологии: учебно-методическое пособие / М. В. Цыдыпова. – 2-е изд., доп. – Улан-Удэ: БГУ, 2021. – 56 с. – ISBN 978-5-9793-1671-0. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/252878> (дата обращения: 20.10.2023).

4. Использование ГИС-технологий в решении задач управления. Дьяченко Н.В. // [Электронный ресурс] URL: <http://www.nocnit.ru/2st/materials/Diachenko.html> (дата обращения: 22.10.2023).

© Миронова У.С., 2023

УДК 004

А.В. НИГМАТУЛЛИН, А.Д. ГОНЧАР, Е.О. МАКАРОВ

nigmatullin.a2016@yandex.ru, agonch4r@yandex.ru, marakov.e1999@yandex.ru

Науч. руковод. – канд. техн.наук, доцент **Н.Н. ЗВЕРЕВА**

Уфимский университет науки и технологий

МОДЕЛЬ АРХИТЕКТУРЫ ГЕОПОРТАЛА «ГЕОПАРКИ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН»

Аннотация: научная статья посвящена анализу важности разработки единого геопортала природных парков РБ. Проанализированы основные функциональные возможности системы, спроектирована база данных геопортала, приведена информационная модель. Представлена диаграмма вариантов использования. Также была приведена архитектурная схема разрабатываемого геопортала.

Ключевые слова: геопарк; проектирование; глобальная сеть геопарков ЮНЕСКО; информационная модель базы данных; архитектурная схема.

АНАЛИЗ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ

Геопарк — это территория, на которой происходит популяризация природного и культурного наследия. Созданием геопарков занимается ЮНЕСКО в рамках специальной программы по поддержке в создании всемирной сети–национальных геопарков. В настоящее время в Республике

Башкортостан появился первый в России и постсоветском пространстве, получивший международное признание, геопарк Янган-тау под эгидой ЮНЕСКО. А также геопарк «Торатау» в 2021 году вошел в список территорий-претендентов на включение в глобальную сеть ЮНЕСКО.

Актуальность разработки заключается в том, что не существует единого геопортала, где были бы собраны различные данные по геопаркам Республики Башкортостан: геологические, гидрологические, биологические, историко-культурные, археологические и др. В дальнейшем данную разработку можно будет масштабировать для расширения в рамках нескольких регионов.

Для проектирования геопортала использован объектно-ориентированный подход и нотация моделирования UML. Концептуальная модель предметной области (в данном случае это геопарк) представляется в UML диаграммами вариантов использования. Основными элементами их являются актеры – внешние сущности, взаимодействующие с системой, и варианты использования – функционал системы, который может быть востребован актерами. Для геопортала можно выделить следующих актеров:

1. Пользователь

Пользователь - турист, представитель турфирмы или исследователь. Он имеет определенные функции и возможности для взаимодействия с геопорталом. Основные сценарии взаимодействия пользователя с геопорталом включают в себя: Авторизация по логину и паролю; Просмотр карты; Просмотр информации об объектах и другие.

2. Администратор

Администратор представляет собой актера, ответственного за администрирование и управление геопорталом. Он имеет более высокие привилегии и доступ к функциональности, также он должен обеспечивать надежность и безопасность геопортала, и обеспечивать актуальность данных о геопарках и расположенных на их территории объектов. Некоторые аспекты администратора включают: Управление списком пользователей, в том числе администратор может добавлять, редактировать права доступа, удалять пользователей; добавлять и удалять пространственные объекты; редактировать объекты, в том числе редактирование пространственных данных геообъектов, редактирование атрибутивных данных геообъектов, добавление и удаление фотографий геообъектов.

На рис. 1 представлена диаграмма вариантов использования в нотации UML.

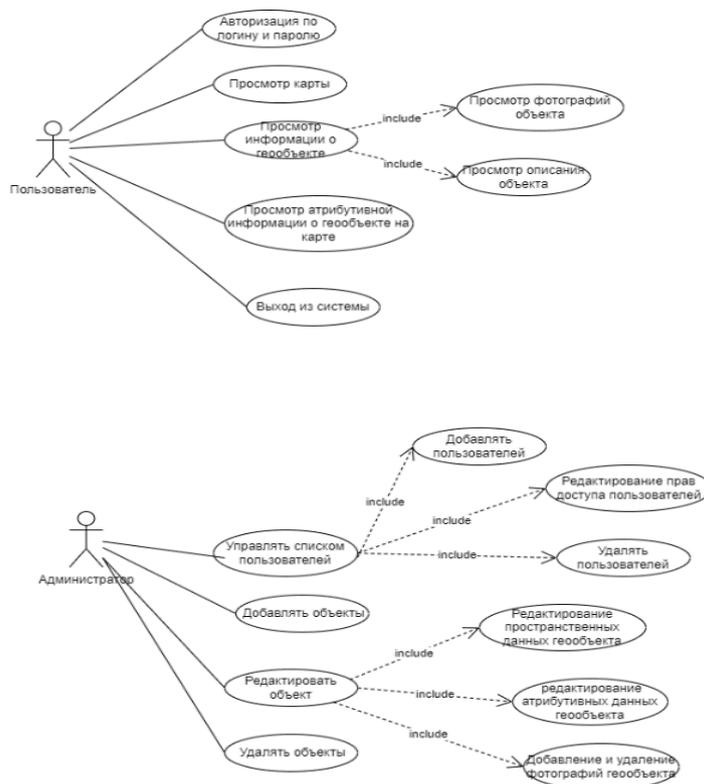


Рис. 1. Диаграмма вариантов использования в нотации UML для Администратора и Пользователя

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНФОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ БАЗЫ ДАННЫХ ГЕОПОРТАЛА

Модель предметной области (инфологическая модель) – это описание предметной области, а также взаимосвязи данных и полный атрибутивный состав, выполненное без ориентации на используемые в дальнейшем программные и технические средства. Цель инфологического проектирования заключается в представлении семантики (т. е. смысла) предметной области.

В инфологической модели для БД геопортала содержатся следующие сущности: *Геообъект*, *Геопарк*, *Фото*, *Точка маршрута* (объекты, включенные в маршрут), *Маршрут*, *Пользователь*. Основная сущность – *геообъект* связана с сущностями *геопарк*, *фото* и *точка маршрута*. Все эти сущности служат для хранения в себе атрибутивной информации о геообъекте, например принадлежность геообъекта к определенному геопарку или фотографии объекта. Сущность *Точка маршрута* служит для хранения точек на маршруте пользователя и позволяет ему создавать собственные маршруты. Элемент данных сущности *Точка маршрута* является минимальной частью пользовательского маршрута. Графическое представление инфологической модели для БД геопортала представлено на рис. 2.

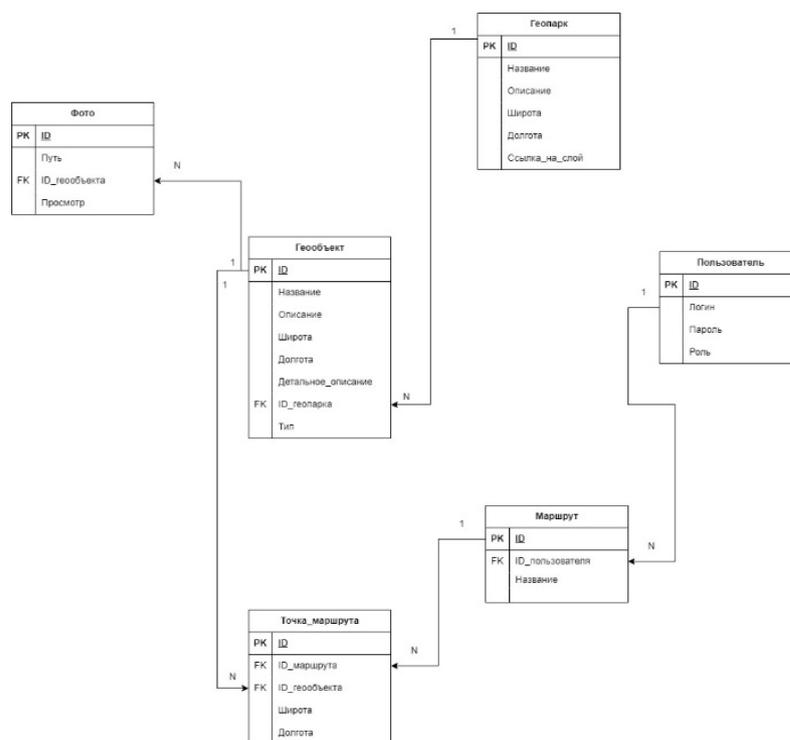


Рис. 2. Инфологическая модель базы данных для геопортала

АРХИТЕКТУРНАЯ СХЕМА ГЕПОРТАЛА

Архитектура системы — принципиальная организация системы, воплощенная в её элементах, их взаимоотношениях друг с другом и со средой, а также принципы, направляющие её проектирование и эволюцию [1].

Архитектурная схема геопортала определяет организацию и взаимодействие компонентов системы для обеспечения доступа к пространственным данным, их визуализации и анализа, интеграции с другими системами, управления доступом и безопасностью, а также обеспечения масштабируемости и производительности системы. Основная цель архитектурной схемы – отображение элементов геопортала для последующей разработки.

Для разработки данного геопортала были выбраны следующие программные средства: СУБД PostgreSQL; FastAPI – веб-фреймворк Python для разработки серверной части приложения. Опирается на два других фреймворка – Pydantic (отвечает за валидацию) и Starlette (отвечает за работу с web-интерфейсом). Фреймворк Angular для написания клиентской части приложения.

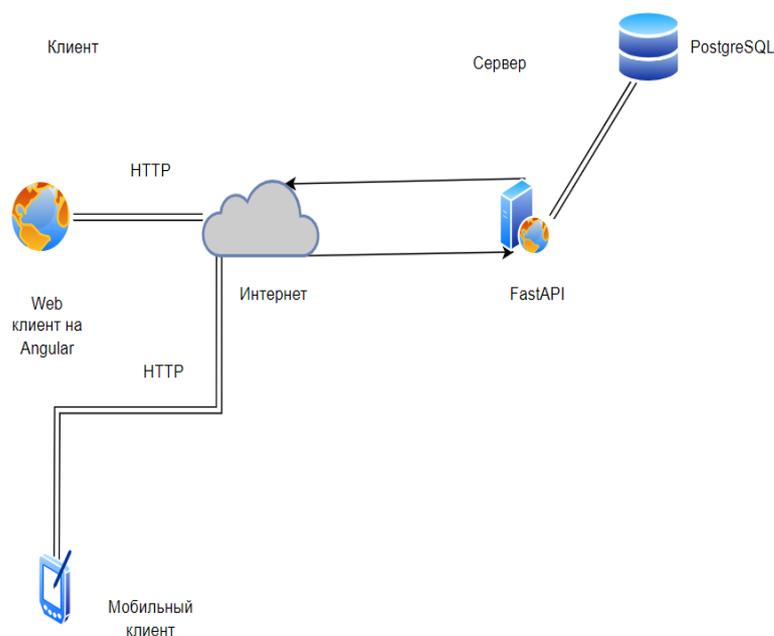


Рис. 3. Архитектурная схема геопортала

РАЗРАБОТКА СЕРВИСОВ ДЛЯ ГЕОПОРТАЛА

Сервисы в информационных системах – это функциональные компоненты или модули, которые обрабатывают запросы от клиентской части системы и выполняют необходимые операции для обработки данных, взаимодействия с базами данных и другими внешними сервисами.

В разработке геопортала использовался веб-фреймворк FastAPI, в котором есть различные методы HTTP запросов: GET – возвращает ресурс, POST – создает новый, PUT – обновляет существующий и DELETE – удаляет.

Методы сервисов делятся на пользовательские (белым цветом) и требующие прав администратора (оранжевым цветом). Пользователям доступно регистрация (получение токена), получение информации о геопарке, геообъекте и т.п. В свою очередь администратору доступны функции создания, удаления, обновление пользователей, а также для поддержки актуальности данных о геопарках и его геообъектах администратору доступны функции создания геообъекта, геопарка, добавления фотографий геообъекта, изменения его координат, а также функции удаления данных о геообъекте, геопарке и фотографии.

Все сервисы геопортала представлены на рис. 4.

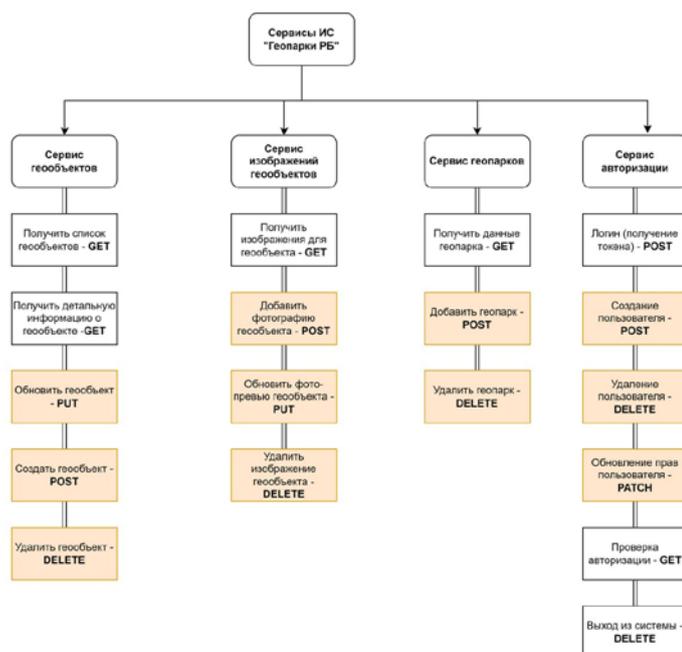


Рис. 4. Сервисы информационной системы «Геопарки РБ»

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной статье были описаны основные аспекты проектирования геопортала: произведен анализ предметной области, построена UML-диаграмма вариантов использования, построена инфологическая модель базы данных, а также определены основные программные средства для разработки, построена архитектурная схема компонентов разрабатываемого геопортала. Данная система может помочь туристам и научным работникам для легкого ориентирования на территории геопарков Республики Башкортостан. Дальнейшее развитие геопортала заключается в разработке клиентской и серверной части.

Библиографический список

1. ГОСТ Р ИСО/МЭК 15288—2008. Системная инженерия — Процессы жизненного цикла систем. — 2008.
2. ГОСТ Р 58570–2019. Инфраструктура пространственных данных. — Москва: ФГБУ «Центр геодезии, картографии и ИПД», 2020. — 2с.
3. Глобальные геопарки ЮНЕСКО//UNESCO: официальный сайт — URL: <https://en.unesco.org/global-geoparks>.

© Нигматуллин А.В., Гончар А.Д., Макаров Е.О., 2023

А.А. ОСИПЕНКО

penka.tyan@yandex.ru

Науч. руковод. – доцент кафедры геоинформационных систем, **Н.Н. ЗВЕРЕВА**

Уфимский университет науки и технологий

ПОРТАЛЫ ГЕОПАРКОВ

Аннотация: о важности создания и обновления научных и образовательных порталов Республики Башкортостан свидетельствуют информационные центры, обеспечивающие быстрый, немедленный доступ к распределенным сетевым ресурсам геопространственных данных и геосервисам всем ответственным и заинтересованным лицам.

Ключевые слова: порталы геопарков, геопортал, геопарк, научно-образовательный геопортал.

Порталы геопарков относятся к самостоятельным площадкам, целью которых является объективное информирование целевой аудитории о горных и геологических объектах, которые относятся к природным памятникам и находятся под наблюдением и охраной государства. На порталах изображены удивительные природные образования и ландшафты: горы, скальные образования, ущелья, каньоны, гряды из морен-валунов, барханы, карровые поля (которые являют собой известняковые плато, находящейся в Крыму и на Кавказе и обделены растительностью и имеют систему борозд и впадин на поверхности карстовых породах), ещё группы пещер, гигантские наледи, гидролакколиты. Через Интернет посетители могут получить доступ к новой и информативной информации о местонахождении чудес природы, их геологической истории, минеральном составе и ценных минералах, а также получать частые обновления о редких и ценных минералах. Геолого-географические полигоны, охватывающие равнины древности с выраженной сейсмической активностью, разломы, складки и впадины залегания горных пород, места расположения редких или особо ценных палеонтологических коллекций, места расположения ценных палеонтологических объектов и другие геолого-географические полигоны. Рельеф потенциально может стать птичьим заповедником, памятником значительной ценности, в котором отсутствуют другие элементы, такие как деревья, кустарники, деревья и артефакты. Порталы геопарков, созданные правительствами и онлайн, представляют собой тип национальных парков, известный своими надежными, контролируруемыми государством функциями и обширной историей геологически обоснованного прошлого. Не в природе природных явлений объяснять самоутверждение образов, необходимое благодаря другим факторам, выходящим за рамки их

собственного замысла. Критериями определения того, является ли территория геопарком, являются ее четко определенная территория с четко определенными границами, хорошо структурированная система управления и другие факторы, способствующие устойчивому экономическому развитию, прежде всего за счет развития геотуризма.

Содержание «глобального геопарка» на добровольной основе требует декларации качества, которая признается высшим знаком качества. В ответ на запросы государств-членов ЮНЕСКО также предлагает специальное сотрудничество глобальной сети геопарков в поддержку международно признанных геопарков мира. Культурное и геолого-историческое наследие получает все большее признание посредством создания геопарков.

Критерии, которым должны соответствовать геопарки, разработаны ЮНЕСКО. Согласно этим критериям геологические парки должны:

1. Изобразить значительные достижения человеческой деятельности, такие как древние шахты, уникальные шахты или древние горнодобывающие операции (например, вулканический пепел, землетрясение, вулканический поток, вулканический пепел); гражданская, архитектурная, технологическая или ландшафтная целостность, природное геологическое явление (геологическая фигура); или ключевой или значительный подвиг человеческой деятельности; или какой-нибудь другой подвиг искусства или человеческой природы; или конкретное достижение человеческой деятельности; любые человеческие достижения.
2. Обеспечение обмена информацией, сохранение культурных традиций и свидетельств цивилизации, а также сохранение просвещенных обществ;
3. Отражать эволюцию форм рельефа, естественные геологические процессы, характерные для конкретной эпохи, геологические особенности развития планеты, последствия недропользования;
4. Характеризовать важнейшие современные эколого-биологические процессы, происходящие на планете, и естественную среду обитания.

Геопамятники различного типа составляют основу любого геологического парка и основаны на различных типах геологических памятников, присутствующих в разных местах. Геологические музеи, часто организованные как геопарки, в первую очередь предназначены для расширения геологических знаний и предоставления музеев полезных ископаемых путем популяризации геологических знаний и содействия формированию горных пород. Музеи могут предлагать возможности публикации научных и публицистических фильмов, а также аудиогидов по геопамятникам, геологическим паркам и различным туристическим достояниям ещё издания путеводителей к научным и публицистическим фильмам и интернет-ресурсам.

Важно определить целевую аудиторию посетителей геопарка, чтобы создать эффективный маркетинговый план, ориентированный на нее. Основными группами посетителей будут являться:

1. Профессиональные геологи;
2. Студенты геологических и негеологических специальностей;
3. Дети в сопровождении взрослых;
4. Путешественники.

Появление порталов геологических парков и рост геологического туризма приводят к необходимости в новой рабочей силе т.е. работниках.

Новая туристическая индустрия под названием геотуризм возникла под влиянием создания всемирной сети геопарков. Агентства могут проводить исследования потребностей посетителей геопарков, например, анализировать планы социально-экономического развития и стратегии управления, а также применять их к областям, требующим улучшения. Геологические нарушения, аномалии и разломы представляют собой источник интереса для посетителей, не связанных с туризмом. В конечном итоге геопарки будут изучать особенности региональных разломов, чтобы создать сейсмически значимые объекты и дать объяснение их расположению вдоль сейсмически активных разломов посредством исследования особенностей региональных разломов геопарков.

Геопарки можно сравнивать, используя категории пользователей, такие как туристы, геологи, историки и этнографы, чтобы установить соответствующие категории пользователей. Биологи, биологи и т.д. Для предоставления информации используются интерактивные карты, карты с разными слоями контента (например, туристические объекты, заповедники и туристические объекты). Результат сравнительного анализа представлен в табл. 1.

Таблица 1

Сравнение порталов геопарков по избранным критериям

ПП/п	Название геопарка (сайт, портал)	Регион (страна)	Категории пользователей	Наличие интерактивных карт	Типы слоев на картах	Типы слоев на картах по содержанию	Тип туристических объектов
1	<i>Волжская тропа: Веб-сайт: https://ecotourism.tatar/volgatrail</i>	<i>Россия (Ульяновская область)</i>	Туристы Геологи Историк и Этнографы Биологи	Да	Графический план Территории и Векторный слой	Слой Гидрологии Слой геологических данных	Флора-фауна Водоемы Садовые фигуры

ПП/п	Название геопарка (сайт, портал)	Регион (страна)	Категории пользователей	Наличие интерактивных карт	Типы слоев на картах	Типы слоев на картах по содержанию	Тип туристических объектов
2	Янган ТАУ Веб-сайт: http://geopark-yangantau.ru/o-geoparke/karta-geoparka/	Россия (Республика Башкортостан)	Туристы Геологи Историки	Да	Растровый слой Мозаичный слой Векторный слой Растровый слой	Слой с туристическими объектами Слой гидрологии Слой флоры и фауны Слой краснокнижных видов	Флора-фауна Водоемы Памятники архитектуры
3	Kommunaler Umweltschutz in Bayern	Германия (Бавария)	Туристы Этнографы Биологи	Да	Векторный слой Мозаичный слой Интерактивная легенда	Слой геологических данных Слой гидрологии	Памятники архитектуры Флора-фауна Водоемы

Окончание табл. 1

	Nationaler Geopark Bayern	Германия (Бавария)	Геологи Туристы Этнографы	Да	Растровый слой Мозаичный слой Графический план	Слой с туристическими объектами Слой гидрологии	Флора-фауна Водоемы Садовые фигуры
	Geo Naturpark	Германия (Бавария)	Геологи Биологи Туристы Этнографы	Да	Интерактивная легенда Растровый слой Векторный слой	Слой геологических данных Слой гидрологии	Ландшафт Флора-фауна Водоемы

ПП/п	Название геопарка (сайт, портал)	Регион (страна)	Категории пользователей	Наличие интерактивных карт	Типы слоев на картах	Типы слоев на картах по содержанию	Тип туристических объектов
	Geoportal Bayern		Биологи Геологи Туристы	Да	Растровый слой Векторный слой Интерактивная легенда	Слой с туристическими объектами Слой краснокнижных видов Слой флоры и фауны	Флора и фауна Водоемы Садовые фигуры
	UNESCO Global Geoparks (UGGp)	Международная сеть геопарков	Туристы Историки и Геологи Этнографы Биологи	Да	Мозаичный слой Интерактивная легенда Графический слой (план территории)	Слой гидрологии Слой геологического полиморфизма Слой флоры и фауны	Флора-фауна Ландшафт Садовые фигуры Водоемы Памятник и архитектуры и искусства

Порталы геопарков из разных стран мира были проанализированы и признаны имеющими уникальную историческую значимость, в результате регулярного посещения следующих групп пользователей, почти все из них приобрели уникальное историческое значение из-за частых посещений посетителей:

1. Туристы;
2. Геологи;
3. Историки;
4. Этнографы;
5. Биологи.

Геопарки обладают значимыми параметрами в области перспектив для потенциального развития их инфраструктуры, так как на их территории размещены:

1. Флора-фауна;
2. Ландшафт;

3. Садовые фигуры;
4. Водоемы;
5. Памятники архитектуры и искусства.

На порталах почти всех российских и глобальных геопрков можно найти типы слоев на картах с учетом местности, в том числе:

1. Графический план территории;
2. Векторный слой;
3. Растровый слой;
4. Интерактивная легенда;
5. Мозаичный слой.

Для достижения экономической, экологической и социальной стабильности в горных регионах России туризм должен развиваться в соответствии с природным и этническим разнообразием региона и экологическими факторами горных территорий. Несмотря на необходимость сохранения исключительной природной красоты местности, нынешний политический подход, заключающийся в исключении некоторых природных объектов из освоения и обеспечении соблюдения законодательства об их охране, предполагающего исключение определенных видов деятельности и прав коренных народов, больше не востребован. Геопарки могут быть созданы путем использования опыта иностранных сообществ в рациональном использовании природных объектов и взаимодействии с природой посредством туристической деятельности без ущерба для интересов любой из сторон.

Геопарк может помочь исследовать исключительные природные объекты и сохранить их. Геопарк станет популярным местом для туристов со всей России и мира, центром предпринимательской деятельности. Геопарки, разнообразные и созданные в разных странах, организуют ознакомительные экскурсии; Геоточки являются наиболее важными местами для пояснений, представленных в таблицах. Пешеходы и велосипедисты могут использовать специально созданные маршруты с сопровождающими знаками и картами маршрутов для навигации и определения своих маршрутов.

Библиографический список

1. Волжская тропа [Электронный ресурс] – URL: <https://ecotourism.tatar/volgatrail> (дата обращения: 22.10.23)
2. Янган ТАУ [Электронный ресурс] – URL: <http://geopark-yangantau.ru/o-geoparke/karta-geoparka/> (дата обращения: 22.10.23)
3. Kommunaler Umweltschutz in Bayern - Gewusst wie! [Электронный ресурс] – URL: <https://www.lfu.bayern.de/umweltkommunal/index.htm> (дата обращения: 20.10.23)
4. Nationaler Geopark Bayern [Электронный ресурс] – URL: <https://www.geopark-bayern.de/de/> (дата обращения: 20.10.23)

5. Geo Naturpark [Электронный ресурс] – URL: <https://geo-naturpark.net/bewahren/biologische-vielfalt/> (дата обращения: 22.10.23)

6. Geoportal Bayern [Электронный ресурс] – URL: <https://geoportal.bayern.de/bayernatlas/?topic=ba&catalogNodes=11&lang=de&bgLayer=atkis&layers=e0eddd10-007a-11e0-be74-0000779eba3a,e07c5690-007a-11e0-be74-0000779eba3a&E=603712.15&N=5457622.82&zoom=4> (дата обращения: 21.10.23)

7. UNESCO Global Geoparks (UGGr) [Электронный ресурс] – URL: <https://en.unesco.org/global-geoparks> (дата обращения: 20.10.23)

© Осипенко А.А., 2023

УДК 004

А.И. ХАБИБУЛЛИН, Р.В. ИЛИКБАЕВА

almaz204-2@ya.ru, ilikbaevr@mail.ru

Науч. руковод. – д-р техн. наук, профессор **О.И. ХРИСТОДУЛО**

Уфимский университет науки и технологий

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННО-СПРАВОЧНОЙ ПОДСИСТЕМЫ В СОСТАВЕ ГИС УУНИТ НА ОСНОВЕ СВОБОДНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Аннотация: в данной статье представлен процесс разработки информационно-справочной подсистемы в составе ГИС Уфимского университета науки и технологий. Описаны основные этапы проектирования и разработки информационно-справочной подсистемы. Подсистема разработана с использованием свободного программного обеспечения.

Ключевые слова: геоинформационная система, свободное программное обеспечение, разработка, проектирование, информационная модель, база данных.

Введение

Уфимский университет науки и технологий (далее УУНиТ) является территориально распределенной организацией, образовавшийся в результате объединения двух крупных университетов Республики Башкортостан – Уфимского государственного авиационного технического университета (УГАТУ) и Башкирского государственного университета (БГУ). Поскольку и до объединения университеты представляли собой сложные структуры,

размещенные на территории Республики Башкортостан, то объединение ожидаемо усложнит работу университета: объекты бывшего УГАТУ и БГУ начнут по-новому взаимодействовать друг с другом – поток информации многократно возрастет, поэтому важно, чтобы данные были консолидированы в единой системе [1].

Данную проблему можно решить с помощью геоинформационной системы УУНиТ (ГИС УУНиТ), которая обеспечит эффективное управление хозяйственной и образовательной деятельностью университета, и будет предоставлять полную и достоверную информацию для руководства университета при решении задач снабжения и планирования [2].

ГИС УУНиТ является сложной системой, состоящей из множества подсистем. В данной статье будет рассмотрен процесс разработки одной из подсистем, а именно информационно-справочной подсистемы в составе ГИС УУНиТ.

Постановка задачи

Информационно-справочная подсистема в составе ГИС УУНиТ будет представлять собой единую «точку входа» для всей геоинформационной системы, но помимо этого её пользователи могут получать дополнительную справочную информацию об объектах УУНиТ, размещенных на территории Республики Башкортостан.

Как информационно-справочная система, данная подсистема должна решать следующие задачи:

- Отображение пространственных и атрибутивных данных в масштабе республики Башкортостан. Вывод справочной информации о городах, в которых расположены объекты УУНиТ;

- Отображение пространственных и атрибутивных данных в масштабе города. Вывод справочной информации об объектах УУНиТ, включая учебные заведения (ВУЗы и колледжи), общежития, базы отдыха, а также филиалы университета;

- Осуществление поиска объектов, настройка фильтра отображения объектов и масштабирования;

- Отображение пространственных и атрибутивных данных на уровне зданий и отдельных помещений. Вывод справочной информации о каждом из помещений;

- Хранение информации обо всех пространственных объектах.

На основе решаемых подсистемой задач, был составлен план к разработке:

- Анализ предметной области и целевой аудитории. Подсистема целостно обследуется как готовый программный продукт, которой будет пользоваться целевой пользователь (в первую очередь это пользователи других подсистем – работники, руководители подразделений, преподаватели и гости университета, а потом студенты и абитуриенты);

- Разработка информационной модели базы данных. Создание для каждого уровня масштабирования необходимых картографических слоев в соответствии с информационной моделью;
- Создание базы данных на сервере и выгрузка используемых слоев в качестве таблиц. Наполнение пространственных данных атрибутивной информацией. Создание в СУБД пользователей с разграниченными правами;
- Разработка программного интерфейса пользователя для работы с подсистемой ГИС УУНиТ;
- Разработка эксплуатационной документации и последующий ввод в эксплуатацию.

Проектирование и разработка

Одним из ключевых аспектов проектирования информационно-справочной подсистемы ГИС УУНиТ является выбор архитектуры. Было принято решение использовать двухуровневую архитектуру, которая включает клиентский и серверный уровни [3].

На клиентском уровне осуществляется вся бизнес-логика приложения. Здесь разрабатывается пользовательский интерфейс, позволяющий пользователям взаимодействовать с системой. В данном случае, интерфейс разрабатывается в QtDesigner – инструменте с простым и интуитивно понятным интерфейсом, который позволяет создавать графические элементы приложения с помощью функционального перетаскивания [4].

Для работы с геопространственными данными в информационно-справочной подсистеме в составе ГИС УУНиТ используются библиотеки QGIS. QGIS – это свободно распространяемая геоинформационная система с открытым исходным кодом, предоставляющая обширный набор инструментов для работы с геоданными. Включение библиотек QGIS в разработку позволяет выполнять различные операции с геопространственными данными, такие как отображение карт, анализ пространственных данных и выполнение множества других задач [5].

Кроме того, для хранения данных используется PostgreSQL – мощная и надежная реляционная база данных с открытым исходным кодом. PostgreSQL обладает высокой производительностью и поддерживает широкий спектр функций, что делает его прекрасным выбором для хранения геопространственных данных в ГИС УУНиТ.

В процессе проектирования информационно-справочной подсистемы была разработана информационная модель базы данных (рис. 1). Данная модель позволяет определить структуру и связи между таблицами, необходимых для хранения пространственных и атрибутивных данных. На основе информационной модели были созданы соответствующие таблицы в базе данных PostgreSQL.

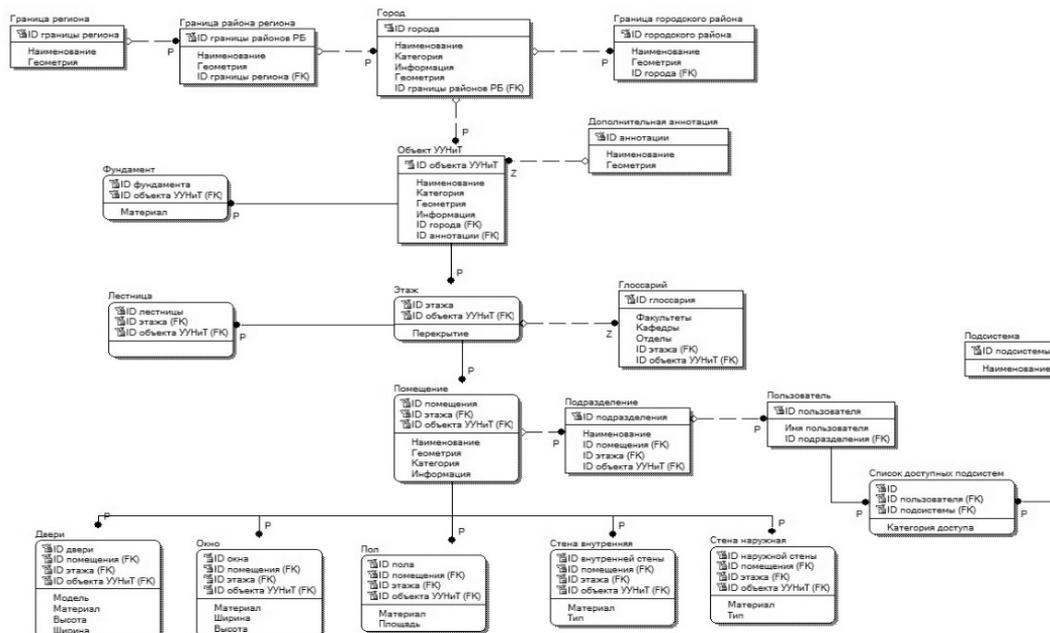


Рисунок 1 – Информационная модель информационно-справочной подсистемы в составе ГИС УУНиТ

Была разработана схема структуры пространственной информации для уровней визуализации на электронных картах. Созданная база данных была загружена на сервер, а пространственные данные были связаны с атрибутивной информацией (рис. 2).



Рисунок 2 – Схема визуализации пространственных данных

В процессе проектирования пользовательского интерфейса были учтены принципы удобства использования и эргономики, чтобы обеспечить интуитивно понятный интерфейс для пользователей системы. Интерфейс информационно-справочной подсистемы в составе ГИС УУНиТ обеспечивает возможность отображения данных на карте в разных масштабах, выполнения поиска объектов и настройки фильтров с целью управления отображением данных (рис. 3).

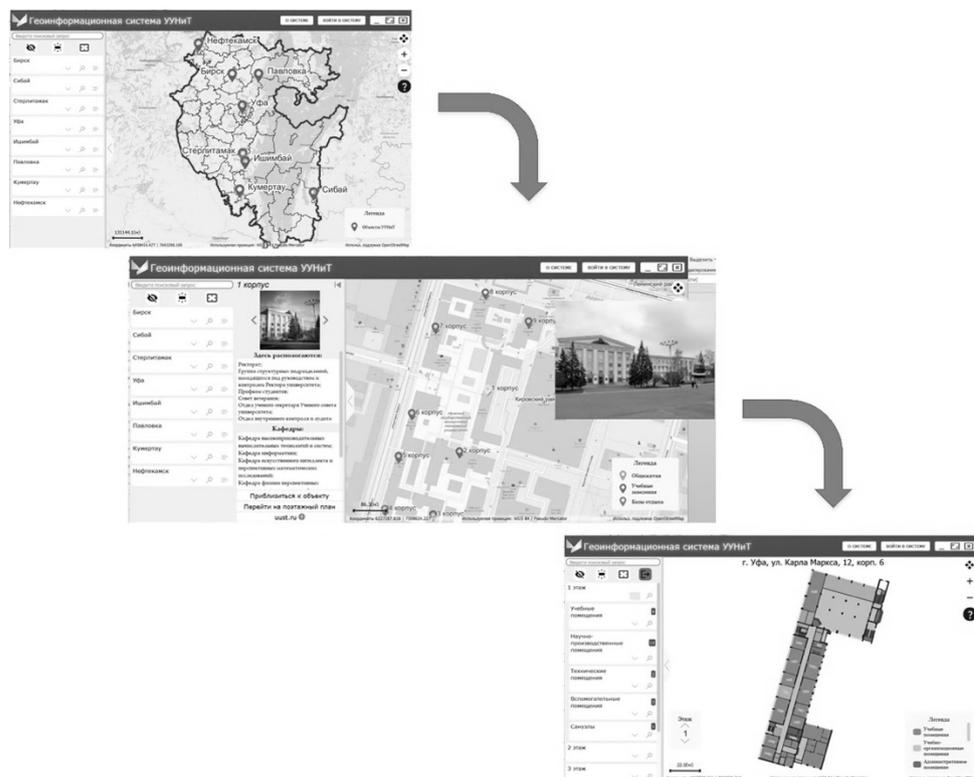


Рисунок 3 – Окна пользовательского интерфейса – 3 уровня детализации объектов УУНиТ

Заключение

Таким образом, создан прототип информационно-справочной подсистемы в составе ГИС УУНиТ, который выполняет основные функции, описанные в постановке задачи:

- Отображение пространственных и атрибутивных данных о населенных пунктах, в которых расположены объекты УУНиТ;
- Отображение пространственных и атрибутивных данных об объектах УУНиТ, включая учебные заведения (ВУЗы и колледжи), общежития, базы отдыха, а также филиалы университета;
- Отображение пространственных и атрибутивных данных о помещениях на поэтажных планах отдельных зданий;
- Осуществление поиска объектов, настройка фильтра отображения объектов и масштабирования;
- Хранение информации обо всех пространственных объектах.

В настоящее время разработка продолжается с целью дальнейшего совершенствования и расширения функциональности. На данный момент ведётся разработка механизма авторизации в смежные подсистемы.

Разработка подсистемы ГИС УУНиТ на базе свободного программного обеспечения однозначно имеет свои преимущества. Во-первых, она позволяет значительно снизить расходы на лицензирование коммерческого ПО. Во-вторых, используемые свободные библиотеки и инструменты обладают широкими функциональными возможностями и позволяют создать на их основе собственную разработку [6].

Таким образом, разработка описанной ранее подсистемы в составе ГИС УУНиТ на основе свободного программного обеспечения представляет перспективное направление, которое сочетает экономическую эффективность, широкие функциональные возможности и возможность активного развития и совершенствования системы.

Библиографический список

1. Olga Khristodulo, Elena Brekotkina, Ramil Gilyazov, Sergey Pavlov, Vladislav Trubin. Intellectual Analysis of Spatial Data for Information Support in Management of Technical Component of Complex Distributed Information Systems // CEUR Workshop Proceedings. Vol. 3027. – CEUR Workshop, 2021. – Pp. 1038-1045. (DOI: 10.20948/graphicon-2021-3027-1038-1045).

2. Olga Khristodulo, Artur Gizatullin, Andrey Ivantsov, Alexander Pavlov, Sergey Pavlov. Early Detection and Prediction of Some Threats in Complex Distributed Systems Based on Data Mining// CEUR Workshop Proceedings. Vol. 3027. – CEUR Workshop, 2021. – Pp. 1046-1052. (DOI: 10.20948/graphicon-2021-3027-1046-1052).

3. Основы проектирования информационных систем / Коцюба И.Ю., Чунаев А.В., Шиков А.Н. – СПб.: Университет ИТМО, 2015. – 56 с.

3. Python 3 и PyQt 5 Разработка приложений. Н.А. Прохоренок, В.А. Дронов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2017 – 832 с.

4. Документация QGIS [Электронный ресурс]. 2013 https://docs.qgis.org/1.8/ru/docs/user_manual/plugins/plugins.htm (дата обращения: 09.06.2023)

5. Хабибуллин А.И., Шарапов А.Ф. Проблематика использования свободных и проприетарных ПО для разработки геоинформационных систем на примере ARCGIS И QGIS // Информационные технологии в экономике: материалы II Международной научно-практической Интернет-конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. - Луганск: Изд-во ЛГУ им. В. Даля, 2023. - С. 235-237.

© Хабибуллин А.И., 2023

В.И. ЯСАКОВ, А.А. МУЛЛАГУЛОВ, А.А. АМИРОВ

yasakov.vladislav@yandex.ru, aigiz.mullagulov@mail.ru, simle.ru@mail.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доцент **А.Ф. АТНАБАЕВ**

Уфимский университет науки и технологий

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА ПРОЦЕССА ОБСЛУЖИВАНИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ КОММУНИКАЦИЙ НА ОСНОВЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

Аннотация: в статье рассматривается применение геоинформационных технологий для проектирования цифровых двойников инженерных коммуникаций на примере тепловых сетей ВУЗ городка. Приводятся исследования и проекты успешного использования цифровых двойников теплосетей. Рассматриваются принципы и подходы к цифровизации теплосети университета с использованием ГИС–технологий. Предлагается технология создания цифрового двойника.

Ключевые слова: ГИС-технологии; цифровой двойник; тепловая сеть; 3D модель; кампус.

В современном мире от использования и внедрение инновационных технологий зависит развитие любого предприятия/организации, в том числе и высших учебных заведений (ВУЗ). Правительство РФ выделяет значительное внимание и средства для развития ВУЗов по всей стране. Так, например, успешно внедряется программа «Приоритет 2030». Одним из направлений развития ВУЗа в целом является цифровизация бизнес-процесса, ориентированная на улучшение управления и обслуживания инженерных коммуникаций, поэтому авторы предлагают автоматизировать одну из повседневных задач, решаемых в ВУЗе, а именно обслуживание инженерных коммуникаций с целью повышения эффективности обслуживания сложной инженерной инфраструктуры за счет создания цифровых двойников теплосети.

Большинство университетов России представляют собой учреждения с обширными территориями и Уфимский университет науки и технологий (далее университет или УУНиТ) не является исключением. Университет состоит из двадцати учебных и административных корпусов, а также, имеет свой уникальный кампус, который является не только местом обучения, но также представляет собой пространство, где «кипит» активность студентов, преподавателей и сотрудников университета.

Термин кампус раскрывает комплекс сооружений, находящихся на этой территории. К прилегающей территории университета можно отнести не только здания и сооружения, но обширную сложную инженерную инфраструктуру, которая в свою очередь, подразделяется на внутренние и наружные инженерные

сети. При решении повседневных задач, специалисты в этой сфере деятельности обладают опытом и знаниями, но эти знания остаются на бумаге или в уме экспертов, не обеспечивая доступ к полной и наглядной информации, что в свою очередь, снижает эффективность обслуживания инженерных коммуникаций. Поэтому коллектив авторов предлагает обновленный подход – создание цифровых двойников инженерных коммуникаций на базе ГИС–технологий. Цифровой двойник – это виртуальная модель, которая предназначена для отображения реального физического объекта, системы или процесса. Такой подход позволит оптимизировать управление ресурсами, чтобы повысить общую эффективность работы.

Методы цифрового моделирования предлагают ценный подход к пониманию производительности и поведения тепловых сетей. Они позволяют осуществлять предиктивное обслуживание, обнаруживая аномалии, прогнозируя отказы и планируя ремонт или замену.

Практический опыт применения цифровых моделей тепловых сетей по всей стране подтверждает, что решаемые задачи являются актуальными. К примеру, в городе Екатеринбург создали цифрового двойника системы теплоснабжения. Проект охватывает сетевую инфраструктуру, генерирующие объекты, сбытовую и административную деятельность [1]. В национальном исследовательском университете «МЭИ» в программе научных исследований «Цифровая энергетика» был создан проект «Цифровой двойник тепловой сети», который является основой цифровой трансформации тепловой энергетики. Применение «цифрового двойника» повысило качество поставляемых ресурсов, снизило число повреждений тепловых сетей на 10% и тепловые потери на 1,5%. [2] Также, использование цифрового двойника и моделированной симуляции в качестве функции приспособленности для эволюционного алгоритма, направленного на оптимизацию промышленных процессов большого масштаба было проведено на примере тепловой сети в городе Эспоо, Финляндия [3].

Создание цифрового двойника основывается на использовании векторных данных, которые содержат в себе точные и полные пространственно-распределенные данные. В ГИС–системах такой основой являются различные слои данных, включая векторные и растровые. Такие элементы являются фундаментальными для создания моделей, которые формируют основу тепловой сети. Основным источником данных для создания цифрового двойника тепловых сетей является проектная документация, инженерные чертежи, планы, схемы и генпланы. Эти документы содержат важную информацию о планировке, размерах тепловых сетей и используя эти данные, можно создать цифровое представление тепловой сети.

На первом этапе процесса создания цифровых двойников осуществляется сбор и обобщение исходных данных. Требуется разработка разнообразных проекций исследуемого объекта, способных передать как его внешний облик, так и внутреннюю структуру теплосети. Помимо этого, необходимо использовать визуальные представления теплосети и всех ее компонентов, включая схемы и диаграммы. Для успешного достижения поставленных задач незаменимыми

источниками информации будут технические чертежи, технические паспорта и другие связанные материалы, содержащие подробную информацию о характеристиках и параметрах теплосети.

Пример документации по объекту теплоснабжения кампуса, имеющего необходимые сведения для создания цифрового двойника представлен на рисунке 1 и 2.

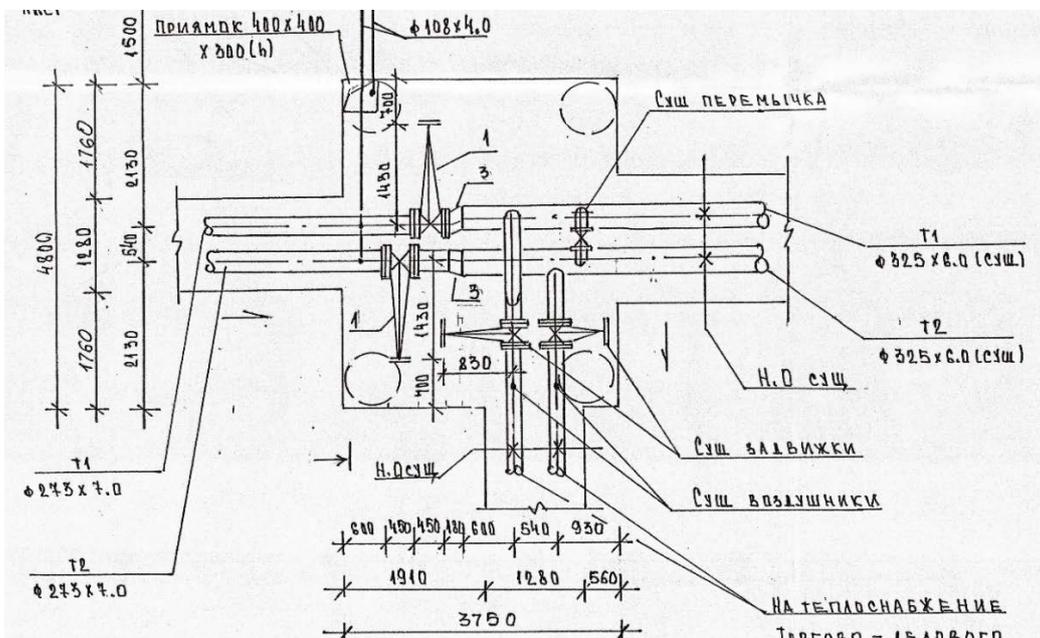


Рис. 1. План-карта тепловой камеры

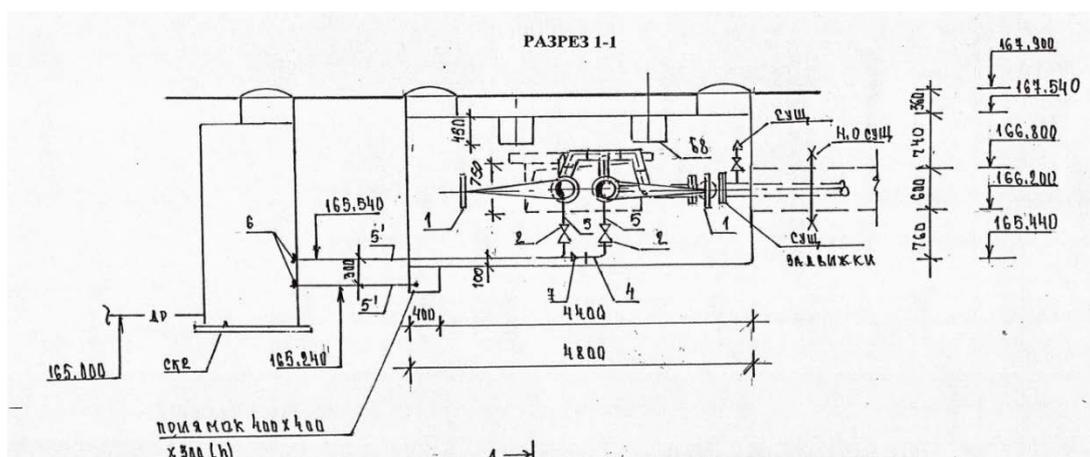


Рис. 2. Профиль тепловой камеры

На следующем шаге необходимо векторизовать теплосеть и её составляющие. Процесс оцифровки, включает преобразование собранных растровых изображений в двухмерную цифровую модель с помощью ГИС-технологий. В ходе тщательного анализа тепловые камеры были изучены для выявления

ошибок или несоответствий с целью достижения точного цифрового воплощения реальных тепловых камер. Результаты процесса векторизации показаны на рисунках 3–4.

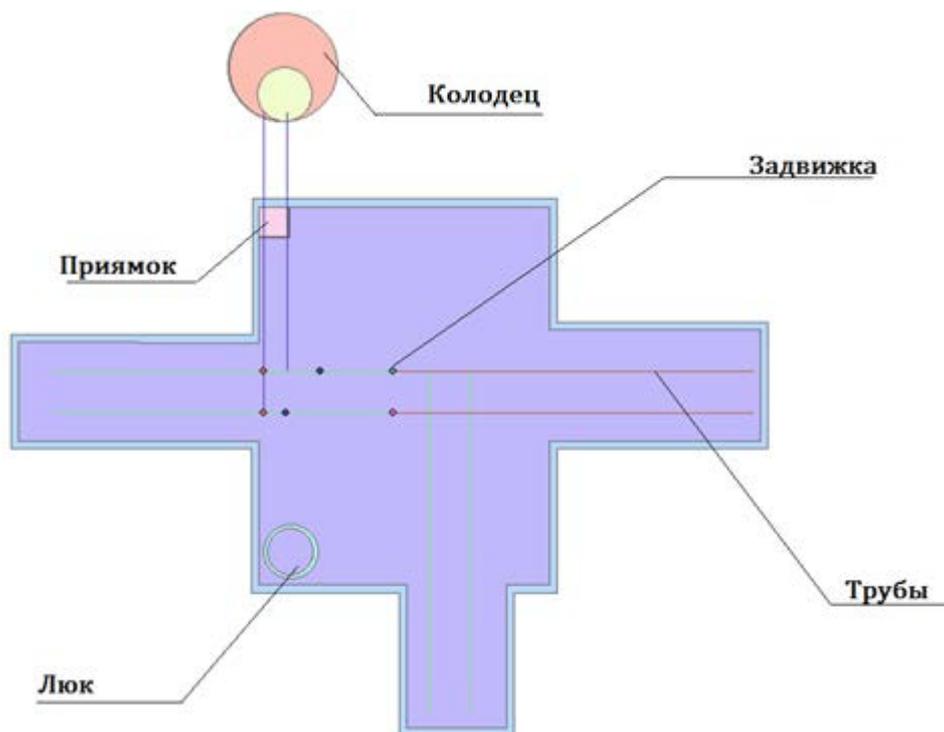


Рис. 3. Объекты теплокамеры в векторном формате (плоская карта в 2D представлении)

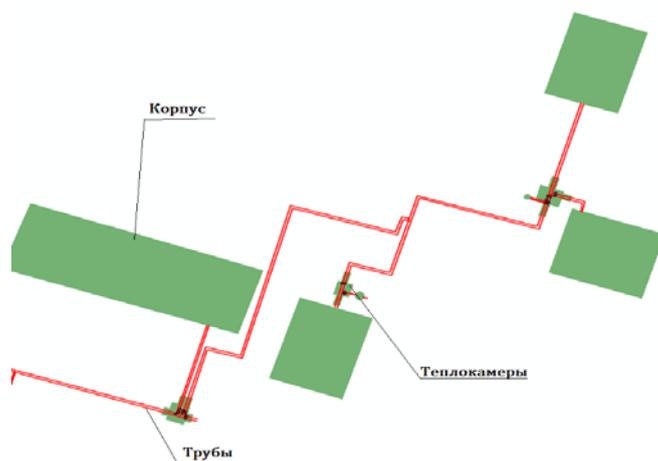


Рис. 4. Фрагмент оцифрованной теплосети ВУЗ городка

Таким образом, полученный результат в 2D представлении позволяет решать такие задачи как планирование и разработка систем теплоснабжения, а также мониторинг теплосети, но она не может отражать всей сложности тепловой сети. И чтобы решить данную проблему, предлагается дополнить Z-координату у 2D карты, после чего получится 3D модель. Благодаря Z-составляющей 3D модель обеспечивает полное представление тепловой сети,

включая информацию о высоты и вертикальных связях между различными компонентами.

Переход к 3D представлению позволил получить более реалистичное отображение тепловой сети. Кроме того, трубы в модели были отображены объемно, что улучшило их визуальный вид и обеспечило более реалистичное изображение сети.

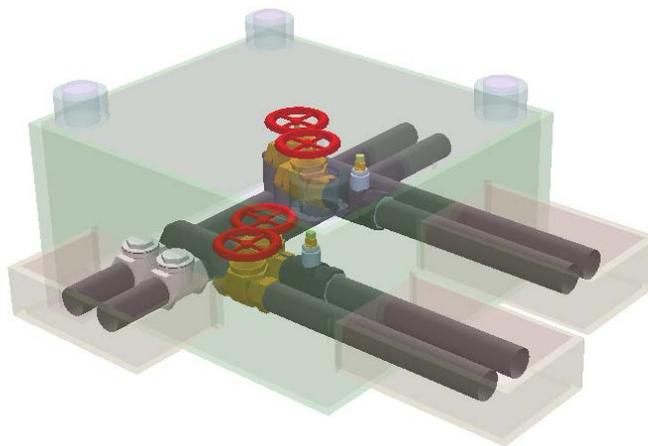


Рис. 5. Цифровой двойник теплокамеры

Использование геоинформационных технологий и переход к трехмерному представлению тепловых сетей позволяют создать более точные и реалистичные цифровые двойники инженерных коммуникаций. Это предоставляет возможность более эффективно планировать, разрабатывать системы теплоснабжения. Эти инновации существенно способствуют оптимизации управления ресурсами и повышению общей эффективности работы инженерных коммуникаций, что важно для современных учебных заведений.

Библиографический список

1. EANews.ru. (2020, 14 декабря). В Екатеринбурге создали цифрового двойника системы теплоснабжения. [Электронный ресурс]. – URL: [https://eanews.ru/news/v-yekaterinburge-sozdali-tsifrovogo-dvoynika-sistemy-teplosnabzheniya_14-12-2020]. (дата обращения: 08.06.2023)
2. Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт» (НИУ «МЭУ»): Программа «Цифровая энергетика» /2018-2020, Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт» (НИУ «МЭУ») – URL: [https://mpei.ru/Structure/managementpersonnel/cir/Documents/concept-rni.pdf]. (дата обращения: 08.06.2023)
3. Маттео Поцци, Ян Эрик Торсен, Одгейр Гудмундссон, Анна Маршал-Помяновска, Пер Гейзельберг, Стин Шелле Йенсен, Ард де Реус, Мишель де Конинг. ЦИФРОВИЗАЦИЯ В СИСТЕМАХ ЦЕНТРАЛЬНОГО ОТОПЛЕНИЯ И ОХЛАЖДЕНИЯ. [Электронный ресурс]. – URL: [https://www.euroheat.org/static/b1707824-47b5-46c1-

- 8accef5d236c04b2/DHC-Report-on-Digitalisation-in-DHC-systems.pdf] (дата обращения: 08.06.2023).
4. Миро Эклунд, Сеппо А. Сирла, Ханну Ниемистё, Тимо Корвола, Юни Саволайнен, Томми А. Кархела. Использование цифрового двойника в качестве целевой функции для применения эволюционных алгоритмов в крупномасштабных промышленных процессах. [Электронный ресурс]. – URL: [<https://ieeexplore.ieee.org/document/10064259>] (дата обращения: 08.06.2023).
 5. Кристофер Херманссон, Кристофер Кос. Построение и моделирование динамических моделей тепловых сетей с использованием Modelica и использование Matlab для обработки данных и автоматизации моделирования и симуляции. [Электронный ресурс]. – URL: [<https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1124448/FULLTEXT01.pdf>] (дата обращения: 08.06.2023).
 6. Виктор Адетунджи Аровойя, Роберт Кристиан Молер, Йихай Фанг. Технология цифрового двойника для комфорта и энергоэффективности в зданиях: современное состояние и перспективы. [Электронный ресурс]. – URL: [<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666123323000314>] (дата обращения: 08.06.2023).
 7. Кузнецов О.В., Леонов А.Л., Наумов С.В. ГИС в городском планировании и моделировании //ArcReview. – 2001. – № 3. – С. 12–20.

© Ясаков В.И., 2023

СЕКЦИЯ 5.6. АНАЛИЗ, ОБРАБОТКА И МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ

УДК 004.000

Д.Р. АСАДУЛЛИН, Е.К. МАРТЫШКО

02020den02020@mail.ru, pypson-78@yandex.ru

Науч. руковод. – старший преподаватель **С.Ю. МАКАРОВА**

Уфимский университет науки и технологий

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ РАЗМЕЩЕНИЯ КАМЕРЫ В ПОМЕЩЕНИЯХ И УПРАВЛЕНИЯ ИМИ

Аннотация: статья описывает перспективы использования нейронной сети в сфере видеонаблюдения, помощь в организации размещения камер и их управления.

Ключевые слова: видеонаблюдение, нейронная сеть, безопасность, оптимизация.

Современные технологии играют все более важную роль в повседневной жизни людей. Одним из таких нововведений является использование нейронных сетей для различных задач, таких как размещение камер в помещениях. Эта технология обладает большим потенциалом и имеет много преимуществ перед традиционными методами.

Сначала давайте дадим краткий обзор того, что такое нейронная сеть. Нейронные сети - это алгоритмы, имитирующие работу человеческого мозга. Он состоит из большого количества соединенных "нейронов", которые могут обрабатывать информацию и выполнять различные вычисления. Модели нейронных сетей составляются на основе имеющихся данных и используются для решения конкретных задач.

Одной из этих задач является размещение камеры в помещениях. Ранее эта задача требовала значительных усилий и времени от операторов систем видеонаблюдения, которым приходилось руководствоваться опытом и интуицией при выборе наилучшего места для установки камеры. Основной проблемой при ручном размещении камер является сложность учета всех факторов: освещения, расположения предметов интерьера, желаемой зоны охвата и даже эстетического вида установки.

Нейронные сети теперь могут автоматизировать этот процесс. Одним из главных преимуществ использования нейронных сетей в данной задаче является способность модели учитывать сложные взаимодействия между различными факторами. При размещении камеры вручную часто бывает трудно учесть все возможные варианты и комбинации параметров помещения. Нейронные сети могут обрабатывать огромные объемы информации и принимать решения на основе полученных данных, делая процесс размещения камер более точным и эффективным.

Кроме того, позиционирование камер с помощью нейронной сети может сэкономить много времени и ресурсов. Традиционный метод требует большой работы от оператора системы видеонаблюдения, что требует анализа многих факторов. Это может занять большое количество времени и требовать дополнительных ресурсов. Нейронные сети могут выполнять эту задачу автоматически и быстро, оптимизируя рабочий процесс и повышая производительность всей системы видеонаблюдения.

Кроме того, нейронные сети позволяют создавать адаптивные системы видеонаблюдения. Обученная модель может автоматически анализировать данные, полученные с камер, и обнаруживать аномалии и опасную ситуацию. Нейронные сети также могут помочь решить проблемы ложной тревоги. Они способны отличать реальные угрозы от случайных событий и шумовых факторов, таких как проход животных и сквозняки, что может значительно сэкономить время и ресурсы системного оператора. Основываясь на этой информации, оператор системы видеонаблюдения может быстро принять соответствующие меры по устранению угрозы или вызвать службу безопасности.

Еще одним плюсом является возможность использовать нейронные сети для обнаружения признаков пожара или дыма. Модель может анализировать видеопотоки и реагировать на подозрительные изменения в окружающей среде, такие как быстрый рост потоков, образующих дым, или появление пламени. Такая система может автоматически запустить систему пожаротушения или вызвать службу пожарной безопасности для быстрого реагирования.

Однако обратите внимание, что, хотя использование нейронной сети для размещения камеры в помещении имеет много преимуществ, существуют и определенные ограничения. Во-первых, для обучения нейронных сетей необходим большой объем данных, что может быть затруднительно в случае уникальных или плохо изученных типов объектов. Во-вторых, нейронные сети подвержены ошибкам и ложным срабатываниям и могут требовать постоянного мониторинга со стороны системных операторов.

Тем не менее, учитывая все ограничения и возможности, использование нейронных сетей для обеспечения безопасности объектов является перспективным направлением развития. Это не только повышает эффективность и точность систем видеонаблюдения, но и может принести значительные выгоды в виде повышения качества защиты людей и имущества от возможных угроз и чрезвычайных ситуаций и уменьшение стоимости установки и обслуживания видеонаблюдения.

В заключение, мы можем сказать, что использование нейронных сетей в сфере видеонаблюдения имеет целый ряд преимуществ. Таких как: повышение эффективности видеонаблюдения, повышение уровня безопасности, уменьшение затрат ресурсов. Но при этом существуют осложнения в виде: требования большого объема ресурсов и данных для обучения рабочей модели, необходимости обучения квалифицированных сотрудников для выявления и фильтрации ошибок в работе нейронной сети.

Библиографический список

1. Ростовцев, В.С. Искусственные нейронные сети / В.С. Ростовцев. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2023. – 216 с.

2. Рыжова, В.А. Интеллектуальные системы видеонаблюдения: учебное пособие / В.А. Рыжова, С.Н. Ярышев, В.В. Коротаев; составитель А.А. Иванов; под редакцией В.Б. Петрова; перевод с английского Л.Ю. Некрасова. – Санкт-Петербург: НИУ ИТМО, 2021. – 107 с.

3. Данилов, В. Нейронные сети: учебное пособие / В.В. Данилов – Донецк: ДонНУ, 2020. – 158 с.

© Асадуллин Д.Р., Мартышко Е.К., 2023

К.В. ГИЛЬВАНОВ

gkarimv@gmail.com

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доцент каф. ГИС **А.В. СОКОЛОВА**

Уфимский университет науки и технологий

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПОИСКОВО-СПАСАТЕЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЙ

Аннотация: целью статьи является анализ возможности геоинформационных систем для проведения поисково-спасательных операций. В статье рассматриваются ключевые этапы и методы поисково-спасательных операций, которые могут быть решены в ГИС.

Ключевые слова: поисково-спасательная операция, геоинформационные системы, зона поиска, оптимальные маршруты.

Введение

Поисково-спасательная операция – это мероприятие, направленное на поиск и спасение людей, находящихся в опасности в результате природных катастроф или других происшествий. Геоинформационные системы могут быть применимы в проведении поисково-спасательной операции, предоставляя информацию о местоположении людей с помощью карты местности, на которой отображены объекты и препятствия, влияющие на поиск и спасение людей. Использование геоинформационных систем в поисково-спасательных операциях людей имеет высокую актуальность. Они помогают определить оптимальные маршруты для поисковой группы. Кроме того, они позволяют учитывать особенности местности, что также важно при поиске людей в дикой местности [1]. Дикая местность – это территория, подверженная естественным процессам и мало тронутая человеком [5]. Дикая местность может включать в себя леса, горы, болота и другие природные экосистемы. В таких местах отсутствует промышленная инфраструктура, города и сельское хозяйство.

На основании деятельности организации «Объединение добровольных спасателей «Экстремум»» (СПб РОО «ОДС «Экстремум»») было выявлена зависимость количества спасенных людей от мест их обнаружения. По результатам её работы определены наиболее частые места обнаружения спасенных людей. Все они относятся к природным или техногенным объектам, которые можно отобразить и проанализировать средствами ГИС. На рисунке 1 представлена диаграмма, показывающая соотношение количества спасенных людей и мест обнаружения [4].



Рисунок 1. Процентное соотношение количества найденных людей к месту, где они были найдены

Этапы проведения поисково-спасательных операций в дикой местности

При проведении поисково-спасательных операций, различные организации, занимающиеся поиском людей в дикой местности, имеют определенный план действий, который можно описать в виде алгоритма [3].

Последовательность поисково-спасательной операции людей в дикой местности включает в себя следующие шаги:

1. Определение зоны поиска. Необходимо определить зону, в которой может находиться пропавший человек. Для определения области поиска можно использовать 4 метода, которые обычно применяются в указанном порядке:

- a. Теоретическая область поиска – это возможное расстояние, на котором субъект мог бы пройти от IPP - Initial Planning Point (Начальная точка планирования), если бы субъект мог двигаться в любом направлении, не подвергаясь препятствиям со стороны местности. В данном случае IPP обозначает последнее известное местоположение без вести пропавшего человека.
- b. Статистическая область поиска – это расстояние, основанная на данных, полученных из предыдущих инцидентов.
- c. Субъективные факторы учитывает факторы, существующие для конкретного происшествия и места. Факторы могут включать местность и условия окружающей среды.
- d. Дедуктивное рассуждение – это метод, который учитывает характер, предпочтения или цели потерявшегося без вести человека.

2. Организация поисковой группы. Необходимо организовать группу спасателей, которые будут искать пропавшего человека. Группа должна быть достаточно большой и хорошо обученной, чтобы эффективно искать в дикой местности.

3. Сегментация области поиска. Разделение области основана на анализе местности и учете активности потерявшегося человека и прогнозируемого поведения. После сегментаций каждой области присваивается значение вероятности, что субъект находится в данном сегменте.

4. Определение оптимальных маршрутов для поисковой группы. Геоинформационные системы позволяют определить оптимальные маршруты для поисковой группы, учитывая топографию местности и другие факторы.

5. Проведение поиска. Поисковая группа должна провести поиск в зоне, где может находиться пропавший человек, используя оптимальные маршруты и другие методы поиска.

6. Оценка результатов. После проведения поиска необходимо оценить результаты и решить, нужно ли продолжать операцию или изменить стратегию поиска.

К главным критериям, влияющие на вероятность местонахождения объекта поиска можно отнести топографию местности, состояние погоды и время суток, наличие свидетелей и их показаний, возрастная категория человека.

Анализ возможностей ГИС при проведении поисково-спасательных операций

Часть этапов поисково-спасательной операции могут быть осуществлены с помощью геоинформационных систем. Например, для определения зоны поиска человека в дикой местности могут использоваться топографические карты или спутниковые снимки, данные о растительности или геологии. Эти данные могут быть использованы для создания цифровой модели местности [6], которая будет отображать высотные различия и рельеф местности. Они позволяют определить наиболее вероятные места, где человек может находиться. Например, если человек потерялся в горах, знание того, где находятся крутые склоны, опасные участки и водные преграды, может помочь определить возможное местонахождение человека.

ГИС также позволяет использовать алгоритмы кластеризации. В отличие от классификации, кластеризация позволяет группировать объекты на основе их сходства между собой, а не по заданным правилам или алгоритмам, которые могут быть неприменимы, когда нет предварительных знаний о данных. Алгоритм кластеризации может разделить область поиска на несколько сегментов на основе различных факторов, таких как доступность воды и пищи, наличие укрытий и территории, которую человек мог бы пройти за определенный период времени. Это позволит поисковым командам создать оптимальные маршруты и более эффективно организовать поиск, сконцентрировав усилия на наиболее вероятных местах, где человек мог бы находиться.

Также ГИС может использовать GPS для определения местоположения человека, который нуждается в помощи. Это позволяет определить расстояние до него и оптимизировать маршруты поиска. Кроме того, GPS может использоваться для фиксации последнего известного местоположения при отсутствии связи.

Заключение

Таким образом, использование геоинформационных систем в поисково-спасательной операции людей в дикой местности позволяет определить вероятное местоположение пропавшего человека и оптимальные маршруты для поисковой группы за счет использования созданных цифровых моделей местности, сегментации области поиска и использования GPS.

Библиографический список

1. Position Tracking and GIS in Search and Rescue Operations // [intechopen.com URL: https://www.intechopen.com/chapters/60146](https://www.intechopen.com/chapters/60146)
2. Информационно-аналитические модели и алгоритмы поддержки управления поисково-спасательными операциями в природной среде: Диссертация / Н.Г. Топольский – Москва: АГПС, 2019.
3. Кен Филлипс Wilderness Search Strategy and Tactics// Wilderness & Environmental Medicine: 2014. – 10с.
4. Береснев, Д.С. Проблема организации мониторинга арктической зоны российской федерации / Д.С. Береснев // Материалы 3-й международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Проблемы техносферной безопасности – 2014». Москва, 2014 – С. 138-139.
5. Словари и энциклопедии на Академикe // [academic.ru URL: https://geography_ru.academic.ru/2067/дикая_местность](https://geography_ru.academic.ru/2067/дикая_местность)
6. ГОСТ Р 52439-2005 (ISO 19110:2004). Национальный стандарт Российской Федерации. Модели местности цифровые. Каталог объектов местности. Требования к составу. (утв. и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28 декабря 2005 г. N 424-ст) // Модели местности цифровые: сб.Гостов. – М.: ИПК Национальный стандарт РФ, 2005.

© Гильванов К.В., 2023

УДК 004.946

Р.А. ДАУТОВ

dautov.radim@inbox.ru

Науч.руковод. – ассистент **В.Д. ТРУБИН**

Уфимский университет науки и технологий

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ГЕОДЕЗИЯ: ИНТЕГРАЦИЯ ДАННЫХ ДЛЯ ТОЧНОЙ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ИНФОРМАЦИИ

Аннотация: В статье рассматривается вопрос важности геодезии в ГИС. Автор описывает, какие задачи решаются на основе геодезических данных и какую роль играет геодезия в ГИС.

Ключевые слова: геоинформационная система, геодезия, интеграция данных, пространственные данные.

Введение

Геоинформационные системы (ГИС) и геодезия являются важными инструментами, используемыми для сбора, обработки и анализа пространственных данных. Интеграция этих двух дисциплин позволяет создавать точные и надежные пространственные информационные системы, которые находят свое применение в различных областях, таких как строительство, транспорт, градостроительство, экология и другие.

Цель данной статьи – рассмотреть, как геоинформационные системы и геодезия взаимодействуют друг с другом и какая роль у них в интеграции данных для получения точной пространственной информации, и каким образом они могут поспособствовать эффективному управлению ресурсами.

Примеры применения ГИС в разных областях и их роль в решении проблем с пространственной природой

1. Экологический мониторинг и охрана окружающей среды;
2. Градостроительство и планирование территории;
3. Сельское хозяйство и земледелие;
4. Геология и геофизика.

Это лишь некоторые примеры применения ГИС в разных областях. В итоге ГИС помогают улучшить устойчивость и управление пространственными природными ресурсами.

На рынке существует множество программных продуктов для моделирования локальных сетей, каждый из которых имеет свои особенности и преимущества. Рассмотрим несколько наиболее популярных решений:

Основы геодезии и ее взаимосвязь с ГИС

Определение геодезии и ее роль в измерении и определении географических координат точек на Земле.

Геодезия – это наука и практика, занимающаяся определением географических координат точек на Земле, включая их широту, долготу и высоту над уровнем моря.

Какие данные собирают геодезисты и как они используются в ГИС.

Геодезисты собирают данные о географических координатах точек на Земле, используя различные инструменты и техники. Они также могут проводить измерения расстояний, высотности, наклона и других характеристик местности.

Примеры инструментов и методов геодезии, используемых в ГИС, таких как глобальное позиционирование (GPS) и системы определения местоположения (LIDAR).

Геодезические инструменты и методы, используемые в ГИС, включают:

- Глобальное позиционирование (GPS)
- Системы определения местоположения (LIDAR)
- Дистанционное зондирование
- Теодолиты и тахеометры
- Инерциальные навигационные системы (ИНС)
- Методы обработки данных

Обработка данных: как собранные данные обрабатываются, фильтруются и преобразуются в формат, пригодный для использования в ГИС.

Преобразование данных в формат, пригодный для использования в ГИС, может включать преобразование координат в соответствии с выбранной геодезической системой или проекцией картографической проекции. Это позволяет корректно интерпретировать и визуализировать данные на карте или в ГИС.

Фильтрация данных может включать удаление выбросов, аномалий и шума, которые могут возникнуть в результате погрешностей измерений или других факторов. Она позволяет получить более чистые и надежные данные. Очищенные и преобразованные данные обеспечивают более точные и надежные результаты в ГИС.

Анализ данных: как интегрированные данные используются для различных аналитических задач, таких как картографирование, моделирование и прогнозирование.

Интегрированные данные в геоинформационных системах (ГИС) играют важную роль в различных аналитических задачах, таких как картографирование, моделирование и прогнозирование. Вот некоторые примеры их использования:

1. Картографирование: Интегрированные данные в ГИС используются для создания карт с различными тематическими слоями.
2. Моделирование: Интегрированные данные в ГИС могут быть использованы для создания пространственных моделей, которые описывают взаимодействия и процессы на местности.
3. Прогнозирование: Интегрированные данные в ГИС могут быть использованы для выполнения пространственного анализа и прогнозирования будущих событий и трендов.

Все это позволяет ГИС использовать интегрированные данные для глубокого анализа, принятия обоснованных решений и понимания пространственных взаимосвязей и закономерностей.

Примеры применения интегрированных геоинформационных систем в реальных проектах

Использование ГИС и геодезии для планирования и контроля строительства.

В 2010 году стартовал проект создания Инновационного центра «Сколково» и была начата разработка географической информационной системы Центра.

Для создания геоинформационной системы Сколково, выбрали программную платформу ArcGIS компании Esri и закупили необходимое ПО. База пространственных данных ГИС Сколково актуализирует информацию на всех этапах его существования, включая проектные решения, документацию по организации строительства и пространственные данные, которые упоминались ранее.

Применение ГИС и геодезических данных для определения маршрутов транспортировки и планирования инфраструктуры.

Среди Российских продуктов можно выделить ГИС «Циклон». Она используется для решения многих задач таких как, планирование, проектирование, строительство, эксплуатация, мониторинг передвижения, управление автоперевозками и парками транспортных средств.

Роль ГИС и геодезии в экологическом мониторинге и охране природы.

Применение ГИС-технологий в экологическом мониторинге можно рассмотреть на примерах программных комплексов «Планета» — ведущей организации России по эксплуатации и развитию космических систем наблюдения Земли и мониторинга окружающей среды. «Планета» создала и внедрила в практику более 40 специализированных программных комплексов, предназначенных для решения задач гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды, такие как PlanetaMonitoring, CO2-ИНКФС-2, PlanetaMultisat, ГИС Амур.

Интеграция геоинформационных систем и геодезии полезна во многих аспектах и областях жизни. Вот несколько примеров:

1. Навигация и путешествия: Интеграция ГИС и геодезии позволяет людям определить и найти оптимальные маршруты, получить навигационные указания и избежать пробок. Это помогает экономить время и ресурсы во время перемещений, а также повышает удобство и комфорт путешествий.
2. Планирование и прогнозирование: ГИС и геодезия предоставляют инструменты для планирования, прогнозирования и принятия решений.

Они помогают людям определить подходящие места для строительства, размещения инфраструктуры, оценить возможные риски и последствия различных решений.

3. **Безопасность и кризисное управление:** Интеграция ГИС и геодезии позволяет эффективно управлять кризисными ситуациями, такими как наводнения, лесные пожары или природные катастрофы. Они обеспечивают точную пространственную информацию и помогают в организации эвакуации, планировании спасательных операций и уменьшении риска для жизни и здоровья людей.
4. **Устойчивое использование ресурсов:** Интеграция ГИС и геодезии помогает в устойчивом использовании природных ресурсов. Они позволяют оценить состояние и изменения экосистем, отслеживать загрязнение окружающей среды и контролировать использование земельных ресурсов. Это помогает сберечь природу, планировать землепользование и принимать меры по устойчивому развитию.
5. **Улучшение качества жизни:** Интеграция ГИС и геодезии вносит значительный вклад в облегчение повседневной жизни людей. Она предоставляет более точную информацию о местоположении объектов и услуг, позволяет находить ближайшие магазины, рестораны, медицинские учреждения и другие объекты, а также помогает в организации услуг доставки и мобильных приложений.

Заключение

Благодаря интеграции геоинформационных систем и геодезии, можно получать точную пространственную информацию, которая необходима в различных сферах деятельности. Точные пространственные данные, в свою очередь, помогают делать более информированные решения и эффективно управлять ресурсами. Интеграция ГИС и геодезии обеспечивает мощный инструментарий для улучшения качества жизни людей, повышения удобства и безопасности перемещений, планирования и принятия обоснованных решений. Они остаются важными и развивающимися областями, которые продолжают играть ключевую роль в будущем.

Библиографический список

1. Геоинформационные системы / Р.В. Ковин, Н.Г. Марков. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 175 с.
2. Багратуни Г.В. Инженерная геодезия: учебник для вузов / Багратуни Г.В., Ганьшин В.И., Данилевич Б.Б. и др. 3-е изд., перераб.и доп. М., Недра, 2018. – 344 с.

3. Авакян В.В. Прикладная геодезия. Технологии инженерно-геодезических работ. Учебник. – М.: Инфра-Инженерия, 2019. – 616 с.
4. Колесенков, А.Н. Современные подходы к обработке данных при построении геоинформационных систем экологического мониторинга / А.Н. Колесенков // Известия ТулГУ. Технологические науки. – 2016 – № 9. – С. 104.
5. Милехин О.Е. Применение спутниковой информации для решения задач гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды. / О.Е. Милехин, А.Б. Успенский, В.И. Соловьев. – 1. – Москва: НИЦ «Планета», 2020. – 66 с.
6. Геоинформационная система «Циклон» - <https://cyclonegis.ru>
7. Хаустов, А.П. Экологический мониторинг: учебник / А.П. Хаустов, М.М. Редина. – 1. – Москва: Юрайт, 2019. – 489 с.

© Даутов Р.А., 2023

УДК 004.00.000

А.Р. ИСМАГИЛОВ

ismagilovainaz@bk.ru

Науч. руковод. - старший преподаватель **С.Ю. МАКАРОВА**

Уфимский университет наук и технологий

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

Аннотация: статья описывает процесс применения искусственного интеллекта в геоинформационных системах. В перспективе система позволит упростить процесс анализа данных, учета и хранения, а также повысить автоматизацию процессов. В статье описываются функциональные возможности системы, ее преимущества и особенности использования.

Ключевые слова: ИИ; информационная система; ГИС; техники ИИ; автоматизация функций.

1. Обзор существующих ГИС и технологий с применением ИИ:

1. Автоматическое извлечение географической информации (GEOBIA) - это метод, который использует алгоритмы машинного обучения для автоматического обнаружения и классификации объектов на основе географических данных. Это позволяет более эффективно анализировать большие объемы данных и создавать более точные карты.

2. Анализ пространственных данных с использованием нейронных сетей - нейронные сети могут быть использованы для анализа пространственных данных в ГИС. Например, они могут быть использованы для прогнозирования изменений в ландшафте или для определения оптимального расположения объектов.

3. Геоматический машинный перевод — это технология, которая использует искусственный интеллект для автоматического перевода географических данных на разные языки. Это полезно для работы с данными из разных источников и облегчает обмен информацией между разными ГИС.

4. Автоматическое обнаружение изменений в географических данных - искусственный интеллект может быть использован для автоматического обнаружения изменений в географических данных, таких как изменения в ландшафте или появление новых объектов. Это позволяет более эффективно отслеживать и анализировать изменения в окружающей среде.

5. Прогнозирование спроса на недвижимость - с использованием алгоритмов машинного обучения и искусственного интеллекта, ГИС могут предсказывать спрос на недвижимость на основе различных факторов, таких как расстояние до удобств, наличие транспортной инфраструктуры и демографические данные. Это помогает разработчикам и инвесторам принимать более обоснованные решения при планировании и развитии недвижимости.

Это только несколько примеров того, как искусственный интеллект применяется в ГИС. С развитием технологий и появлением новых методов, все больше возможностей открывается для использования искусственного интеллекта в области географических информационных систем.

2. Преимущества использования ИИ в ГИС:

1. Увеличение эффективности и точности анализа данных - искусственный интеллект позволяет обрабатывать большие объемы данных и выявлять скрытые закономерности, что приводит к более точным результатам анализа.

2. Автоматизация процессов - использование искусственного интеллекта позволяет автоматизировать многие процессы в ГИС, что сокращает время и ресурсы, затрачиваемые на выполнение задач.

3. Более точное картографирование - искусственный интеллект может помочь создавать более точные карты, учитывая различные факторы, такие как изменения в ландшафте или появление новых объектов.

4. Улучшение прогнозирования - использование искусственного интеллекта позволяет более точно предсказывать изменения в окружающей среде и спрос на недвижимость, что помогает принимать более обоснованные решения при планировании и развитии.

5. Улучшение взаимодействия с данными - искусственный интеллект может помочь в улучшении взаимодействия с данными, например, через автоматическое извлечение информации или машинный перевод, что упрощает работу с данными из разных источников и облегчает обмен информацией между разными ГИС.

В целом, использование искусственного интеллекта в ГИС позволяет улучшить эффективность и точность анализа данных, автоматизировать процессы, создавать более точные карты и прогнозировать изменения в окружающей среде. Это открывает новые возможности для применения ГИС в различных областях, таких как градостроительство, экология и недвижимость.

3. Методы и техники ИИ, применяемые в ГИС:

1. Машинное обучение: использование алгоритмов машинного обучения позволяет ГИС автоматически обрабатывать и анализировать данные, выявлять закономерности и делать прогнозы. Например, алгоритмы классификации могут помочь автоматически определить типы земельных участков на основе снимков спутников.

2. Нейронные сети: нейронные сети являются одним из основных инструментов искусственного интеллекта и могут быть применены в ГИС для решения различных задач, таких как распознавание образов или прогнозирование изменений в окружающей среде.

3. Обработка естественного языка: техники обработки естественного языка могут быть использованы в ГИС для автоматического извлечения информации из текстовых источников, например, для анализа новостей о природных бедствиях или изменениях в географической среде.

4. Генетические алгоритмы: генетические алгоритмы могут быть применены в ГИС для оптимизации различных задач, таких как планирование маршрутов или оптимизация использования земельных участков.

5. Компьютерное зрение: техники компьютерного зрения могут быть использованы в ГИС для автоматического распознавания и классификации объектов на основе изображений, например, для определения типов растительности или обнаружения изменений в географической среде.

Это лишь некоторые из методов и техник искусственного интеллекта, которые могут быть применены в ГИС. С развитием искусственного интеллекта появляются новые возможности и инструменты для более эффективной работы с географической информацией.

4. Примеры успешного использования ИИ в ГИС:

1. Использование нейронных сетей для классификации земельных участков на основе данных спутниковых снимков. Это позволяет автоматически определить типы растительности, использование земель и другие характеристики участков.

2. Применение алгоритмов машинного обучения для прогнозирования изменений в окружающей среде, например, для определения вероятности возникновения лесных пожаров или наводнений на основе исторических данных и метеорологических параметров.

3. Использование обработки естественного языка для автоматического анализа новостей и социальных медиа данных о природных

бедствиях или изменениях в географической среде. Это позволяет быстро обнаруживать и реагировать на чрезвычайные ситуации.

4. Применение генетических алгоритмов для оптимизации планирования маршрутов, например, для определения оптимального маршрута доставки или маршрута патрулирования.

5. Использование компьютерного зрения для автоматического распознавания и классификации объектов на основе изображений, например, для определения типов растительности или обнаружения изменений в географической среде.

Это только некоторые примеры успешного использования искусственного интеллекта в ГИС. С развитием технологий искусственного интеллекта можно ожидать еще большего применения ИИ в ГИС и улучшения эффективности работы с географической информацией.

© Исмагилов А.Р., 2023

УДК 004.93

А.Н. ЛАПИН

meccos160@yandex.ru

Науч. руковод. – д-р техн. наук, профессор **А.В. ВОРОБЬЕВ**

Уфимский университет науки и технологий

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА РАСПОЗНАВАНИЯ И ОЦИФРОВКИ АСКАПЛОТОВ

Аннотация: в настоящей работе рассматривается информационная система проведения автоматизированного распознавания и оцифровки архивных данных оптических наблюдений за полярными сияниями, представленными в виде аскаплов.

Ключевые слова: обработка данных, машинное зрение, информационная система, полярные сияния, аскапловы.

Наиболее частым инструментом фиксации наличия полярных сияний являются камеры всего неба. Полученные данные с камер фиксируются в специальных таблицах – аскаплотах [1]. В аскаплотах отображается зависимость наличия полярных сияний в разных частях неба от времени с получасовым периодом [2–3]. Пример аскаплота представлен на рисунке 1.

Lovozero ascaplots



Рис. 1. Изображение аскаплота за 11 января 2011 года

Данные аскаплов используются учеными по всему миру для анализа и построения моделей прогнозирования полярных сияний [4]. Однако в настоящее время их обработка производится вручную, что ведет не только к увеличению времени получения желаемых результатов, но и к потенциальным ошибкам. Для повышения эффективности оцифровки аскаплов была предложена информационная система, которая производит обработку данных полярных сияний в автоматизированном режиме с применением методов машинного зрения [5–7]. Алгоритм работы системы представлен на рисунке 2.

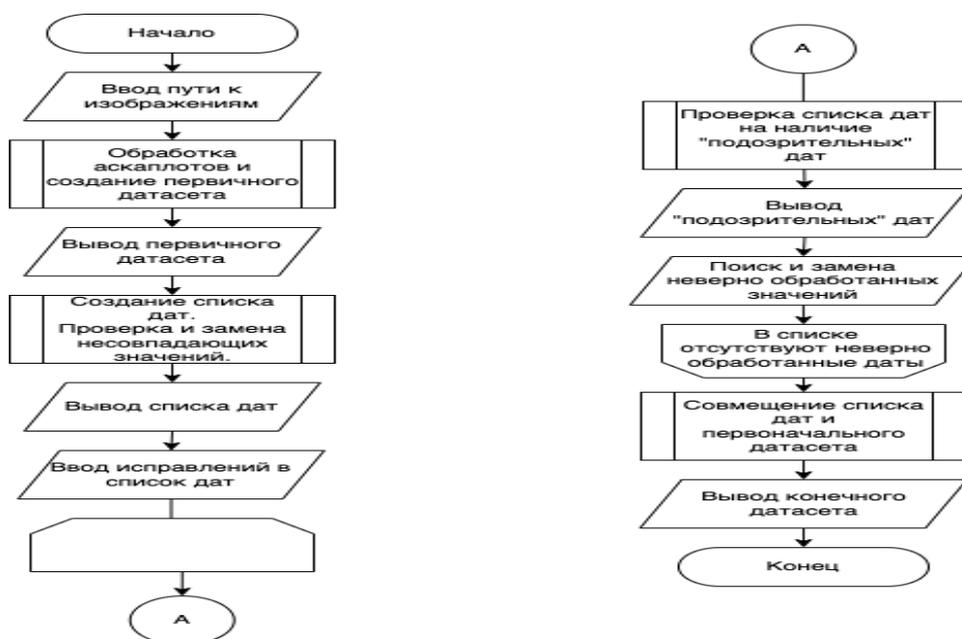


Рис. 2. Обобщенный алгоритм работы системы

Стоит отметить, что на распознавании символов и дат работа информационной системы не заканчивается. Это обусловлено тем, что зачастую необходимо обработать не пару аскаплов, а данные за несколько лет, которые содержат в себе сотни таблиц. В связи с этим проверить вручную ошибочно оцифрованные данные не представляется возможным. Для парирования данной особенности в систему были добавлены специальные модули, которые предназначены для корректировки последовательности оцифрованных данных аскаплов [5].

В информационной системе можно выделить следующие 4 модуля:

– Модуль оцифровки датасета. В данном модуле происходит считывание входных изображений аскаплов, их разметка и распознавание символов с применением алгоритмов машинного зрения. Распознавание происходит благодаря применению гибкой пиксельной маски, а также условий классификации символов. Пример отладочного изображения представлен на рисунке 3. Рассмотрим его составляющие: 1 – метаданные оцифрованной ячейки, 2 – цветовая индикация областей ячейки, 3 – наложение маски на изображение аскаплота, 4 – Время, соответствующее столбцу таблицы данных, 5 – Границы аскаплота, 6 – Левый верхний и правый нижний края аскаплота.

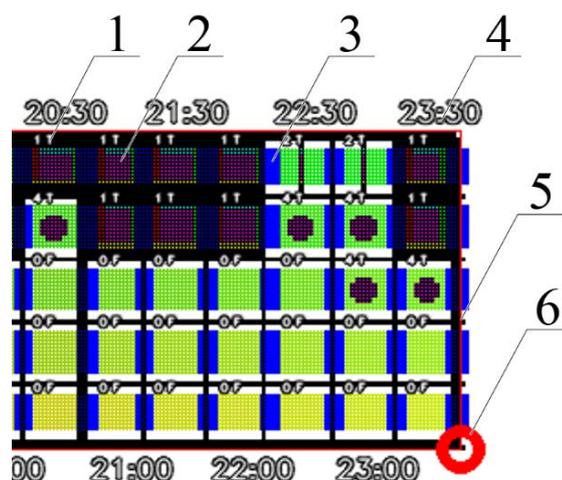


Рис. 3. Отладочное изображение с выделенными объектами

- Первичное восстановление дат;
- Проверка последовательности дат;
- Совмещение оцифрованного датасета.

Работа последних трех модулей заключается в проверке и восстановлении большинства ошибок в оцифровке дат, связанных с аскаплотами.

Диаграмма компонентов системы представлена на рисунке 4.

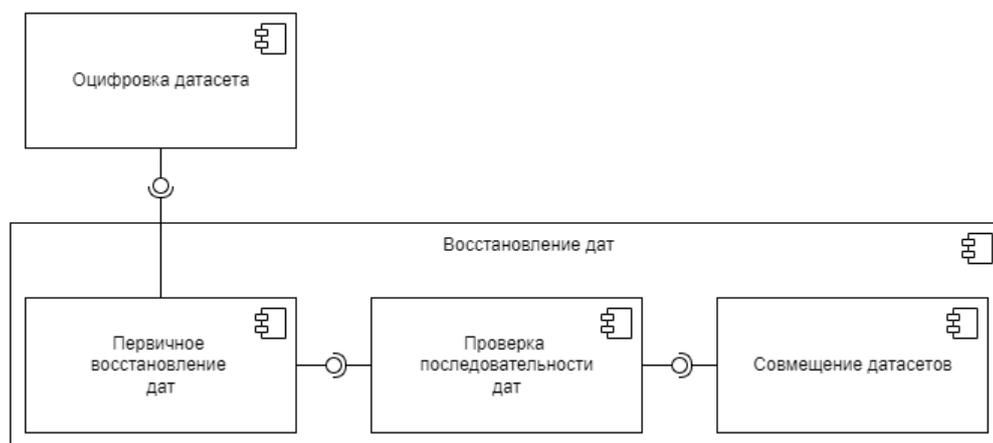


Рис. 4. Диаграмма компонентов информационной системы

Для тестирования разработанной информационной системы был взят набор данных с 1035 аскаплотами с 2012 по 2022 года. Оцифровка указанного датасета вручную заняла около 85 человеко-часов. Также было отмечено, что было допущено более 200 ошибок в 76 аскаплотах, что составляет более 7% от общего количества аскаплотов. Оцифровка аскаплотов с применением разработанной информационной системы в режиме параллельных вычислений заняла чуть более одной минуты [8]. Ошибок в автоматизированной оцифровке обнаружено не было.

Благодаря применению современных методов машинного зрения, разработанная информационная система позволяет ускорить процесс распознавания и оцифровки аскаплотов в 3000 раз с точностью, близкой к 100%.

Библиографический список

1. Klimov P., Kozelov B., Roldugin A., Sigaeva K. Joint Recording of Pulsating Auroras on Board the Lomonosov Satellite and by All-Sky Cameras on the Kola Peninsula. *Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics*. 2022. vol. 86. no. 3. pp. 300–304. DOI: 10.3103/S106287382203011X.
2. Yagodkina O.I., Vorobyov V.G., Shekunova E.S. [Observations of auroras over the Kola Peninsula]. *Proceedings of the Kola Scientific Center of the Russian Academy of Sciences – Trudy Kol'skogo nauchnogo tsentra RAN*. 2019. vol. 10. no. 8(5). pp. 43–55. (in Russ.).
3. Nakamura J., Kitamura T., Fukushima S. Auroral ASCAPLOT at Syowa Station in 1959 and 1960 // *Antarctic record*. 1962. no. 16. pp. 1339–1360.
4. Yang X., Shang Zh., Hu K., Hu Y., Ma B., Wang Y., Wang W. Cloud cover and aurora contamination at dome A in 2017 from KLCAM. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*. 2021. vol. 501. no. 3. pp. 3614–3620. DOI: 10.1093/mnras/staa3824.
5. Воробьев, А. В. Программное обеспечение для автоматизированного распознавания и оцифровки архивных данных оптических наблюдений полярных сияний / А. В. Воробьев, А. Н. Лапин, Г. Р. Воробьева // *Информатика*

и автоматизация. – 2023. – Т. 22, № 5. – С. 1177-1206. – DOI 10.15622/ia.22.5.8. – EDN IBKNUF.

6. Feldstein Y.I. The discovery and the first studies of the auroral oval: A review. *Geomagnetism and Aeronomy*. 2016. vol. 56. pp. 129–142. DOI: 10.1134/S0016793216020043.

7. Feldstein Y.I., Vorobjev V.G., Zverev V.L. Planetary features of aurorae: Results of the IGY (a review). *Geomagnetism and Aeronomy*. 2010. vol. 50. pp. 413–435. DOI: 10.1134/S0016793210040018.

8. Vorobev A.V., Pilipenko V.A., Enikeev T.A., Vorobeva G.R. Geoinformation system for analyzing the dynamics of extreme geomagnetic disturbances from observations of ground stations. *Computer Optics*. 2020. vol. 44(5). pp. 782–790. DOI: 10.18287/2412-6179-CO-707.

© Лапин А.Н., 2023

УДК 004.021

Д.И. МУХАМЕТОВ, Д.А. ШАЙМАРДАНОВ

seemsclever@mail.ru

Науч. руковод. – ассистент **В.Д. ТРУБИН**

Уфимский университет науки и технологий

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ПРИНАДЛЕЖНОСТИ СЕТЕВЫХ УСТРОЙСТВ К СЕТЯМ НА ОСНОВЕ ИХ ТОПОЛОГИЧЕСКИХ ОТНОШЕНИЙ В ГИС

Аннотация: современные информационные системы, особенно геоинформационные, важны в анализе пространственных данных. Статья обсуждает ограничения программного обеспечения для моделирования сетей и предлагает информационную систему, учитывающую пространственное расположение устройств. Она подчеркивает значимость разработки алгоритма, использующего геоинформационные системы для управления сетью.

Ключевые слова: информационная система, геоинформационная система, локальная сеть, моделирование систем, моделирование компьютерных сетей.

Введение

В современном информационном обществе роль информационных систем становится все более критической и неотъемлемой. Информационные системы служат неразрывной связью между технологическими инновациями и потребностями человека, решая широкий спектр задач в различных областях. Они обеспечивают управление, анализ и обработку данных, что в свою очередь способствует принятию обоснованных решений и оптимизации бизнес-

процессов, а также оказывает значительное влияние на нашу повседневную жизнь. [1]

В контексте информационных систем особое внимание заслуживают геоинформационные системы (ГИС), которые ориентированы на обработку и анализ геопространственных данных. ГИС играют ключевую роль в управлении и анализе информации, связанной с пространственными объектами, и они становятся все более востребованными в различных сферах, таких как география, городское планирование, экология, транспорт и многие другие. Их способность эффективно работать с пространственной информацией дает нам возможность более глубоко понимать окружающий нас мир и принимать обоснованные решения. [2]

Проектирование структуры локальной сети является одной из важных задач в области информационных систем. Эта задача становится более актуальной в связи с постоянным ростом сетевых технологий и увеличением количества устройств, взаимодействующих в локальных сетях. Сетевым администраторам часто приходится иметь дело с уже спроектированными сетями. Моделирование сети с учетом пространственного расположения сетевых устройств могло бы облегчить работу по оптимизации и улучшению производительности сети. [3]

Программное обеспечение для моделирования сети

Программное обеспечение для моделирования сетей – это специализированные инструменты и приложения, разработанные для создания виртуальных моделей локальных сетей. Эти программы позволяют имитировать работу сети, анализировать ее производительность, проводить тестирование на устойчивость и определять ее структуру. Программное обеспечение для моделирования сетей играет важную роль в планировании, настройке и оптимизации локальных сетей, а также в обеспечении их безопасности. [3]

На рынке существует множество программных продуктов для моделирования локальных сетей, каждый из которых имеет свои особенности и преимущества. Рассмотрим несколько наиболее популярных решений:

1. Cisco Packet Tracer: этот инструмент разработан Cisco и широко используется для моделирования сетей на основе оборудования Cisco. Он позволяет создавать виртуальные сети, настраивать устройства и проводить эксперименты с сетевыми конфигурациями. [4]

2. GNS3 (Graphical Network Simulator-3): GNS3 представляет собой графический симулятор сетей, который позволяет интегрировать различные типы устройств и операционных систем в единую сетевую модель. Он широко используется для создания сложных сетевых сценариев. [5]

3. Boson NetSim Network Simulator: этот инструмент предоставляет возможности моделирования сетей с учетом сценариев сетевых атак и анализа уязвимостей.

Он специализируется на обучении и тестировании сетевых аспектов безопасности. [6]

4. SolarWinds Network Performance Monitor: это решение ориентировано на мониторинг и анализ реальных локальных сетей. Оно позволяет отслеживать производительность сети, выявлять узкие места и решать проблемы с производительностью. [7]

Каждое из указанных решений имеет свои преимущества и ограничения:

1. Cisco Packet Tracer обеспечивает отличную совместимость с оборудованием Cisco, но ограничен в выборе других вендоров.

2. GNS3 обеспечивает большую гибкость и поддержку разнообразных операционных систем, но требует больше ресурсов для работы.

3. Boson NetSim Network Simulator специализируется на безопасности, но может быть ограничен в общих сетевых возможностях.

4. SolarWinds Network Performance Monitor предоставляет мониторинг реальных сетей, но не предоставляет средства для моделирования.

Можем сделать вывод о том, что на текущий момент программное обеспечение не поддерживает возможность создания моделей сети, которые учитывали бы пространственное расположение сетевых устройств. Это означает, что существующие программные решения ограничены в возможностях моделирования сетевой инфраструктуры с учетом физического размещения устройств.

Преимущества учета пространственного расположения сетевых устройств

Пространственное моделирование локальной сети имеет следующие ключевые аспекты актуальности:

– Эффективное использование ресурсов: Внутренняя структура здания и его геометрические особенности могут существенно влиять на производительность локальной сети. Например, местоположение сетевых коммуникаций, роутеров и точек доступа Wi-Fi внутри здания может оказывать влияние на качество сетевого подключения и обеспечение равномерного покрытия Wi-Fi;

– Оптимизация инфраструктуры: Знание пространственного расположения сетевых устройств позволяет оптимизировать размещение оборудования, что способствует снижению издержек и повышению производительности сети;

– Улучшение качества обслуживания: Знание о пространственном расположении сетевых устройств позволяет предпринимать меры по предотвращению и быстрому устранению сетевых сбоев, что важно для непрерывной работы организаций. [8]

Таким образом, информационная система, предназначенная для моделирования локальной сети с учетом пространственного расположения сетевых устройств, отвечает актуальным потребностям. Она могла бы стать неотъемлемым инструментом для современных организаций, стремящихся обеспечить наивысший уровень эффективности своих сетевых коммуникаций.

Структура работы алгоритма определения принадлежности сетевых устройств к сети

Перед тем как приступить к разработке системы, первоочередно необходимо решить задачу идентификации принадлежности сетевых устройств к сети на векторных слоях. Для этого разработаем скрипт, позволяющий на основе топологии объектов векторных слоёв, определить как соединены компьютеры и коммутаторы между собой.

Принцип работы алгоритма заключается в выявлении бинарных отношений между объектами векторных слоев. Если объект соединения и объект компьютера/коммутатора имеют бинарное отношение «Содержит в себе», данный компьютер/коммутатор принадлежит данному соединению. Блок-схема алгоритма отображена на *Рис. 1*.

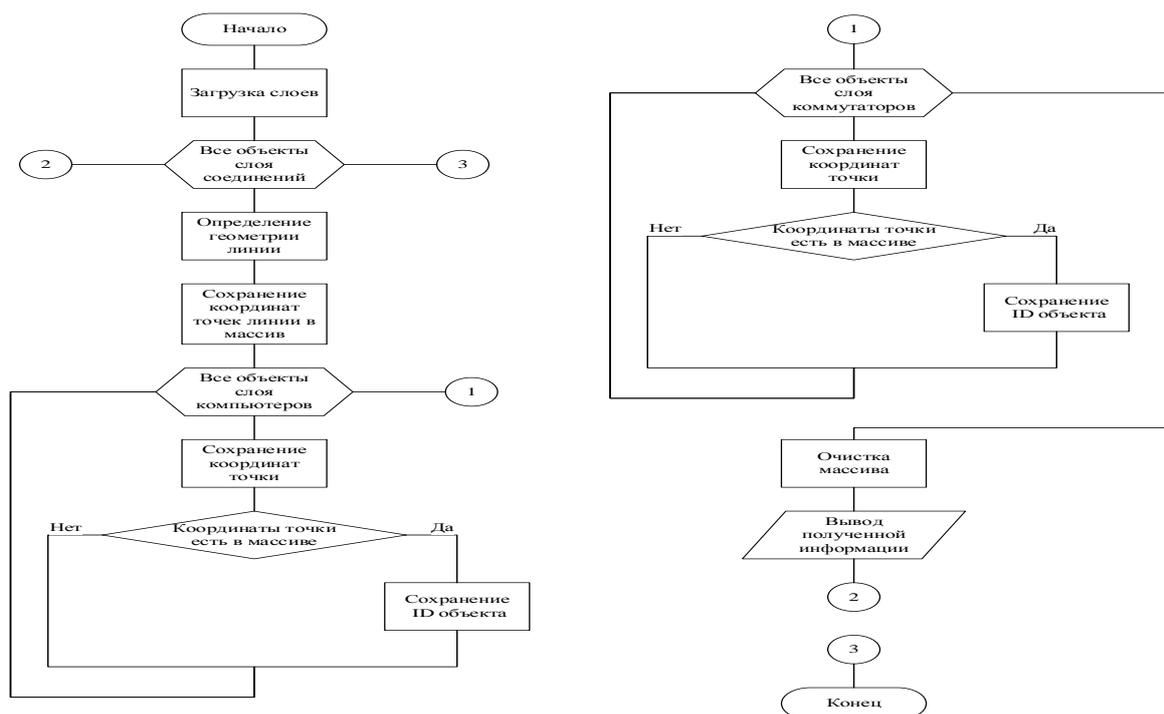


Рис. 1. Блок-схема алгоритма

Для выполнения алгоритма предлагается расширить существующую модель базы данных, добавив новые сущности, представленные на *Рис. 2*. Эти дополнения позволят обеспечить сохранение результатов в базе данных и дальнейшее их использование.

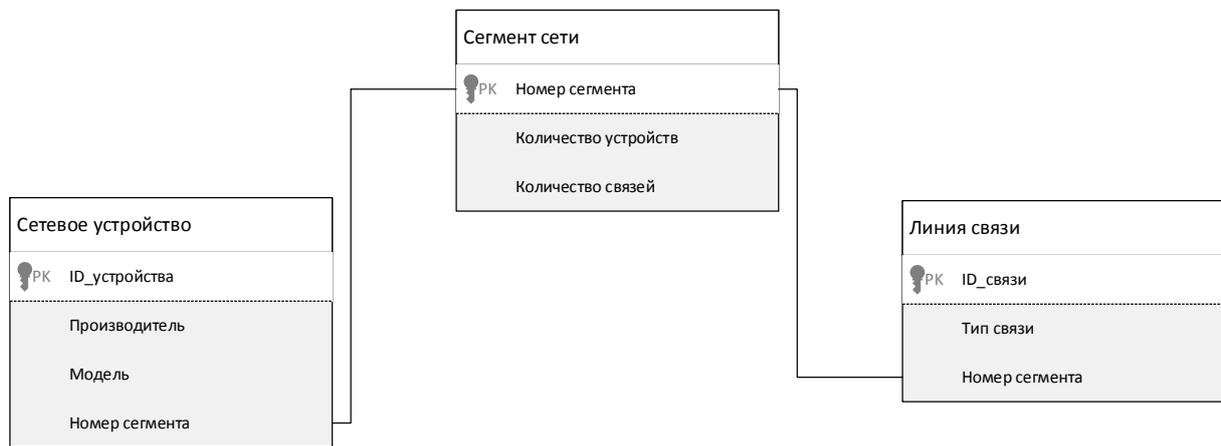


Рис. 2. Информационная модель базы данных

На Рис. 3 показан макет проекта локальной сети, представляющий из себя схематическое изображение физической инфраструктуры сети. Здесь отображены различные сетевые устройства, включая компьютеры и коммутаторы. Макет помогает наглядно представить, как устройства в сети соединены друг с другом и как они размещены в пространстве.

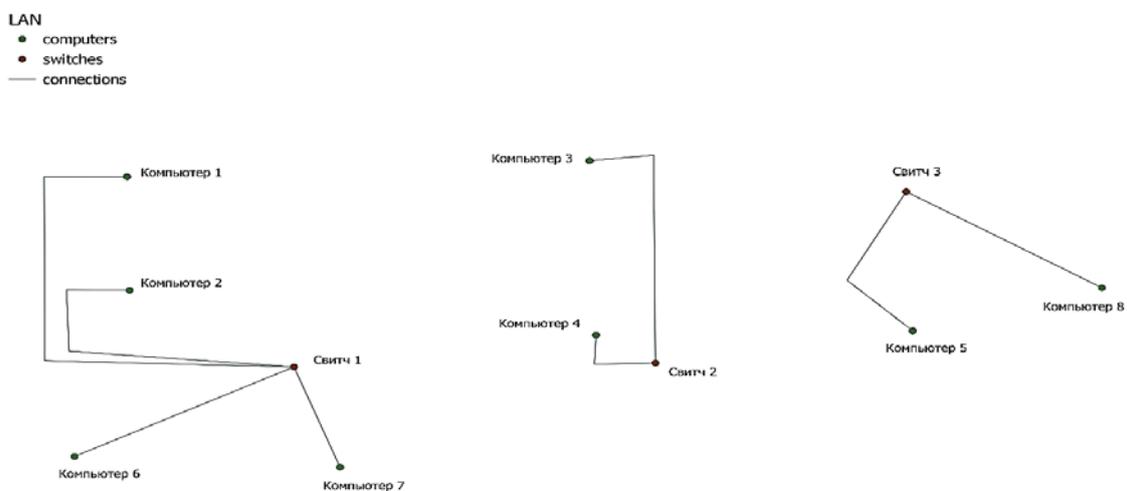


Рис. 3. Макет проекта LAN

Пример работы разработанного алгоритма для проекта LAN представлен на Рис. 4. Алгоритм использует информацию о топологии сети и определяет бинарные отношения между сетевыми устройствами, такими как компьютеры и коммутаторы. В данном примере алгоритм успешно выявил принадлежность компьютеров и коммутаторов к различным соединениям.

```
Консоль Python
8 Компьютер c.id.1 соединен с свитчем c.id.1
9 Компьютер c.id.2 соединен с свитчем c.id.1
10 Компьютер c.id.4 соединен с свитчем c.id.2
11 Компьютер c.id.3 соединен с свитчем c.id.2
12 Компьютер c.id.5 соединен с свитчем c.id.3
13 Компьютер c.id.6 соединен с свитчем c.id.1
14 Компьютер c.id.7 соединен с свитчем c.id.1
15 Компьютер c.id.8 соединен с свитчем c.id.3
16
```

Рис. 4. Пример работы алгоритма для проекта LAN

Перспектива развития

Подавляющее большинство современных корпоративных сетей гетерогенны, однако построены с учетом использования открытых стандартов [9,10]. Открытость этих стандартов позволяет разрабатывать на их основе системы мониторинга сети, системы аудита оборудования и полноценные системы управления устройствами. Обычно, такие системы не используют пространственные данные в качестве элемента управления, поскольку предназначены для решения задач программного конфигурирования оборудования и устранения отказов, а сбор пространственных данных об объектах инфраструктуры сети, которые бы могли обеспечить дополнительные возможности, является довольно трудоёмкой задачей. Однако добавление функционала этих систем в геоинформационную систему, работающую с уже существующей базой пространственных данных, станет задачей куда более тривиальной. Разработанный алгоритм, в свою очередь, позволит верифицировать топологию объектов сетевой инфраструктуры, на основе которой можно будет разработать дополнительные инструменты администрирования сети, дополняющие существующие.

Заключение

Развитие программного обеспечения для моделирования сетей, учитывающего пространственные аспекты, открывает новые возможности для оптимизации сетевой инфраструктуры и улучшения ее производительности.

Системы мониторинга сети, системы аудита оборудования и полноценные системы управления устройствами обычно не используют пространственные данные в качестве элемента управления, так как их цель - программное конфигурирование оборудования и устранение отказов.

Однако интеграция подобного функционала в геоинформационную систему, работающую с существующей базой пространственных данных, представляет собой менее сложную задачу.

Разработанный алгоритм предлагает верификацию топологии сетевой инфраструктуры, что может послужить основой для создания дополнительных инструментов администрирования сети, дополняющих существующие возможности.

Библиографический список

1. Перспективные технологии информационных систем / Когаловский М.Р. – М.: ДМК Пресс; Компания АйТи, 2003. – 288 с.
2. Геоинформационные системы / Р.В. Ковин, Н.Г. Марков. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 175 с.
3. Программное обеспечение для моделирования сети и имитации атак на компьютерную сеть / А.В. Баженов, А.К. Гуц – Омск: Математические структуры и моделирование, 2018 – 100-113 с.
4. Официальная документация Cisco Packet Tracer [Электронный ресурс] URL: https://www.cisco.com/c/dam/global/ru_ua/assets/pdf/cisco_packet_tracer.pdf – (Дата обращения: 06.10.2023).
5. Основы GNS3 [Электронный ресурс] URL: <https://habr.com/ru/articles/266503> – (Дата обращения: 06.10.2023).
6. Официальная документация Boson NetSim [Электронный ресурс] URL: <https://www.boson.com/files/support/netsim-8-user-manual.pdf> – (Дата обращения: 06.10.2023).
7. Официальная документация Solarwinds Network Perfomance Monitor [Электронный ресурс] URL: https://documentation.solarwinds.com/archive/pdf/npm/npm_administrator_guide.pdf – (Дата обращения: 07.10.2023).
8. Сетевое моделирование / Ю.А. Семенов [Электронный ресурс] URL: https://www.opennet.ru/docs/RUS/inet_book/4/45/mod14517.html – (Дата обращения: 07.10.2023).
9. Шаимов, А.Ю. Гетерогенные сети связи и параметры оценки сетевого пространства / А.Ю. Шаимов, А.Н. Копысов // Выставка инноваций – 2021 (весенняя сессия): сборник материалов XXXI Республиканской выставки-сессии студенческих инновационных проектов и XL Научно-технической конференции молодежи АО «ИЭМЗ «Купол», Ижевск, 23 марта – 22 2021 года. – Ижевск: Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова, 2021. – С. 211-217. – EDN ACGNWT.
10. ISO/IEC 7498-4:1989 Information Processing Systems – Open Systems Interconnection — Basic References Model Part 4 – OSI Management Framework.

© Мухаметов Д.И., 2023

УДК 004.946

Б.А. НУРИЕВ, Р.Р. ИЛЬЯСОВ

bat2003@mail.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доцент **А.Ф. АТНАБАЕВ**

Уфимский университет науки и технологий

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЭКОСИСТЕМЫ «УМНЫЙ КАМПУС УУНИТ» НА БАЗЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

Аннотация: в данной статье рассматриваются принципы проектирования цифровых двойников зданий и сооружений Уфимского университета науки и технологий (УУНиТ) как одного из базовых элементов процесса цифровизации ВУЗа в целом. Описывается технология и этапы создания цифровых двойников зданий и сооружений. Приводятся примеры успешного использования цифровых двойников на базе ГИС-технологий.

Ключевые слова: цифровой двойник; ГИС; цифровизация; пространственные данные; умный кампус.

Введение

В настоящее время наблюдается растущий интерес к цифровым решениям в разных областях, включая образование. Для повышения эффективности работы, на предприятиях внедряются современные информационные технологии, происходит трансформация бизнес-процессов для создания обновленной, устойчивой бизнес-модели компаний. Одним из примеров трансформации является создание и применение цифровых двойников. Цифровые двойники — это копии физических объектов/процессов, позволяющие оптимизировать эффективность управления и принятия решений. Цифровые двойники и ГИС-технологии играют важную роль в этом процессе. Они позволяют создавать виртуальные модели университета, что может способствовать более точному и эффективному управлению ресурсами, планированию распределения, обеспечению безопасности и другим задачам.

Основной целью цифрового двойника является разработка продукта и обеспечение непрерывной работы реального объекта на протяжении его жизненного цикла. Виртуальная модель, созданная на основе математического моделирования свойств и поведения объекта, позволяет эффективно поддерживать его функционирование.

В процессе проектирования цифрового двойника кампуса УУНиТ необходимо учесть различные аспекты, такие как обеспечение соответствия реальной инфраструктуре, точность представления географических данных, интеграция существующих информационных систем и баз данных, а также учет потребностей и ожиданий пользователей. Важно учесть, что проектирование цифрового двойника является итеративным процессом, который требует постоянной проверки и актуализации модели с учетом изменений в реальном мире и потребностей пользователей.

Существующий опыт применения цифровых двойников

Мировой опыт демонстрирует актуальность решаемых задач. В частности, Стэнфордский университет успешно применил технологию "цифрового двойника" в нескольких проектах, связанных с архитектурой, строительством и инженерией.

Копенгагенская школа морской инженерии и управления технологиями также включила материалы о цифровых двойниках в свои учебные программы, считая их существенными для реальной работы в данной отрасли.

В государственном университете Уичито, Национальный институт авиационных исследований, управляемый лабораторией Digital Twin Lab, в сотрудничестве с ВВС США осуществил разборку и цифровое сканирование двух самолетов Г-16 для создания полноценной 3D-модели. Дэн Айзекс, технический директор Консорциума цифровых двойников отмечает, что технология цифровых двойников позволит студентам обучаться таким способом, который никогда прежде не наблюдался [3].

В Московском государственном университете геодезии и картографии (МИИГАиК) был выполнен проект "Цифровой двойник". Главной целью проекта было разработать цифровую модель города, используя 3D геотехнологии и дополненную реальность, чтобы решить задачи бизнеса и городских служб [4].

В университете науки и технологий имени короля Абдуллы был разработан цифровой двойник кампуса университета городского масштаба для оценки транспортных выбросов при передвижении в кампусе. Основной задачей инициативы было оценить и оптимизировать проблемы урбанизации и изменения климата в надежной среде моделирования перед внедрением в реальном мире [5].

Принципы и подходы к созданию цифровых двойников

Проведенный анализ предметной области позволил выбрать необходимый стек технологий для создания цифровых двойников объектов УУНиТ в виде трехмерной модели учебных корпусов. При выборе стека технологий

необходимо учитывать различные факторы, такие как функциональность, производительность, доступность ресурсов и интеграционные возможности. Для создания трехмерной модели кампуса университета можно использовать различные методы и инструменты. Для выполнения работы были выбраны одни из самых распространенных средств разработки ГИС систем, включающие в себя пакет для работы с географическими данными и их анализа и компонент для создания и визуализации трехмерных моделей.

При создании моделей можно выделить три основных этапа:

1. Сбор и анализ источников пространственно-распределенных данных;
2. Создание точных векторных данных;
3. Создание трехмерной модели.

В работе описывается технология создания модели на примере одного из учебных корпусов УУНиТ. На первом этапе происходит сбор и обобщение исходных данных. Требуется различные проекции исследуемого объекта, отражающие как внешний вид, так и внутреннее устройство здания и его частей с различными технологическими сведениями. В дополнение к прямоугольным проекциям подойдут и наглядные изображения сооружения и его частей в виде перспективы. Лучше всего для этого подойдут чертежи, проектно-сметная документация и другие аналогичные материалы, которые представлены на бумажных носителях. Особое внимание следует уделить таким элементам как: стены, окна, двери, лестницы. Пример части чертежа, с которого берутся данные представлен на рисунке 1.

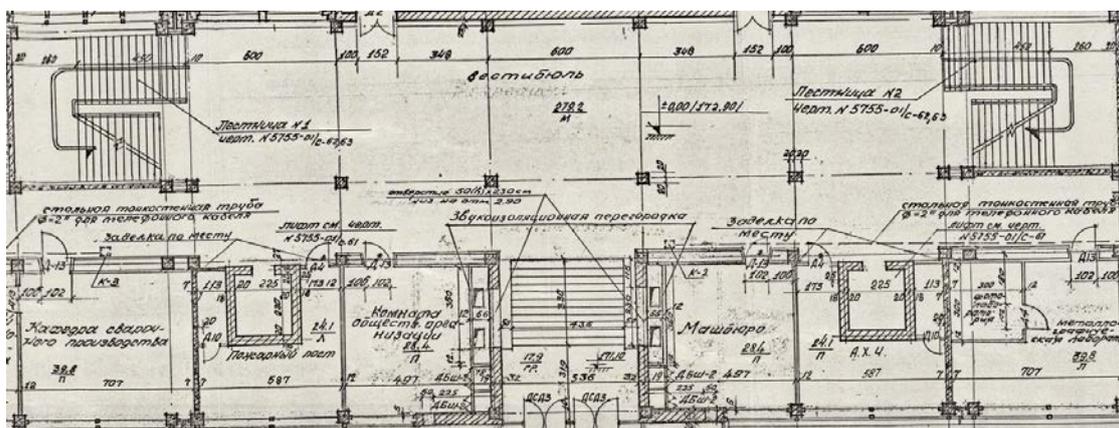


Рисунок 1 – Чертеж вестибюля первого этажа

На втором этапе на основе полученных данных происходит векторизация объектов. Каждый этаж представляет собой полигон, который нарезается на различные части, которые в дальнейшем образуют из себя стены, ступеньки, двери, окна и т.п. Для каждого получившегося объекта указываются его атрибуты: тип помещения, базовая высота, высота объекта, корпус, этаж, площадь. Векторизованный первый этаж представлен на рисунке 2.

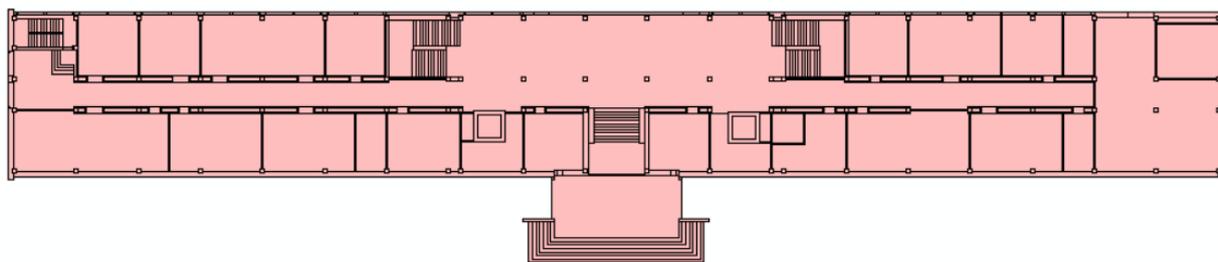


Рисунок 2 – Векторизованный первый этаж

Подобным образом создана векторная электронная карта всех этажей учебного корпуса УУНиТ.

На третьем этапе на основе атрибутивной информации происходит создание трехмерной модели. Главная особенность этого этапа заключается в добавлении дополнительной координаты Z . Значения высот также берутся с инженерных чертежей, входящих в проектно-сметную документацию при строительстве зданий. На рисунке 3 представлен фрагмент 3D модели 1 этажа учебного корпуса, который был сделан на основе чертежа вестибюля первого этажа (см. рисунок 1).

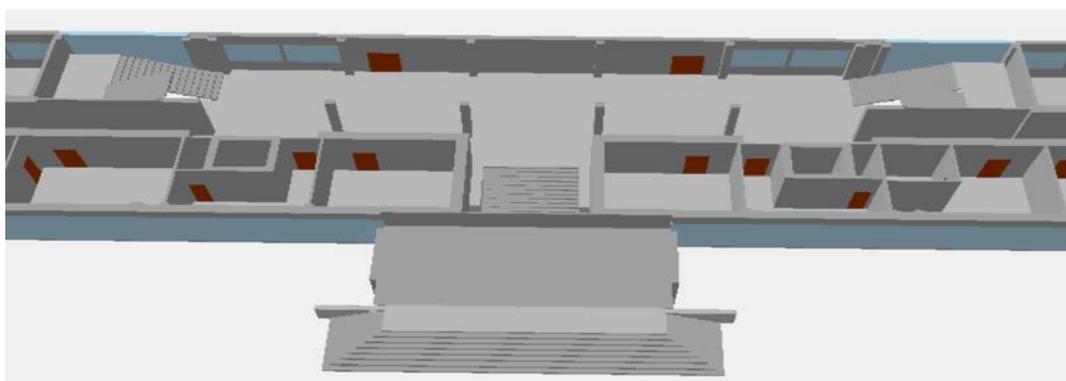


Рисунок 3 – Фрагмент 3D модели первого этажа учебного корпуса

В результате проведенных работ была создана точная трехмерная модель учебного корпуса, представленная на рисунке 4.



Рисунок 4 – Цифровой двойник учебного корпуса УУНиТ

Заключение

Цифровизация не только повышает эффективность управления кампусом, но и создает новые возможности для обучения и взаимодействия студентов, преподавателей и персонала. Она способствует развитию инноваций и улучшению качества образования, позволяя более гибко адаптироваться к изменяющимся потребностям и требованиям современного образования. Экосистема цифрового двойника кампуса становится основой для развития умных и устойчивых кампусов будущего. Цифровой двойник кампуса, основанный на ГИС-технологиях, является виртуальным представлением реального кампуса. Он содержит пространственные данные, описывающие географические координаты, размеры, формы и расположение зданий, сооружений и других объектов в кампусе.

Библиографический список

1. Акулли Мигена, Островская А.А. «Цифровой двойник университета в современных условиях». Журнал «Горизонты экономики», том 6 (72), 2022, с. 62-67.
2. Думлер, М.А. «Роль цифровых двойников в цифровой трансформации городов». Сборник трудов конференции. Омский государственный технический университет, 2022, с.163-166.
3. Сучи Рудра. Что такое цифровые двойники и как высшее образование может их использовать? [Электронный ресурс]. – URL: [<https://edtechmagazine.com/higher/article/2022/03/what-are-digital-twins-and-how-can-higher-ed-use-them>] (дата обращения: 08.06.2023)
4. Московский государственный университет геодезии и картографии (МИИГАиК): Проект «Цифровой двойник» / 2023, Московский государственный университет геодезии и картографии (МИИГАиК). – URL: [https://miigaik.ru/student-research-and-development-center/proekt-tsifrovoy-dvoynik.php?sphrase_id=405734] (дата обращения: 08. 06. 2023)
5. A.A.Faiad, S.M. Abdel-Ghany, M. Ayachi and S. Ahmed, "City Scale Digital Twins for Mobility Emissions Evaluation," 2023 International Wireless Communications and Mobile Computing (IWCMC), Marrakesh, Morocco, 2023, pp. 1166-1171, doi: 10.1109/IWCMC58020.2023.10182944

© Нуриев Б.А., 2023

А.С. ПОПОВ

Науч. руковод. – д-р техн. наук, профессор **А.В. ВОРОБЬЕВ**

Уфимский университет науки и технологий

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОЛЯРНЫХ СИЯНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Аннотация: полярные сияния не оказывают прямого влияния на человеческую деятельность, так как они происходят в верхних слоях атмосферы и не затрагивают поверхность земли. Однако, они могут влиять на работу различных технических устройств, таких как спутники и радиоантенны, из-за своей способности создавать помехи в радиосигналах. Кроме того, полярные сияния могут представлять опасность для пилотов и космонавтов, так как могут затруднять видимость и нарушать работу навигационных систем.

Статья представляет собой исследование применения методов машинного обучения для прогнозирования полярных сияний. В данной работе авторы исследуют различные методы машинного обучения, которые могут быть использованы для прогнозирования полярных сияний. Для этого они используют набор данных, состоящий из исторических наблюдений полярных сияний, а также данных о солнечной активности и геомагнитных индексах.

В данной статье рассматривается возможность применения машинного обучения для прогнозирования полярных сияний, с целью увеличения точности прогноза по сравнению с классическими методами прогнозирования.

Авторы рассматривают различные алгоритмы, включая деревья решений, случайные леса, метод опорных векторов, а также анализируют их эффективность в зависимости от различных факторов, параметров настройки алгоритмов и использование параметров с учетом их важности.

Результаты исследования показывают, что методы машинного обучения способны давать довольно точные прогнозы полярных сияний. Они демонстрируют высокую способность к предсказанию возникновения полярных сияний, что может быть полезно для операторов электроэнергетики, воздушно-космической отрасли и радиосвязи.

Ключевые слова: машинное обучение, полярные сияния, бинарная классификация, прогнозирование, важность признаков, методы машинного обучения

Введение

Прогнозирование полярных сияний важно для различных областей деятельности, включая космическую технику, навигацию и связь. Знание о том, когда и где можно ожидать появления полярных сияний, позволяет принимать меры для предотвращения возможных проблем, связанных с их наблюдением. Например, можно заранее предупредить пилотов о возможных помехах в работе навигационных систем или предложить альтернативные маршруты для самолетов. Также прогнозирование полярных сияний может помочь ученым лучше понять процессы, происходящие в атмосфере Земли, и разработать более точные модели для предсказания других погодных явлений.

Для наблюдения за состоянием полярных сияний используются камеры всего неба, такая программа наблюдений предусматривает синхронную для всех камер съемку с выдержкой [1]. Такой способ наблюдений зависит от погодных условий, при сильной облачности, туманности и т.д. наблюдение не является возможным, что обуславливает его не самую высокую эффективность. Существует модель прогнозирования NORUSCA [<http://kho.unis.no/AuroraForecast.html>], разработанная профессором Kjell Henriksen, которая основывается на методах Старкова [2], Zhang Y. и L.J. Paxton, данные методы используются для математического расчета размера и местоположения овалов авроральных сияний, нанесенных на освещенный Солнцем земной шар. Модели используют в качестве входных данных только планетарный индекс Кр и время.

Машинное обучение уже имеет большое количество методов для разных целей и задач, каждое из которых уже применяется человеком на практике. Есть основания полагать, что методы машинного обучения помогут и в прогнозировании параметров космической погоды и дадут прирост качества прогнозирования по сравнению с классическими методами. В качестве прогнозируемого параметра будет определяться наличие сияний, что в рамках машинного обучения является задачей бинарной классификации.

Проблема классификации крайне обширна по областям, как следствие, проблемы классификации составляют большую часть задач машинного обучения (МО) и в последние годы крупные компании активно занимаются развитием МО и повышением качества, но на сегодняшний день не существует методов, которые могли бы однозначно эффективно решить задачу классификации [3]. Заранее сказать точно какой классификатор лучше подходит для отработки исходных данных нельзя. В рамках данной статьи будут рассмотрены методы случайного леса, нейронных сетей и опорных векторов.

1. Исходные данные и их предварительная обработка

В качестве исходных данных выступает датасет, полученный на основе оцифровки аскаплов, результатов наблюдений сияний в зените относительно

станции LOZ (обсерватория «Ловозеро» расположенная на территории Кольского полуострова) [4, 5].

Исходные данные содержат 989 строк 44 параметра, это данные в период времени с 05.01.2015 по 31.12.2015 с шагом фиксации в 30 минут. Фрагмент исходных данных функции представлены в таблице 1. Значения параметра Zenith представлена значениями 1 и 0, т.е. при 1 наблюдалось полярное сияние, а 0 означает его отсутствие. Именно данное значение необходимо спрогнозировать на основе остальных 43 значений. Метка имеет только два класса (1 и 0), таким образом в рамках данной работы задача сводится к бинарной классификации.

Таблица 1

Фрагмент исходных данных

	Date.UTC	DOY	SME	SML	SMU	...	Zenith
0	2015-01-05 00:00:00	5.0	678.27	-510.73	167.60	...	1

Продолжение табл. 1

1	2015-01-05 00:30:00	5.0	461.33	-344.83	116.53	...	1
2	2015-01-05 01:00:00	5.0	520.60	-337.17	183.57	...	1
...
986	2015-12-31 22:30:00	365.0	758.90	-516.27	242.63	...	1
987	2015-12-31 23:00:00	365.0	862.93	-671.70	191.23	...	1
988	2015-12-31 23:30:00	365.0	1034.77	-643.40	391.33	...	1

Очевидно, что каждый из представленных параметров в перечне оказывает разное влияние на конечное событие в виде полярного сияния. Чтобы узнать какие параметры оказывают большее влияние, можно воспользоваться инструментами оценки важности параметров и построением соответствующего графика, который наглядно покажет относительность важности исходных параметров [6].

Используем имеющийся в методе RandomForest библиотеки sklearn способ оценки важности feature_importances. В результате выполнения кода получим график важности параметров. Следует отметить что каждый раз при запуске программа подбирает новые изначальные веса графа, соответственно при

каждом запуске программы получим разные значения, это особенность работы алгоритма случайного леса.

Несмотря на то, что результаты при разных запусках разные, прослеживается общая закономерность, которую можно увидеть на представленных выше рисунках, что наиболее важные показатели имеют приставку в наименованиях LOZ и diff. Определили наиболее важные показатели, удалив наименее важные параметры и запустив алгоритмы машинного обучения уже без них, можно рассчитывать на повышение показателей точности прогнозирования, т.к. «лишние» показатели не будут оказывать дополнительную погрешность при обучении. Однако, в рамках данной работы проводились тесты как с полной выборкой, так и с учетом наиболее важных параметров по полученным результатам.

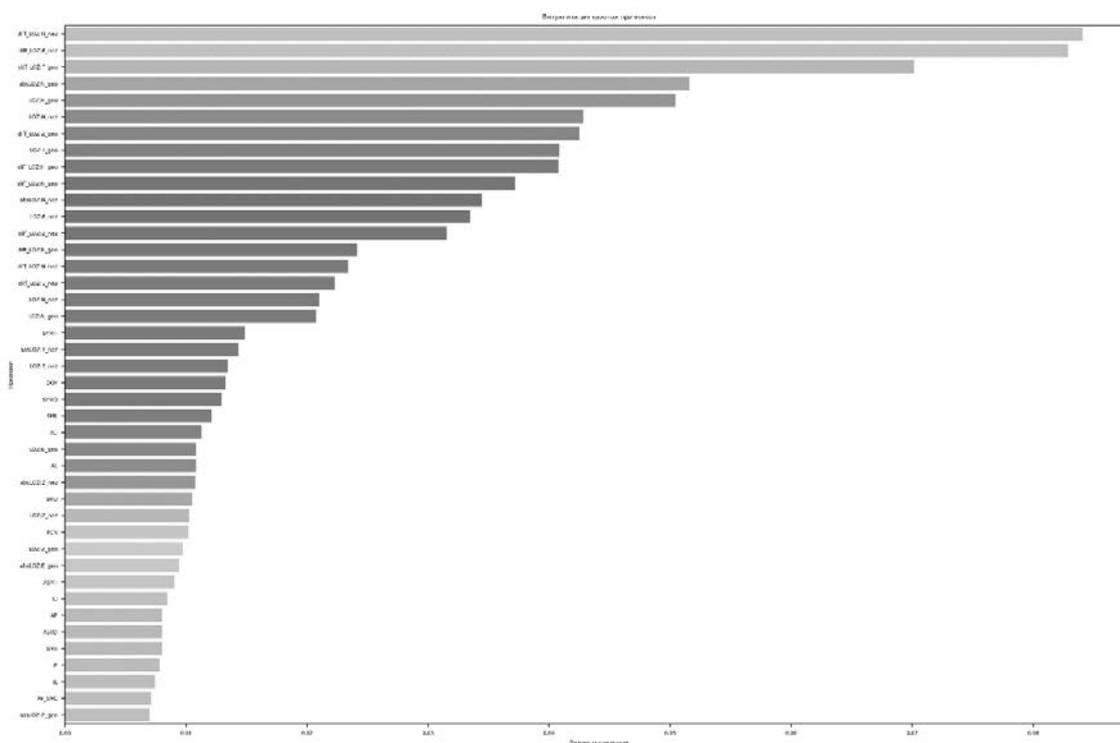


Рис. 1. Важность признаков

2. Применение методов машинного обучения

Для всех рассматриваемых методов машинного обучения исходная выборка разделена на 70% на обучающие и 30% на тестовые выборки. Для определения эффективности применения машинного обучения принимались методы случайного леса, опорных векторов и метод нейронных сетей.

Для реализации алгоритма случайного леса использовали соответствующую библиотеку из пакета sklearn. В качестве критерия расщепления выбрана энтропия, по многочисленным тестам энтропия демонстрирует лучшие показатели точности при большем затраченном времени

на обработку по сравнению с gini. Число деревьев (n_estimators) и максимальная глубина деревьев (max_depth) подбирались экспериментальным путем:

```
RandomForestClassifier (n_estimators=100, criterion="entropy", max_depth = 5000)
```

Точность прогнозирования для случайного леса accuracy 0.8773, что составляет примерно 87,7%, это точность для полной выборки. Для выборки с учетом важности признаков точность составила 86,53%. Это хорошие показатели, меняя параметры модели можно добиваться изменений, указан наилучший результат при указанных параметрах.

Библиотека Keras позволила запустить нейронные сети с минимальным количеством операций. В качестве модели нейронной сети использовали последовательная Sequential из модуля keras.models с заданием слоев keras.layers типа Dense. Наша нейронная сеть будет имеет плотную (Dense) структуру – каждый нейрон связан со всеми нейронами следующего слоя. Выходной слой будет состоять из единственного нейрона, определяющего вероятность полярных сияний:

```
model = keras.Sequential([
keras.layers.Dense(56, input_shape=(42,), activation='relu'),
keras.layers.Dense(1, activation='sigmoid') ])
```

В качестве оптимизатора использовался не обычный стохастический градиентный спуск, а его модификация ADAM – Adaptive Moment Estimation. Для компиляции модели использовали функцию потерь BinaryCrossentropy – это кросс-энтропийная потеря для приложений бинарной (0 или 1) классификации. Для метода нейронных сетей точность составила 0.8552188552188552 (85,6%) для выборки с важными признаками, для полной выборки 86,5%. Это самая низкая точность из используемых в рамках данной работы методов,

Для реализации алгоритма метода опорных векторов использовали соответствующую библиотеку из пакета sklearn. Создали модель model, библиотека sklearn позволяет использовать модификацию алгоритма опорных векторов support vector machines (SVM) – алгоритм обучения с учителем. Он может применяться и для задач регрессии, но в рамках данной работы будет использован как SVM-классификатор:

```
C = 1.0
```

```
model = svm.SVC(kernel='linear', C=C)
```

Для параметра регуляризации C приняли значение равной 1, это значение необходимо уменьшать в случае больших шумов в исходных данных, на основе предыдущих тестов на других методах, наилучшие результаты достигаются при полной выборке параметров, поэтому оставили значение по умолчанию. Для ядра kernel приняли значение linear. Помимо линейной функции, тестирование

проводилось и для сигмовидной (sigmoid), полинома (poly) и для rbf. Линейная функция показала наилучший результат. Так же отметим, что для исходных данных в качестве тестирования применялось и масштабирование данных, для этого использовался StandardScaler, который позволяет стандартизировать данные, но с его использованием наблюдается ухудшение качества прогнозирования до 88,5%.

Для выборки с набором параметров обладающих наибольшей важностью получили точность прогнозирования 88,21%. Для полной выборки получили точность прогноза 89,56%, что является наилучшим результатом из использованных методов.

Заключение и выводы

Лучшим по качеству прогнозирования показал себя метод опорных векторов метода SVM, точность прогнозирования составила 89,56, хуже оказался метод случайного леса 86,5. Хуже всего по точности прогнозирования оказался метод нейронных сетей – 86,5%.

Представлены способы реализации алгоритмов МО с применением библиотек sklearn, tensorflow и ее надстройки keras. Определены важности исходных признаков и тестирование работы МО с удалением шумов.

Полученные результаты, дают основания утверждать, что методы машинного обучения могут позволить проводить прогнозирование полярных сияний. Полученная точность прогнозирования позволяет рассматривать машинное обучение как полноценный инструмент для построения прогнозов наряду с классическими методами прогнозирования. На рассмотренной выборке за 2015 год наилучшая точность прогнозирования составила 89,55%, что является отличным результатом. Но есть необходимость проведения дополнительного тестирования на новых выборках, с использованием идентичных параметров, которые применялись в данной работе, чтобы убедиться в универсальности заданных параметров.

Так же необходимо отметить, в необходимости проведения дополнительных тестов алгоритмов для выборки с удалением «шумов», т.к. в работе наблюдаются ухудшение показателей точности, по сравнению с полной выборкой, использование других реализация алгоритмов и их настройка может позволить повысить эффективность прогнозирования с удалением шумов.

Библиографический список

1. Аскаплоты советских станций за 1978 год: (оперативно-информационный материал) / Акад. наук СССР, Кол.фил. им. С.М. Кирова, Поляр. геофиз. ин-т. – Апатиты: Кольский филиал АН СССР, 1981. – 87 с

2. Старков Г.В. Математическое описание границ аврорального свечения // Геомагнетизм и аэрономия. 1994. Т. 34. № 3. С. 80-86
3. Батура, Т.В. Методы автоматической классификации текстов / Т.В. Батура // Программные продукты и системы. – 2017. – № 1. – С. 85-99
4. Воробьев, А.В. Программное обеспечение для автоматизированного распознавания и оцифровки архивных данных оптических наблюдений полярных сияний / А.В. Воробьев, А.Н. Лапин, Г.Р. Воробьева // Информатика и автоматизация. – 2023. – Т. 22, № 5. – С. 1177-1206.
5. Воробьев А.В., Соловьев А.А., Пилипенко В.А., Воробьева Г.Р., Гайнетдинова А.А., Лапин А.Н., Белаховский В.Б., Ролдугин А.В. Локальная диагностика наличия полярных сияний на основе интеллектуального анализа геомагнитных данных. Солнечно-земная физика. 2023. Т. 9, № 2. С. 26–34
6. Исследование важности входных признаков при прогнозировании геомагнитного индекса алгоритмами машинного обучения / Р.Д. Владимиров, В.Р. Широкий, О.Г. Баринов [и др.] // Информационные технологии и нанотехнологии (ИТНТ-2022): сборник трудов по материалам VIII Международной конференции и молодежной школы. В 5-ти томах, Самара, 23–27 мая 2022 года / Под редакцией А.В. Куприянова. Том 5. – Самара: Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, 2022. – С. 52522

© Попов А.С., 2023

УДК 004

А.А. СОКОЛОВА

sokolova_aa2002@mail.ru

Науч. руковод. – д-р техн.наук, доцент каф. ГИС **А.В. ВОРОБЬЕВ**

Уфимский университет науки и технологий

МОБИЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОЛЯРНЫХ СИЯНИЙ НА БАЗЕ ТЕХНОЛОГИИ ЯНДЕКС «ОНЛАЙН КАРТЫ»

Аннотация: в данной статье рассматриваются вопросы прогнозирования возникновения полярных сияний, а также способы визуализации данных прогнозирования. Описывается алгоритм построения изолиний, отражающих вероятность возникновения полярных сияний. Рассматриваемые вопросы

реализованы для платформы Android на языке программирования Java с использованием технологии «онлайн карты» от Yandex.

Ключевые слова: мобильное приложение; изолинии; визуализация данных; Java; Android; полярное сияние; онлайн карты; Yandex MapKit; прогнозирование.

Введение

Магнитное поле Земли тесно связано с рассматриваемом в данной статье природным явлением таким как полярное сияние или аврора. Полярное сияние или аврора – это естественное свечение неба, которое хорошо видно особенно в высоких широтах, оно вызвано столкновением заряженных частиц с атомами в верхних слоях атмосферы [1]. Магнитное поле Земли захватывает частицы солнечного ветра, которые в дальнейшем в большом количестве перемещаются по направлению к полюсам, где сталкиваются с атмосферой Земли. Столкновения между данными ионами, атомами атмосферы и молекулами приводит к выбросам энергии в виде свечения атмосферы, полярных сияний, которые появляются в виде больших кругов вокруг полюсов Земли.

На сегодняшний день прогнозирование и исследование полярных сияний являются одними из самых важных научных трудов, так как данное природное явление тесно связано с магнитными бурями, которые имеют отрицательное влияние на жизнь на Земле.

Для исследования полярных сияний на сегодняшний день актуальны различные сервисы, которые реализуют прогнозирование данного природного явления. Таким образом, мобильная информационная система (МИС), содержащая в себе функцию визуализации прогнозов полярных сияний на онлайн картах, является самым актуальным вариантом подобных сервисов.

В данной статье рассматриваются вопросы прогнозирования возникновения полярных сияний, а также реализация визуализации полученных в процессе прогнозирования данных с помощью изолиний. Предложенная МИС разработана на базе «Android» на языке программирования «Java» с использованием технологии «онлайн карты» от Yandex, представленной в библиотеке «Yandex MapKit», в интегрированной среде «Android Studio».

Android

Для разработки мобильной информационной системы была выбрана мобильная операционная система «Android». Android – операционная система с открытым исходным кодом, поэтому любой может бесплатно скачать ее, изменить и опубликовать свою версию [2].

Благодаря тому, что данная мобильная операционная система является наиболее популярной и открытой, разрабатываемая МИС будет охватывать большое количество пользователей, которые смогут использовать ее в первоначальной версии или с добавлением пользовательских модулей.

Android Studio

Android Studio – интегрированная среда разработки производства Google, с помощью которой разработчикам становятся доступны инструменты для создания приложений на платформе Android OS. Android Studio можно установить на Windows, Mac и Linux [3].

Данная интегрированная среда является бесплатной, что позволяет использовать ее в независимых проектах. Также благодаря тому, что разработку мобильных информационных систем в Android Studio можно вести на языке программирования «Java», существует возможность использования различных дополнительных модулей сторонних разработчиков. В данной среде разработки программного обеспечения присутствуют инструменты для разработки решений для мобильных устройств с операционной системой Android различных версий.

Yandex MapKit

Yandex MapKit – это кроссплатформенная библиотека, которая позволяет использовать возможности Яндекс.Карт в мобильных приложениях для iOS и Android [4]. Данная библиотека позволяет реализовывать проекты с использованием карт Яндекса для мобильных операционных систем Android и iOS на языке программирования Java. Для разработки мобильной информационной системы была выбрана данная библиотека, так как Yandex MapKit является бесплатным сервисом для реализации решений, включающих в себя картографические данные. Для использования данного сервиса была произведена регистрация в кабинете разработчика для получения API ключа, требуемого при использовании данной библиотеки.

Изолинии и алгоритм Джарвиса

Для реализации визуализации прогнозов полярных сияний в мобильной информационной системе был выбран метод изолиний, отвечающих за вероятность возникновения полярных сияний на определенных территориях.

Изолиния – условное обозначение на карте, чертеже, схеме или графике, представляющие собой линию, в каждой точке которой измеряемая величина сохраняет одинаковое значение. Изолинии дают характеристику непрерывных явлений в некоторый период или момент времени. Применяются при

картографировании природных и социально-экономических явлений; могут быть использованы для получения их количественной характеристики и для анализа корреляционных связей между ними [5].

В связи с отсутствием встроенных методов генерации изолиний в библиотеке Yandex MapKit было произведено решение о создании функции выполняющей алгоритм выпуклой оболочки Джарвиса.

Алгоритм Джарвиса – это алгоритм построения выпуклой оболочки. Данный алгоритм заключается в том, что мы ищем выпуклую оболочку последовательно, против часовой стрелки, начиная с определенной точки [6].

Java

Java – это объектно-ориентированный язык программирования, разработанный компанией Sun Microsystems (в последующем приобретённой компанией Oracle). Дата официального выпуска – 23 мая 1995 года [7].

Разработка рассматриваемого в статье программного обеспечения была произведена на языке программирования Java в связи с его масштабностью и гибкостью. Существует множество библиотек и модулей для разработчиков, разработанных для проектирования решений на языке программирования Java, что делает его универсальным решением.

Подготовка данных для визуализации

Для реализации автоматизации визуализации прогнозов полярных сияний было произведена подготовка данных, представляющих собой набор координат, содержащие в себе значения долготы и широты, которым соответствуют значения вероятности возникновения полярных сияний. Данные были собраны из электронного ресурса Aurora Forecast Beta [8].

Фрагмент данных представлен на рис. 1.

```
[20, -70, 38], [20, -69, 36], [20, -68, 34], [20, -67, 32],  
[20, 3, 0], [20, 4, 0], [20, 5, 0], [20, 6, 0], [20, 7, 0]  
8], [20, 81, 5], [20, 82, 3], [20, 83, 2], [20, 84, 1], [20  
, [21, -29, 0], [21, -28, 0], [21, -27, 0], [21, -26, 0],
```

Рис. 1. Фрагмент набора координат

Наборы исходных данных были преобразованы таким образом, что значение долготы точек находившихся, в западном полушарии, имеющие значение долготы больше 180 градусов, было изменено по формуле:

$$longitude = -1 \cdot (360 - longitude) \quad (1)$$

Данная операция была произведена по причине того, что функции библиотеки Yandex MapKit принимают значения долготы в формате, включающем диапазоны от 0 до 180 градусов и от 0 до -180 градусов.

Визуализация прогнозов полярных сияний

На первом этапе работы был произведен анализ исходных данных. Было произведено присвоение цветов значениям вероятности возникновения полярных сияний. Измененная зависимость цветов и значений вероятности возникновения полярных сияний представлена в табл.1.

Таблица 1

Зависимость цветов и значений вероятности возникновения полярных сияний

Промежуток значений вероятности возникновения полярных сияний	Цвет области возникновения полярного сияния
От 0 до 25	Синий
От 26 до 50	Зеленый
От 51 до 75	Желтый
От 76 до 100	Красный

Далее было произведено подключение программной библиотеки Yandex MapKit для использования технологии «онлайн карты» в Android Studio. Также для использования функций программной библиотеки потребуется API ключ.

Далее было произведено создание пользовательской функции на языке программирования Java для записи данных из текстового файла, хранящего наборы координат, в многомерный массив. Также было произведено применение формулы 1.

Затем было произведено создание пользовательских функций для генерации изолиний с использованием алгоритма Джарвиса выпуклой оболочки так, как в библиотеке Yandex MapKit отсутствуют встроенные функции для генерации изолиний по наборам координат. Каждой изолинии был присвоен определенный цвет см. табл. 1.

Далее было произведено добавление пользовательского интерфейса для просмотра данных за определенный период времени, указанный пользователем. Интерфейс разработанного программного обеспечения и результат визуализации данных представлен на рис. 2.

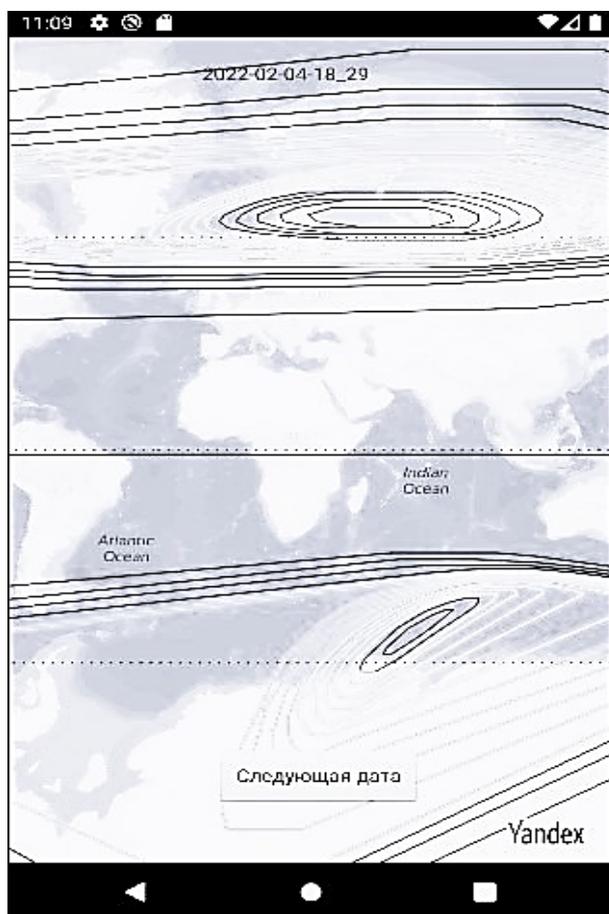


Рис. 2. Данные за 04.02.2022

Заключение

В данной статье представлены результаты разработки мобильной информационной системы для визуализации прогнозов полярных сияний на базе технологии «Онлайн карты».

Разработанная МИС решает задачи автоматизации визуализации прогнозов полярных сияний для работы ученых в области исследования полярных сияний, а также для простых пользователей, интересующихся данным природным явлением.

Дальнейшая работа заключается в усовершенствовании пользовательского интерфейса МИС и добавлении дополнительных функций загрузки данных пользователем для дальнейшей визуализации прогнозов полярных сияний.

Библиографический список

1. Северное сияние // Spacegid.com – Ваш гид в мире космоса [Электронный ресурс]. URL: <https://spacegid.com/chto-myi-znaem-o-polyarnom-siyanii.html> (дата обращения 05.10.2023).
2. Об Android // Android [Электронный ресурс]. URL: https://www.android.com/intl/ru_ru/everyone/enabling-opportunity/ (дата обращения 05.10.2023).
3. Что такое Android Studio // Web-Proger [Электронный ресурс]. URL: <http://web.spt42.ru/index.php/chto-takoe-android-studio> (дата обращения 05.10.2023).
4. MapKit // Технологии Яндекса [Электронный ресурс]. URL: <https://yandex.ru/dev/maps/mapkit/?from=mapsapi> (дата обращения 05.10.2023).
5. Изолиния // Indicator [Электронный ресурс]. URL: <https://indicator.ru/label/izoliniya> (дата обращения 05.10.2023).
6. Построение минимальных выпуклых оболочек // Хабр [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/post/144921/> (дата обращения 05.10.2023).
7. Язык программирования Java // Web Creator [Электронный ресурс]. URL: <https://web-creator.ru/articles/java>
8. Aurora Forecast Beta [Электронный ресурс]. URL: <http://aurora-forecast.ru/> (дата обращения 04.03.2022).

© Соколова А.А., 2023

УДК 004

Д.А. ТРУШНИКОВА

dashatrue34@gmail.com

Науч. руковод. – д-р техн.наук, профессор кафедры ГИС **А.В. ВОРОБЬЕВ**

Уфимский университет науки и технологий

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Аннотация: в рамках выполнения выпускной квалификационной работы предлагается визуализация геофизической информации, а конкретно – полярного сияния. Для осуществления визуализации выбирается язык программирования, среда разработки. Рассматривается язык программирования JavaScript, среда разработки VS Code, которая является простым и интуитивно понятным текстовым редактором с исходным кодом. Для решения задачи

визуализации используется ArcGIS API, предназначенный для создания веб-приложений. Описывается алгоритм создания приложения, визуализирующего полярное сияние. Для построения используются данные – координаты точек, соответствующих долготе и широте.

Ключевые слова: веб-приложение; JavaScript; ArcGIS API для JavaScript; VS Code; CSV; визуализация; данные; среда разработки.

Введение

Объемы данных, с которыми нужно работать, постоянно увеличиваются. И чем больше информации, тем сложнее ее обрабатывать. Вот почему сейчас стала особенно популярна тема визуализации данных. В настоящее время распространены программные решения, направленные на интеграцию ГИС и Интернет. С помощью такой интеграции представляется возможным расширить круг пользователей ГИС и сделать геофизические данные более доступными. ArcGIS API для JavaScript обладает мощными геопространственными возможностями и позволяет создавать собственные приложения, отображающие карты.

Целью работы являлось создание веб-ГИС, отображающей карту и предоставляющей пользователям базовый функционал для определения вероятности появления полярного сияния в конкретном месте.

JavaScript как язык визуализации

JavaScript – язык программирования, который используется для создания интерактивных веб-страниц, приложений, а также сложных графиков, карт и анимации.

Программы, написанные на JavaScript, называются скриптами. Они могут встраиваться в HTML и выполняться автоматически при загрузке веб-страницы. Скрипты выполняются, как простой текст.

JavaScript делает страницу браузера «живой», поэтому этот язык программирования подходит для решения задачи визуализации. Имея множество библиотек, JavaScript дает разработчикам возможность реализации практически любой задачи: от построения графика до создания сложного веб-приложения.

ArcGIS API (Application programming interface) для JS

ArcGIS API для JavaScript - это продукт для создания приложений картографирования и пространственного анализа для интернета. Он объединяет 2D и 3D в единый, простой в использовании и мощный программный интерфейс.

С помощью ArcGIS API для JS можно реализовать следующее:

1. Отображение интерактивной карты собственных данных.
2. Поиск объектов или атрибутов в ГИС и отображение результатов.

3. Поиск адресов и отображение результатов.
4. Отображение своих данных на базовой карте ArcGIS.
5. Выполнение ГИС-модели на сервере.

ArcGIS API для JavaScript позволяет создавать собственные веб-приложения, предоставляющие передовые ГИС-решения. Осуществляется поддержка как динамических, так и кэшированных (мозаичных) картографических сервисов ArcGIS Server. Можно улучшить свои веб-приложения, разрешив пользователям рисовать графику или предоставляя всплывающие информационные окна, когда пользователь щелкает или наводит курсор мыши.

В ArcGIS API для JavaScript включены классы и методы для общих задач ГИС:

- Запрос;
- Поиск адресов;
- Нахождение атрибутов;
- Выявление особенностей;
- Геообработка.

Также возможен доступ к разным библиотекам. ArcGIS API для JavaScript создан на основе Dojo JavaScript Toolkit и предоставляет доступ к виджетам Dojo и другим инструментам JavaScript. Dojo – свободная модульная библиотека JavaScript, которая разработана с целью упростить ускоренную разработку основанных на JavaScript приложений и сайтов.

Программный интерфейс ArcGIS предназначен для разработчиков, которые хотят быстро создать картографическое веб-приложение и тратить меньше времени на программирование. Ничего скачивать не нужно — просто напишите код HTML и JavaScript, разверните свое веб-приложение или встройте его в веб-страницу.

С помощью ArcGIS API для JavaScript ESRI предлагает разработчикам потрясающие возможности для создания открытых веб-приложений ГИС.

Среда разработки

Прежде чем начать работу над визуализацией геофизических данных, необходимо выбрать среду, в которой будет разрабатываться будущий проект.

Подходящая среда для визуализации с помощью языка программирования JavaScript – редактор исходного кода Visual Studio Code (VS Code), предназначенный для разработки веб-приложений.

С архитектурной точки зрения VS Code сочетает в себе лучшие веб-, собственные и языковые технологии. Для VS Code есть расширения, которые

позволяют подстраивать его под конкретные задачи. Он подходит для кроссплатформенной разработки, позволяет писать код на разных языках для облачных и веб-приложений. Включает в себя отладчик, подсветку синтаксиса, навигацию по коду и др. VS Code обладает интуитивно понятной и простой схемой расположения основных элементов.

Visual Studio Code также имеет поддержку плагинов. Они могут включать в себя дополнения к редактору, поддержку дополнительных языков программирования, статические анализаторы кода, что дает возможность для разработки любого IT-продукта.

Перед началом работы в приложении был установлен язык JavaScript для написания кода.

Процесс визуализации

После определения языка и среды разработки начинается процесс визуализации данных. На поверхности земного шара должна отображаться вероятность появления полярного сияния. Значение вероятности хранится в файле формата .csv. Точечный слой CSVLayer позволяет добавлять объекты из текстового файла со значениями, разделенными запятыми (.csv) или текстового файла с разделителями (.txt), который включает информацию о широте и долготе. На файл ссылаются как на файл, размещенный в Интернете. По этой причине файл должен быть общедоступным. Файл включает большое количество пар полей координат, поскольку эти поля используются для определения местоположения точки на карте.

Для отображения результата на веб-странице JavaScript используется совместно с языком разметки HTML. Он необходим для того, чтобы сообщить браузеру, как отображать данные на веб-странице. В данном случае HTML представляет собой набор команд, который после обработки превращается в визуальное представление.

Пример отображения вероятности появления полярного сияния представлен на Рис. 1.

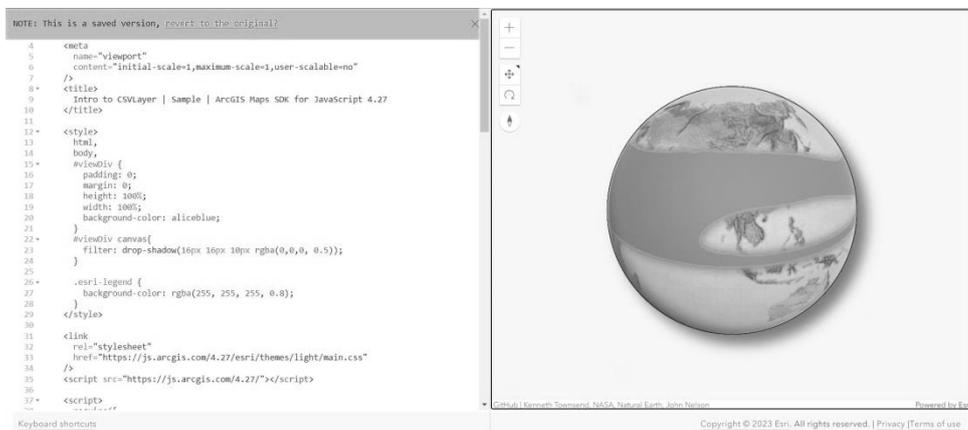


Рис. 1. Пример визуализации

Добавляем CSS (Cascading Style Sheets), чтобы создать страницу с элементом viewDiv. ViewDiv — это элемент, отображающий карту. Затем добавляем JS библиотеку ArcGIS. Указываем «esri/Map» для загрузки модуля Map. Данные с CSV-файла интегрируются в код в виде ссылки на сайт. Точкам присваивается цвет, что позволяет точнее передать визуализируемую информацию.

Заключение

В данной статье представлены результаты реализации визуализации вероятности появления полярного сияния на основе предоставленных данных. Перед началом работы были проанализированы средства, которые необходимы для решения поставленной задачи.

JavaScript, как язык программирования, был применен для создания графика в браузере. Удобный и простой в использовании язык позволяет легко отслеживать и управлять содержимым веб-страницы.

ArcGIS API для JavaScript – мощный и гибкий инструмент, который обеспечивает доступ к широкому спектру возможностей, таких как: геокодирование, создание карт, управление слоями, работа с атрибутивной информацией и т.д.

Среда разработки VS Code предоставляет удобный и понятный интерфейс для написания кода. Редактор обеспечивает всеми необходимыми инструментами благодаря большому количеству доступных расширений и плагинов.

Визуализация реализована в виде веб-приложения, представляющего отображение земного шара, на котором расположены точки, координаты которых соответствуют вероятности появления полярного сияния в том или ином месте земной поверхности. Код написан на языке программирования JavaScript в среде разработки VS Code с использованием инструмента ArcGIS API для JavaScript.

В статье рассматривается использование ArcGIS API для JavaScript для создания карты с визуализацией полярного сияния на основе данных из различных источников. Важно отметить, что ArcGIS API обрабатывает географические данные, поэтому данные о вероятности появления полярного сияния должны быть преобразованы в географические координаты. Визуализация выполнена с использованием различных стилей и техник для создания привлекательной и информативной карты.

Дальнейшую работу предполагается продолжить в направлении улучшения точности отображения и увеличения объема данных.

Библиографический список

1. Коновалова Н.В., Капралов Е.Г. Введение в ГИС. Учебное пособие: Книга. Москва: 1997.
2. Я.Ю. Блиновская, Д.С. Задоя. Введение в геоинформационные системы – Москва: Форум, НИЦ ИНФРА-М, 2016. – 112 с. – ISBN 978-5-00091-115-0.

3. Вестра Э. Создание геопрограмм на языке Python [Электронный ресурс]. <https://dmkpress.com/files/PDF/978-5-97060-437-3.pdf>.

4. Э. Фримен, Э. Робсон. Изучаем программирование на JavaScript. <https://djvu.online/file/KGNCstEFi12OU>

5. Нейтан Яу. «Искусство визуализации в бизнесе».
<http://comagency.ru/uploads/16032014/2d1fb27674ed4bdda6885cb8f086a3cb.pdf>.

© Трушникова Д.А., 2023

УДК 004.55

Д.А. ШАЙМАРДАНОВ, Д.И. МУХАМЕТОВ

dinar-vvv@yandex.ru

Науч. руковод. – старший преподаватель **С.Ю. МАКАРОВА**

Уфимский университет науки и технологий

НАВИГАЦИЯ В УНИВЕРСИТЕТЕ: РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ МАРШРУТИЗАЦИИ ВНУТРИ КОРПУСОВ И ПОИСКА АУДИТОРИЙ

Аннотация: отчет исследует смешанную реальность (MR), объединяющую виртуальную и дополненную реальность. Рассматриваются современные методы навигации и важность интуитивного дизайна приложений MR. Показаны преимущества современных методов перед традиционными. MR обогащает опыт пользователей, имея широкое применение в навигации и обучении.

Актуальность

В современном мире люди часто сталкиваются с проблемами навигации, оказываясь в новой для них местности, несмотря на обилие приложений «навигаторов», которые показывают маршруты между странами, городами, улицами.

Навигаторы, или навигационные приложения, представляют собой программные инструменты, разработанные для помощи людям в определении оптимального маршрута и ориентирования в незнакомой местности. Они обычно используют глобальную систему позиционирования (GPS) и другие технологии для предоставления подробных карт, подсказок и инструкций.

GPS (Global Positioning System - система глобального позиционирования) - спутниковая система навигации, обеспечивающая измерение расстояния,

времени и определяющая местоположение во всемирной системе координат WGS 84 [1].

Определение пути от точки «А» до точки «Б» в локальных общественных местах, таких как аэропорты, музеи, торговые центры или большие университеты, становится проблемой. Современные навигаторы, хоть и предоставляют навигационные инструкции, но не всегда те обладают информацией о внутренней структуре таких мест и не всегда они способны предложить оптимальные маршруты для перемещения внутри них. К тому же, они требуют активного взаимодействия с устройством и отвлекают внимание от окружающей среды. Способы навигации внутри здания, такие как путеводные карты, баннеры с указанием пути, не всегда обладают полной информацией. Все это может создавать неудобства и запутывать людей, особенно тех, кто плохо ориентируется в незнакомых местах.

Множество корпусов и аудиторий в университете «УУНиТ», а также его обширная территория, вызывают затруднения при поиске удобного и эффективного метода навигации. Многие студенты, особенно первокурсники, часто путаются в выборе оптимального маршрута для нахождения нужной аудитории, в следствие чего студент или преподаватель могут вовремя не успеть на занятия. Также посетители ВУЗа, пришедшие первый раз, не имеют возможности без сопровождения найти нужный им корпус или кабинет.

Постановка задачи

Для уточнения местоположения и нахождения аудиторий, предоставляются неполные сведения, такие как указатели переходов между корпусами. Также информация о местоположении часто представлена в виде кодов, включающих номер корпуса, этаж и номер кабинета, например, аудитория 6-303 обозначает, что она располагается в шестом корпусе, на третьем этаже, и это третья аудитория от входа. Эти указатели предоставляют базовое ориентирование, они не обеспечивают достаточного уровня удобства и доступности информации, особенно для лиц, впервые посещающих университет.

Ранее предпринимались попытки создать навигаторы для улучшения ориентирования в университете «УУНиТ». Например, выпускники прошлых лет разработали навигатор, который, имел ряд ограничений. В нем не были представлены все корпуса университета, а существующие корпуса были плохо отрисованы с использованием Blender – программы, которая не всегда идеально подходит для создания масштабных моделей такого типа. Более того, приложение Сальниковой не соответствовало современным стандартам удобства пользования (UX) и интерфейса (UI), что снижало его привлекательность для пользователей.

Другой навигатор ограничивался только двумерным отображением маршрута, что могло создавать неудобства для пользователей. В таком случае, они могли видеть только карту без возможности визуализации окружающей

местности, а также отсутствовали важные ориентиры и указания на экране, которые помогали бы легче и точнее следовать маршруту. Этот ограниченный способ представления маршрута мог вызывать затруднения в навигации, особенно в незнакомых местах, где важно ориентироваться и оценивать окружающую среду для успешного перемещения.

Цель данной статьи заключается в исследовании проблемы навигации в сложно-структурированных многоэтажных территориально распределенных зданиях в составе кампуса, на примере кампуса УУНиТ и выбора наиболее удобного способа ориентирования. Исследования включают в себя дальнейшее проектирование мобильного приложения, отвечающего современным стандартам, обладающего интуитивно-понятным (UX/UI) интерфейсом. В процессе исследования будут применены нижеописанные ведущие технологии в области навигации и геоинформационных систем.

В отличие от предыдущих попыток, в данном проекте планируется применить цифровые технологии, таких как смешанная реальность, для более наглядного и интуитивно понятного представления маршрутов и местоположений. Кроме того, планируется реализовать в приложении возможность просмотра маршрутов с использованием трехмерных моделей для более наглядного представления перемещения между этажами и внутри корпусов.

Смешанная реальность (Mixed Reality, MR) представляет собой инновационную технологию, объединяющую элементы виртуальной реальности (VR) и дополненной реальности (AR), создавая уникальный опыт взаимодействия с цифровыми объектами и информацией в реальном мире.

Она позволяет создавать разнообразные применения, включая навигацию, обучение, медицинское моделирование, индустриальное обучение и развлечения. В рамках навигации, MR может предоставить пользователю наглядную информацию о местоположении, маршрутах и объектах в окружающей среде, делая навигацию более эффективной и удобной.

Продолжая развиваться и расширять свой потенциал, она остается одной из наиболее обещающих областей в сфере информационных технологий. Ее внедрение в различные сферы жизни предоставляет пользователю уникальные возможности для взаимодействия с информацией и окружающим миром, что делает ее темой значительного интереса для исследований и разработок.

Аббревиатура UX расшифровывается как user experience – «пользовательский опыт». Простыми словами, это то, каким образом пользователь взаимодействует с интерфейсом и насколько сайт или приложение для него удобны. UX/UI-дизайнеры востребованы в IT-сфере, поскольку интерфейсы, которые готовят программисты, должны быть не только красивы, но и понятны.

В UX входит навигация по сайту, функционал меню и результат взаимодействия со страницами. Это не только «костяк» сайта – его структура, – но и коммуникация: диалоговые окна, функционал кнопок, настройки поиска и форм. Именно от качества UX зависит то, насколько быстро пользователь сможет получить то, зачем он пришёл на сайт.

UI – это user interface, пользовательский интерфейс, проще говоря – оформление сайта: сочетания цветов, шрифты, иконки и кнопки [2].

Разрабатываемое приложение для навигации в Университете предоставит пользователю удобный функционал для ориентации и перемещения по кампусу.

С его помощью пользователь сможет просматривать расписание занятий или мероприятий на определенный день. Это позволяет ему четко понимать, какой предмет или активность происходит в данный момент и куда нужно идти.

Также приложение позволяет построить оптимальный маршрут, если пользователю необходимо попасть в определенное место на кампусе или в другое здание. Пользователь указывает начальную и конечную точки, и приложение предлагает наиболее удобный маршрут.

Особенностью приложения является возможность учета этажей здания при построении маршрута. Если место назначения находится на другом этаже, приложение показывает это на двумерной модели здания и указывает соответствующий маршрут.

Приложение также обеспечивает информацию в формате смешанной реальности, что позволяет пользователю получать на экране инструкции во время движения по маршруту, что значительно упрощает навигацию и предотвращает возможные заблуждения.

Дополнительно, пользователь может получить информацию о различных объектах в кампусе. Нажав на подсказку на экране, он может получить дополнительные сведения о зданиях, офисах, кафетериях и других объектах.

Мое приложение для навигации в Университете предоставляет все необходимые функции для удобного и эффективного перемещения пользователей по кампусу. Оно помогает им быстро находить нужные места, ориентироваться в расписании и получать актуальную информацию о маршрутах и объектах.

Модель представляет собой структуру приложения для навигации по университетскому кампусу. Она начинается с главного экрана, откуда пользователь может получить доступ к различным функциям. Главные функциональные блоки включают в себя расписание, построение маршрута, смешанную реальность, информацию о кампусе, настройки, помощь и поддержку. Каждый из этих блоков предоставляет определенные возможности для удобной навигации и поиска информации. Пользователь может переходить

между блоками для выполнения различных задач, таких как просмотр расписания, построение маршрутов, использование смешанной реальности для навигации и поиска информации о местах на кампусе. Модель приложения представлена на *Рис. 1*.



Рис. 1. Модель приложения алгоритма

Заключение

Приложение для навигации в университете с смешанной реальностью предоставляет удобное и интуитивное средство перемещения по кампусу. Смешанная реальность и интуитивный дизайн делают навигацию простой, а информация о местоположениях объектов делает приложение ценным инструментом для студентов и персонала.

Библиографический список

1. Азума Р.Т. Расширенная реальность: виртуальные миры на грани реальности // Присутствие: Телооператоры и Виртуальные Среды. – 1997. – Т. 6, № 4.– С. 355-385.
2. Мильграм П., Кишино Ф. Таксономия визуальных дисплеев для смешанной реальности // Транзакции ИИСС.– 1994.– Т. 77, № 12.– С. 1321-1329.
3. Биллингхерст М., Дуэнсер А. Расширенная реальность в классе // Компьютер.– 2012. –Т. 45, № 7. – С. 56-63.
4. Киппер Г., Рамполла Дж. Расширенная реальность: руководство по новым технологиям. – Эльзевир, 2012.
5. Томас Б.Х. и др. Влияние игровой системы с расширенной реальностью на верхнюю часть тела // Третья Международная конференция по виртуальной реальности. – 2000. – С. 86-94.
6. GPS: Принцип работы [Электронный ресурс] URL: <https://ria.ru/20221227/gps-1841777019.html>.

7. Что такое UX/UI-дизайн и как попасть в эту профессию [Электронный ресурс] URL: https://skillbox.ru/media/design/ux_ui_dizayn_что_ето_такое/#stk-1.

© Шаймарданов Д.А., Мухаметов Д.И., 2023

УДК 004.89

Т.А. ШАЙХИНУРОВ

fosterygaty@yandex.ru

Науч. руковод. – канд. техн.наук, доцент кафедры ГИС **И.А. ИВАНЦОВ**

Уфимский университет науки и технологий

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ ОБЪЕКТОВ ПРИ ВЕКТОРИЗАЦИИ РАСТРОВЫХ ДАННЫХ

Аннотация: статья посвящена наиболее эффективному методу классификации объектов при переходе из растрового в векторное представление картографических данных.

Ключевые слова: openCV, классификация, объекты, растровые карты, векторные изображения.

В настоящее время наблюдается тенденция на внедрение нейросетей, машинного обучения и ИИ во многие инструменты работ и обработки информации. Они дают создать основу современных тенденций автоматизации производственных процессов. Примером могут служить картографические материалы, где существуют процедуры перехода материала в удобную векторную форму. Процесс векторизации является достаточно сложным и трудоёмким процессом, который требует большого количества времени и квалификации.

В соответствии с вышеописанной проблемой возникает потребность в автоматизированной конвертации картографических данных из растрового в векторное представление. Процесс векторизации состоит из выделения объектов с их последующей классификации и распределении по классам объектов.

Проблема состоит в том, что распределение объектов по классам из топографической карты требует много времени, а также может сильно скажется на конечном результате.

Для того, чтобы упростить данный процесс, предлагается использовать нейросети, использующие библиотеку OpenCV [1] (Open Source Computer Vision), что позволяет кратно ускорить процесс оцифровки картографической информации с бумажных носителей. Данная библиотека предназначена для

работы с алгоритмом компьютерного зрения, машинным обучением и обработкой изображений.

В данной статье будет рассмотрена работа данной библиотеки на примере на работы в ГИС ИнГео [2], для которого был создан векторизатор, работающий с помощью метода Кэнни [3]. В соответствии с этим методом, алгоритм выделяет границы объектов на растровой карте, с помощью перевода в оттенки серого изначального изображения, далее алгоритм сглаживает шумы с помощью фильтра Гаусса. Границы обнаруживаются там, где изменения интенсивности серого заметнее всего. На рисунке 1 проиллюстрирован пример работы векторизатора из растрового формата в векторный.



Рис. 1. Интерфейс работы векторизатора для ГИС ИнГео

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.

В данном случае при переводе изображения из растрового формата в векторный, на выходе получается один слой векторной карты, состоящих из контуров. В этом случае отсутствует классификация по объектам, что затрудняет работу по конкретным участкам карты. Для таких случаев библиотека OpenCV, а именно её подмодуль OpenCV Contours [4], который соединяет все непрерывные точки вдоль границы объектов, имеющий один и тот же цвет или интенсивность, помогает разделить векторную карту на несколько слоёв, что фактически позволяет классифицировать обнаруженные объекты. Так были сформированы следующие слои: точечные объекты, линейные объекты, полигональные объекты.

Работа алгоритма [5], для распознавания объектов заключается в том, что необходимо для начала загрузить векторное изображение, которое будет выступать в качестве вводных данных. Далее применяются необходимые операции предобработки: конвертация в серый диапазон в случае цветного изображения, сглаживание и преобразование в черно-белое изображение.

После предобработки применяется функция поиска контуров на изображении. Данная функция извлекает контуры из бинарного представления, где каждый контур хранится как вектор точек. Далее обнаруженные контуры подвергаются фильтрации. Для данного процесса применяются различные критерии фильтрации для исключения ненужных контуров, так, например, можно исключить слишком тонкие или толстые контуры.

Для того, чтобы визуализировать результат, необходимо нарисовать контуры на исходном изображении с помощью функции отображения контуров. Данная функция применяется для рисования любых фигур, при условии наличия граничных точек.

Затем для решения проблемы классификации объектов, применяются инструментари анализа и классификации, с помощью вычислений характеристик контуров и применения машинного обучения. Так на выводе конечного изображения получается несколько изображений с разными типами объектов. Пример классификации представлен на рисунке 2.



Рис. 2. Результат классификации объектов

В данном примере использовался подход, который для обнаружения объектов, использовал классификации обнаруженной формы на основе ряда сторон, которые она имеет. Так, если обнаруженный многочлен имеет 1 сторону, то его можно рассматривать как линейный объект, если многочлен имеет 4 стороны, то его можно классифицировать как квадрат или прямоугольник и так далее.

Библиографический список

1. OpenCV – About [Электронный ресурс] // – Режим доступа: <https://opencv.org/about/>
2. Центр системных исследований "Интегро. [Электронный ресурс] // – Режим доступа: <https://www.integro.ru/>
3. «Детектор границ Канни». [Электронный ресурс] // – Режим доступа: <https://habr.com/ru/articles/114589/>
4. OpenCV – Contours. [Электронный ресурс] // – Режим доступа: https://docs.opencv.org/3.4/d4/d73/tutorial_py_contours_begin.html

5. «Detecting Geometrical Shapes in an image using OpenCV». [Электронный ресурс] // – Режим доступа: <https://medium.com/simply-dev/detecting-geometrical-shapes-in-an-image-using-opencv-bad67c40174f>

© Шайхинуров Т.А., 2023

УДК 004.021

А.И. ЮДИНА

angelina.yudina.020606@mail.ru

Уфимский университет науки и технологий

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ

Аннотация: геоинформационные системы (ГИС) – это значительный рабочий инструмент для системного анализа и оценки экологических рисков. В данной статье рассматривается применение ГИС в контексте экологии, исследование влияния загрязнения окружающей среды и разработка мер по предотвращению экологических катастроф.

Ключевые слова: геоинформационные системы, экологические риски, прогнозирование, предотвращение, антропогенные факторы, концентрация, метан, климат.

Введение

Нынешнее общество пытается бороться с достаточно большим количеством экологических проблем, например, с загрязнением воздуха и воды, исчезновением видов, переменной климата и ухудшением почвы. Эти проблемы имеют глобальный характер и испытывают нужду в системном подходе для их решения.

Геоинформационные системы предоставляют возможность интегрировать данные о природных ресурсах, среде, геологии, населении и других факторах, что позволяет более точно прогнозировать и предотвращать загрязнение атмосферы.

Также ГИС применяются в контексте экологии, исследовании влияния антропогенных факторов на окружающую среду и разработки способов предотвращения экологических опасностей. Используются данные, собранные с помощью спутниковых снимков, аэрофотосъемки и геоданных, которые были обработаны и проанализированы с использованием ГИС-технологий.

С их помощью можно производить анализ большого объема данных и строить карты, что помогает выявить связи и разработать действенные меры для избежания экологических катастроф и сохранности природных ресурсов.

Обнаружение экологических проблем при помощи геоинформационных систем

Использование ГИС позволило выявить связи между различными факторами и экологическими рисками. Например, было установлено, что наличие промышленных предприятий вблизи водоемов приводит к загрязнению воды и ухудшению ее качества. А если использовать данные о поверхности Земли, то можно измерить и уточнить воздействие метана из Арктики на атмосферу планеты.

Известно, что метан имеет большое значение в изменениях климата, и эти показатели колоссальны именно в Арктике, поскольку там выбросы данного газа выходят за рамки допустимого предела, основанного на климатических и географических моделях.

Для того, чтобы выяснить сколько этого простейшего углеводорода содержится в атмосфере задействуется инфракрасный эхолот «Airs», CrIS/Suomi, Tanso/Gosat, Iasi и другие [4]. Благодаря этим приборам появляется возможность узнать сколько метана содержится в атмосфере как в дневное, так и в ночное время, а также на суше и над морской поверхностью. В данное время на орбите находятся немало спектрометров, например, Iasi на спутниках Metop-A и Metop-B, Airs на спутнике Aqua и CrIS/Suomi [4].

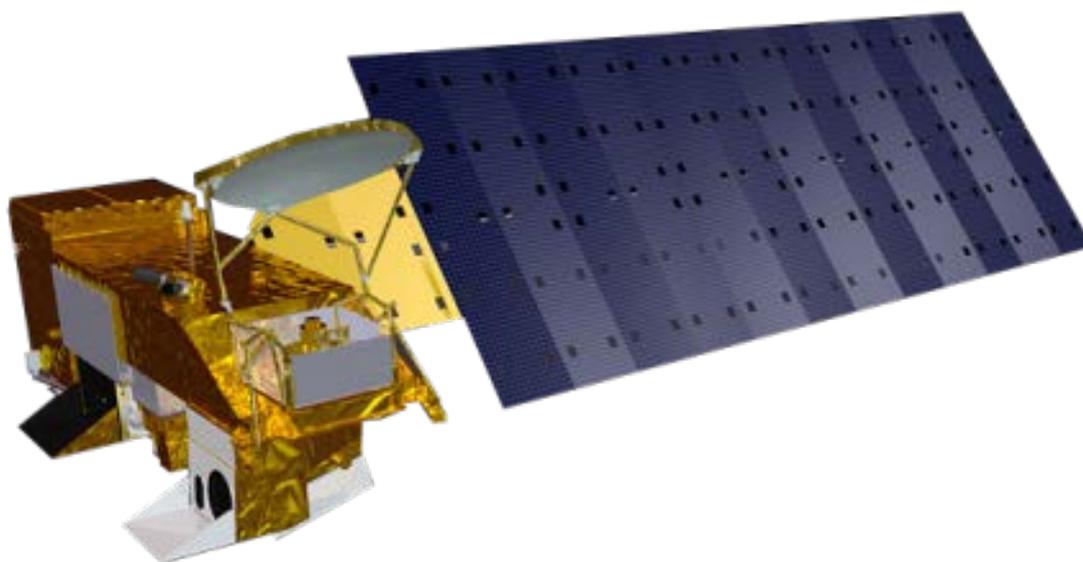


Рис. 1. Американский спутник Aqua

Пример изображения, созданного спутником Aqua представлен на рисунке 2.

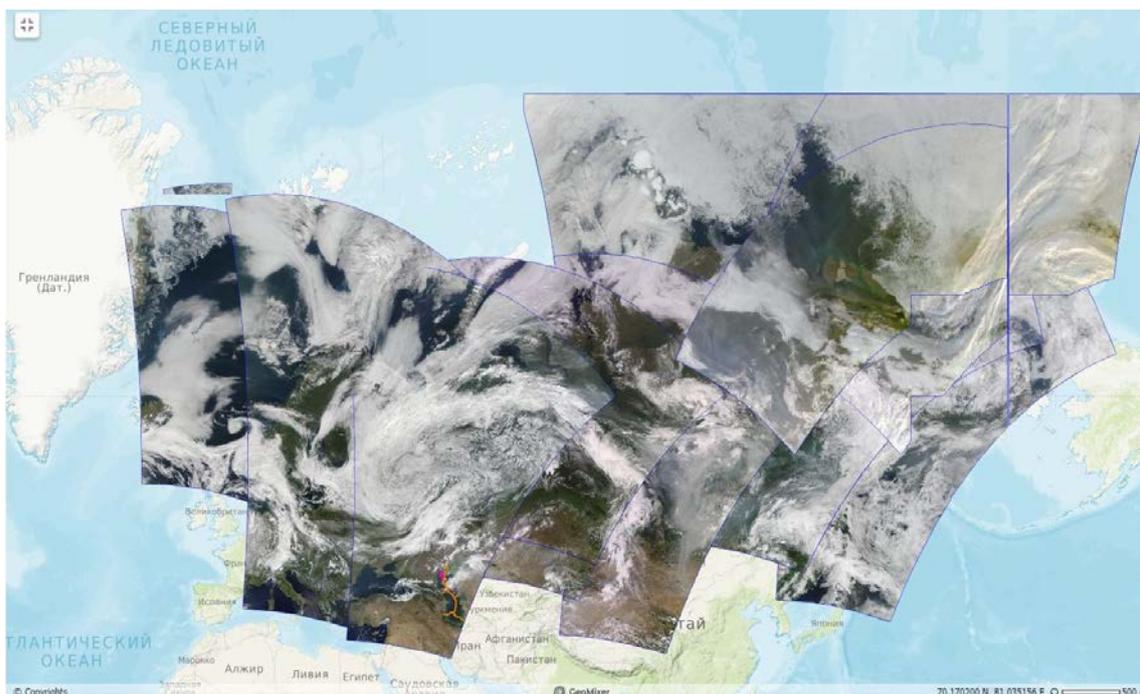


Рис. 2. Изображения со спутника, наложенные на территорию России

Так что же принесли данные спутниковых измерений?

Исследования Леонида Николаевича Юрганова показали, что благодаря различию температуры между атмосферой и поверхностью, данные о содержании газа метана над Северным Ледовитым океаном [4] можно получить круглогодично при некотором количестве тонкого льда. Эти данные могут быть достигнуты посредством спутникового зондирования.

Метан увеличивался в своих уровнях над Западно-Сибирской низменностью, а также Баренцевым морем с 2007 по 2014 годы [4]. Данные Iasi за 2010–2014 годы продемонстрировали крупные аномалии концентрации метана над Западно-Сибирской низменностью. В Западной Арктике также отмечается участок с более высокими концентрациями метана [4]. Спутниковое зондирование позволяет получить данные о содержании метана над поверхностью Северного Ледовитого океана, который может быть источником до двух третей всего выбрасываемого метана в сухопутной части Арктики к северу [4]. Кроме того, эмиссия метана также виднеется от морей Восточной Арктики [4].

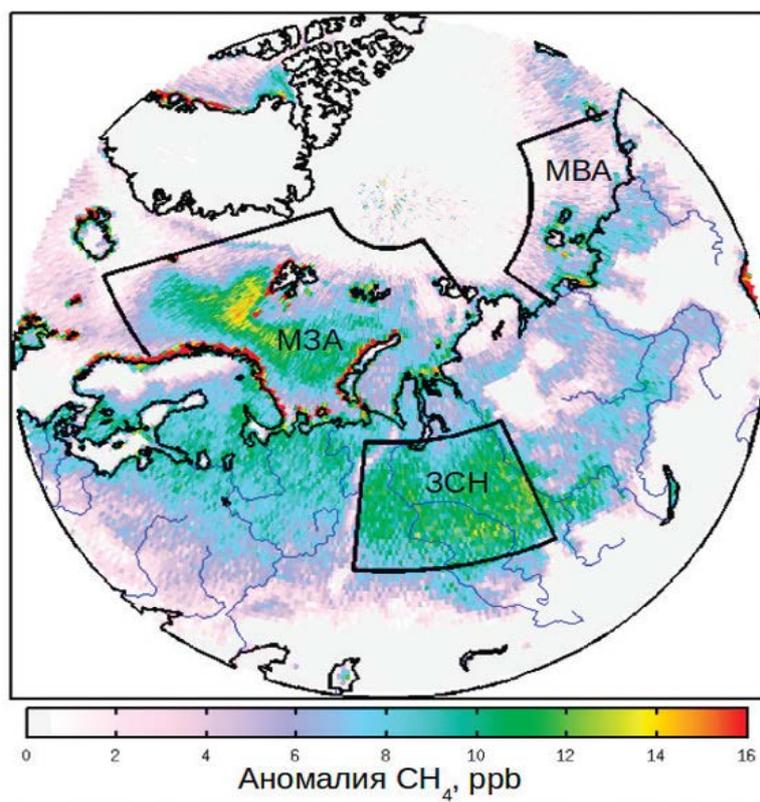


Рис. 3. Среднегодовая концентрация метана, между высотой 4 км (шкала) и поверхностью. М3А – моря западной Арктики, М3В – моря восточной Арктики, ЗСН – Западно-Сибирская низменность [4].

Использование геоинформационных систем является неотъемлемой частью современного планирования и управления городами и регионами, так как они позволяют анализировать и прогнозировать различные процессы, связанные с городским ростом, изменением климата, загрязнением окружающей среды и другими факторами. Это способствует более эффективному и устойчивому развитию территорий.

Библиографический список

1. Официальный сайт AQUA [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://aqua.nasa.gov/>
2. Юрганов Л.Н., Лейфер А., Лунд Майр К. Сезонная и межгодовая изменчивость атмосферного метана над морями Северного Ледовитого океана по спутниковым данным // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2016. Т. 13. № 2. С. 107–119.
3. Берлянт А.М. Геоинформационное картографирование (учебное пособие)// М.: Астрель, 1997. – 64с.
4. Юдина А.И. Мировой опыт применения ДЗЗ при обнаружении эмиссий метана в арктическом регионе. Современные научные исследования и инновации: №5 (145), 2023.

© Юдина А.И., 2023

Н.В. ШИШКОВ

Nikitashishkov2354083@yandex.ru

Науч. руковод. – д-р техн. наук, профессор **С.В. ПАВЛОВ**

Уфимский университет науки и технологий

РАСПОЗНАВАНИЕ ГОЛОСА В СФЕРЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Аннотация: в статье рассматриваются методы распознавания речи, включая обучение системы на основе пользовательских образцов и анализ характеристик звукового сигнала. Описывается важность этой технологии и ее активное использование крупными компаниями. Подчеркивается роль естественно-языковых интерфейсов в создании более дружелюбных пользовательских интерфейсов.

Ключевые слова: распознавание речи; искусственный интеллект; информационные системы; языковые интерфейсы; машинный интеллект.

Современные информационные технологии переживают невероятное ускорение развития, отражающее важность информации в современном обществе. В конце XX века информационная сфера претерпела революцию во взаимодействии между человеком и информационными системами. Процессы сбора, хранения, обработки и использования информации достигли новых высот благодаря передовым микропроцессорам и вычислительным технологиям. Этот рост был неразрывно связан с расцветом Интернета, который стал мощным двигателем информационного прогресса.

На современном этапе развития информационного общества мы наблюдаем переход к более продвинутой стадии, когда информационные системы не только обрабатывают информацию, но и принимают самостоятельные решения, сводя к минимуму активное вмешательство человека. Вместо того, чтобы быть главным действующим лицом, человек действует, скорее, как контролер системы, наблюдая за ней и контролируя ее, а не непосредственно взаимодействуя с ней.

Специалисты в области информационных технологий в настоящее время напряженно работают над разработкой и совершенствованием искусственного интеллекта. Это направление призвано модернизировать информационные технологии и вывести их на новый уровень, где машины способны выполнять творческие функции, которые ранее считались исключительно человеческими.

Искусственный интеллект находится в стадии активного развития, охватывающего три ключевые области:

1. Моделирование структуры и функционирования человеческого мозга: это направление направлено на создание компьютерных моделей, отражающих мозговую активность человека на основе психофизиологических данных. Здесь

исследователи стремятся понять, как работает человеческий мозг, и применить эти знания при разработке искусственного интеллекта.

2. Моделирование интеллектуальной деятельности с использованием компьютерных систем: В этом направлении они работают над созданием систем, способных решать сложные интеллектуальные задачи, аналогичные тем, которые выполняет человек. Ключевыми здесь являются машинное обучение и deep learning, которые позволяют компьютерам адаптироваться и повышать свою производительность с опытом.

3. Развитие взаимодействия на естественном языке: Проблема коммуникации между человеком и информационной системой является одной из важнейших задач. Исследователи работают над созданием систем, способных понимать и генерировать естественный язык, что позволит более эффективно взаимодействовать с искусственным интеллектом.

Проблема коммуникации между человеком и информационной системой актуальна уже несколько десятилетий и продолжает оставаться одной из приоритетных в области информационных технологий. Это привлекает специалистов со всего мира и инвесторов, готовых вкладывать средства в исследования и разработки в этой области, в поисках более эффективного и гармоничного взаимодействия между человеком и искусственным интеллектом.

За последние десятилетия был достигнут значительный прогресс в области информационных систем с искусственным интеллектом, которые реализуют интерфейс на естественном языке. Этот прорыв позволяет пользователям взаимодействовать с системами, используя свой голос для команд и запросов. Это особенно важно в виртуальной реальности, где голосовое управление обеспечивает естественный и интуитивно понятный способ управления системой, освобождая руки пользователя.

Основой для такого голосового взаимодействия служат системы автоматического распознавания речи, активно разрабатываемые в области искусственного интеллекта. Однако использование голоса в качестве входного параметра сопряжено с трудностями, поскольку человеческая речь гораздо менее точна и предсказуема, чем другие методы ввода информации в компьютер. Уникальность голоса каждого человека и контекстуальная вариативность слов придают этой задаче особый характер.

Существует два основных подхода к распознаванию голоса: "сопоставление с образцом" и "функциональный анализ".

Метод "Сопоставления с образцом": В этом методе компьютер сравнивает голосовой сигнал, полученный от пользователя, с предварительно созданными шаблонами. Эти шаблоны содержат информацию о звучании определенных слов и фраз. Когда система обучена, каждому слову или фразе присваивается соответствующий шаблон, описывающий ее звуковые особенности.

Когда пользователь что-то говорит, аудиосигнал его речи анализируется на фоне существующих шаблонов. Система ищет наиболее близкий паттерн к входному сигналу и решает, какое слово или фраза были произнесены.

Преимущество этого метода заключается в его высокой точности, особенно при распознавании ограниченного словарного запаса или фраз, где все возможные варианты известны заранее. Однако этот метод имеет ограничения, поскольку не всегда возможно заранее создать шаблоны для всех слов и фраз, особенно в больших словарях или в случае непредсказуемых вводимых данных.

Метод функционального анализа: Этот метод не использует предварительно созданные шаблоны для каждого слова или фразы. Вместо этого система анализирует аудиосигнал, выделяя такие характеристики, как частота, длительность, амплитуда и другие акустические параметры.

После анализа этих характеристик система использует обученные модели машинного обучения для сравнения полученных данных с известными образцами речи. Модели машинного обучения могут быть обучены на больших наборах данных, включая различные варианты произношения слов и фраз.

Этот метод более универсален, так как не требует создания шаблонов для каждого слова, что делает его более подходящим для распознавания речи с большим словарем и разнообразием входных данных. Однако его точность обычно немного ниже, чем у метода "сопоставления с образцом", особенно при распознавании нестандартных или нечетких входных данных.

Каждый из этих методов имеет свои преимущества и недостатки, и выбор между ними зависит от конкретных требований и целей системы распознавания речи. В реальных приложениях часто используется комбинация этих методов для достижения оптимальной производительности и точности.

Обучение информационных систем успешному распознаванию голоса - сложная задача. Пользователь произносит определенные слова или фразы в микрофон несколько раз, а программа записывает и анализирует эти вариации, чтобы создать усредненный образец голоса. Такие технологии получили широкое распространение в сфере информационных технологий, и крупные компании, включая Яндекс, Apple и Microsoft, активно инвестируют в эту область.

Преимущества голосового взаимодействия включают создание удобных интерфейсов, которые позволяют пользователям взаимодействовать с устройствами и системами без необходимости использования клавиатур или сенсорных экранов. Использование технологий распознавания речи распространяется на смартфоны, системы "умный дом", голосовое управление кухонной техникой, автонавигационные системы.

В заключение отметим, что технологии распознавания речи стремительно развиваются и остаются актуальными в области искусственного интеллекта. Эта область привлекает множество специалистов и получает значительные инвестиции в исследования. Технологии распознавания речи будут продолжать развиваться, а алгоритмы и методы совершенствоваться, открывая новые возможности в переводе естественного человеческого языка на машинный уровень. Крупные компании исследуют и внедряют эти технологии в свои продукты, что подчеркивает их важность и актуальность в современном мире информационных технологий.

Библиографический список

1. Остроух А.В. Интеллектуальные системы – Красноярск: Научно-информационный центр, 2015. – 110 с.

2. Voice Recognition // Human Interface Technology Laboratory URL: http://www.hitl.washington.edu/research/knowledge_base/virtual-worlds/EVE/I.D.2.d.VoiceRecognition.html (дата обращения: 10.10.2023)

© Шишков Н.В., 2023

УДК 004

Р.Б. НАСЫРЬЯНОВА

nasyrianovar@mail.ru

Науч.руковод. – канд. техн.наук, доцент каф. ГИС **А.В. СОКОЛОВА**

Уфимский университет науки и технологий

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ РАЗРЕЗОВ В ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

Аннотация: в данной статье рассмотрены понятие геологического разреза, актуальность использования геоинформационных систем для отображения геологического разреза, также картографический и трехмерный метод моделирования в ГИС.

Ключевые слова: геологический разрез, ГИС, скважина, методы моделирования, 2D-модель, 3D-модель.

Введение

Геологические разрезы представляют собой слоистую структуру земной коры, которая позволяет изучать ее историю и состав [1]. Разрезы могут быть естественными, такими как скальные обрывы, или искусственными, созданными в процессе строительства или геологических исследований. Изучение геологических разрезов позволяет определить возраст горных пород, их состав, структуру и происхождение. Это важно для понимания эволюции Земли и ее природных ресурсов, а также для принятия решений в области геологии, геологоразведки и строительства.

Геологический разрез – это сечение участка земной коры вертикальной плоскостью с изображением на нем геологических факторов, характеризующих взаимное расположение слоев горных пород [2]. На рисунке 1 представлен геологический разрез Мечетлино.



Рисунок 1. Геологический разрез [3]

Современные геоинформационные системы (ГИС) позволяют представить геологические разрезы разными способами. С помощью геоинформационных систем можно отобразить эти разрезы графически, так они становятся более информативными и наглядными. ГИС – это компьютерная система, которая позволяет собирать, хранить, анализировать, отображать и представлять географическую информацию [4].

Преимущества использования ГИС для представления георазрезов:

- возможность визуализации данных на карте, что позволяет лучше понимать и анализировать геологическую структуру земной коры и распределение полезных ископаемых;
- возможность проведения анализа пространственных данных, что позволяет получать дополнительную информацию о геологических процессах и явлениях;
- легкость обработки больших объемов данных, что позволяет быстро и эффективно работать с большим количеством информации [5].

Рассмотрим, какие цели могут быть достигнуты при использовании ГИС для отображения геологических разрезов:

- поиск и изучение полезных ископаемых;
- изучение истории земли в данном регионе;
- для научных и образовательных целей (например, изучение структуры земной коры, для обучения студентов геологии и других наук о Земле и так далее);
- изучение и сохранение геологического разреза.

Кроме того, отображение георазрезов на карте помогает в создании более точных моделей геологических процессов и прогнозировании их влияния на окружающую среду и человеческую деятельность.

Обработка данных для ГИС

Для того, чтобы построить геологические разрезы в ГИС нужно обработать первичные данные, которые могут быть получены в результате бурения скважины.

Геологическое бурение – это метод, который позволяет получить информацию о геологическом строении и составе грунтов и пород за счет проникновения бурового инструмента в глубь земли и извлечения образцов грунта для дальнейшего анализа [6].

На рисунке 2 представлен пример данных, полученных с помощью бурения скважины.

Скважина N 1		Абсолютная отметка 280,00		
Номер слоя	Описание пород	Мощность слоя, м	Глубина подошвы слоя, м	Абс. отметка подошвы слоя, м
1	Техногенные образования представлены насыпными грунтами состоящими из чернозема с включением щебня и дресвы карбонатных пород до 20 %	1,3	1,3	278,70
2	Глина коричневая, полутвердая, окристая, известковистая, с включением щебня и дресвы карбонатных пород до 20-25%, с гл. 2,2 м сути идентичного цвета и состояния	1,5	2,8	277,20
3	Песок гравелистый карбонатного состава, коричневый, с глинистым заполнителем в виде суглинка коричневого, полутвердого, известковистого, окристого до 15-30%, с включением дресвы до 20 %	2,7	5,5	274,50

Рисунок 2. Данные о скважинах бурения

Для обработки данных в ГИС нужно преобразовать полученные данные в формат доступный для понимания ГИС и указать географическую составляющую и атрибутивную. К атрибутивной относится высота, тип пород, мощность и так далее.

Методы моделирования

Некоторые ГИС (ArcGis, MapInfo, QGis, Интегро, Панорама, Micromine, Geo.Series и так далее) позволяют моделировать георазрезы и на основе методов моделирования можно выделить два метода отображения геологических разрезов:

1. Картографический метод – это способ представления геологических данных в виде двумерных графических изображений, на которых изображаются горные породы, их толщина, горизонтальное и вертикальное местоположение, а также различные геологические структуры, такие как складки, разломы и другие. Этот метод используется для визуализации геологической информации на географических картах и облегчает понимание структуры земной коры в конкретных районах. Также у данного метода есть другое название – график профиля. На рисунке 3 представлена двумерная модель разреза (планируемый результат отображения геологического разреза).

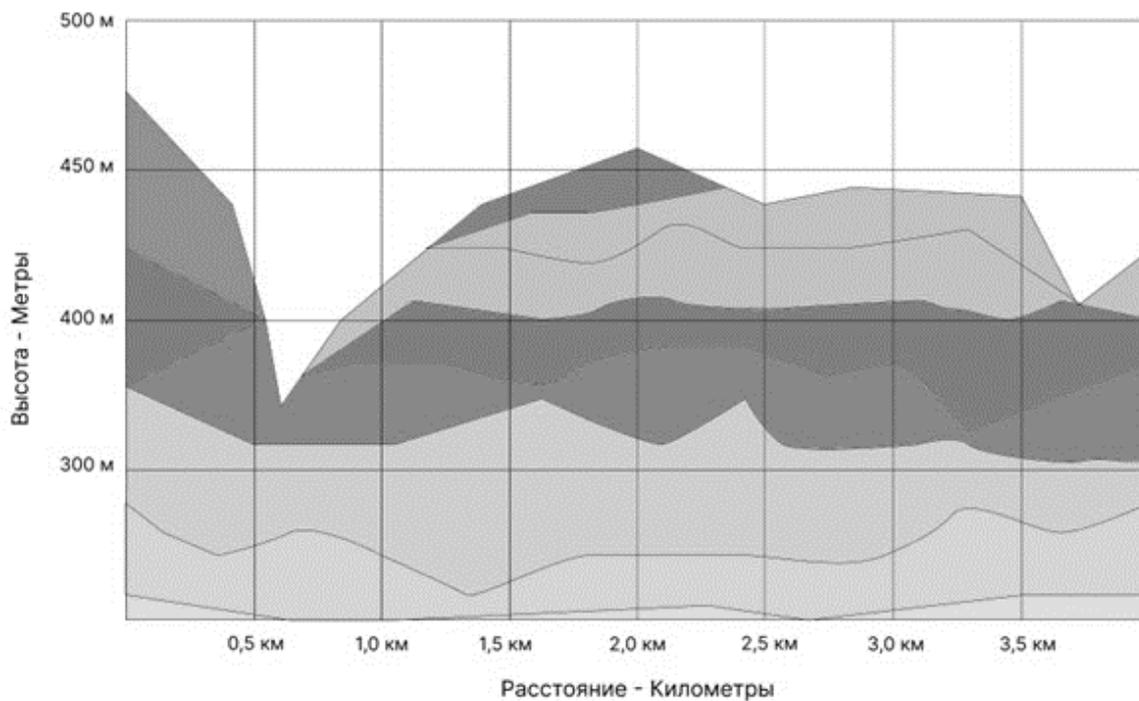


Рисунок 3. 2D-модель геологического разреза

2. 3D метод – это способ представления геологических разрезов в трехмерном пространстве. В этом методе используется трехмерное моделирование, чтобы точно отображать вертикальное и горизонтальное расположение горных пород, слоев и геологических структур в геологическом разрезе. Этот метод обеспечивает более подробное и глубокое представление данных о геологии разреза и может быть полезен при более сложных геологических и инженерных задачах. На рисунке 4 представлена трехмерная модель разреза.

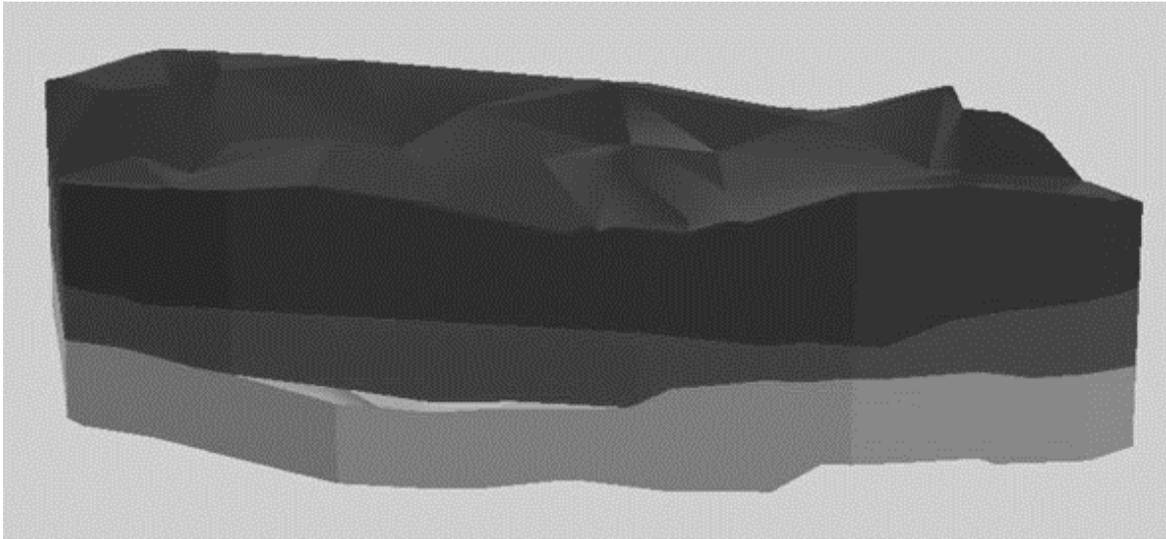


Рисунок 4. 3D-модель геологического разреза

Заключение

Представление геологических разрезов средствами ГИС является хорошим способом визуализации геологической информации. ГИС позволяют объединять данные из различных источников, создавать трехмерные модели и интерактивные карты геологических разрезов. Это позволяет улучшить понимание структуры и состава земной коры, а также облегчает поиск полезных ископаемых и оценку рисков при строительстве и эксплуатации инфраструктуры. Благодаря возможностям ГИС, геологические разрезы могут быть представлены более наглядно и доступно для широкой аудитории.

Библиографический список

1. Геологический разрез местности: основные понятия и значение // [molecula-sport.ru](https://molecula-sport.ru/geologiceskii-razrez-mestnosti-osnovnye-ponyatiya-i-znachenie/) URL: <https://molecula-sport.ru/geologiceskii-razrez-mestnosti-osnovnye-ponyatiya-i-znachenie/>
2. Беспалова, М. В. Инженерная геология. В 4 ч. Ч. IV. Геологические карты и разрезы: лаб. практикум / М. В. Беспалова; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель: БелГУТ, 2014. – 44 с.
3. Карта геопарка // Геопарк Янган-Тау URL: <https://geopark-yangantau.ru/o-geoparke/karta-geoparka/>
4. Географические информационные системы термин: что это такое и как они работают // [molecula-sport.ru](https://molecula-sport.ru/geograficeskie-informacionnye-sistemy-termin-cto-eto-takoe-i-kak-oni-rabotayut/) URL: <https://molecula-sport.ru/geograficeskie-informacionnye-sistemy-termin-cto-eto-takoe-i-kak-oni-rabotayut/>
5. Геоинформационные системы в геологии. Применение ГИС для решения геологических задач // РРТ онлайн URL: <https://ppt-online.org/284124>
6. Геологическое бурение скважин // Бурение скважин URL: <https://burenie-ural.ru/info/geologicheskoe-burenie-skvajin.html>

© Насырьянова Р.Б., 2023

А.А. ПАРСАДАНЯН

arman.parsadanyan@yandex.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доцент **Е.И. ФИЛОСОВА**

Уфимский университет наук и технологий

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ УЧЁТА И ХРАНЕНИЯ КОСТЮМОВ И РЕКВИЗИТОВ

Аннотация: статья описывает процесс разработки информационной системы, которая позволяет учитывать и хранить костюмы и реквизиты для мероприятий на арт-пространстве Таврида.АРТ. Система позволяет упростить процесс учета и хранения, а также повысить эффективность работы с реквизитами и костюмами. В статье описываются функциональные возможности системы, ее преимущества и особенности использования.

Ключевые слова: таврида.АРТ; костюмерный цех; цех декоративно-технических сооружений; автоматизация функций; информационная система.

Сегодня для всех предприятий цифровой индустрии актуальна промышленная концепция Industry 4.0, которая представляет собой глобальную, сложную, многоуровневую организационно-техническую систему, основанную на интеграции в единое информационное пространство физических операций и сопутствующих процессов [1]. Индустрия 4.0 активно использует киберфизические системы (соединение реальных объектов с информационными процессами или виртуальными объектами через информационные сети или Интернет). Суть этого процесса заключается в быстрой интеграции киберфизических систем в производственные процессы. Но данные технологии могут активно использоваться и в индустрии шоу.

Таврида.АРТ – это арт-пространство, где собираются творческие личности из разных уголков мира. Здесь можно увидеть не только выставки и концерты, но и провести время в кругу единомышленников, обменяться опытом и идеями. В рамках фестиваля создаются условия для творческого самовыражения, экспериментирования и общения. Здесь можно обнаружить новые таланты, раскрыть свой потенциал и ощутить глубину и многогранность искусства. Таким образом, Таврида.АРТ как арт-пространство является местом, где сходятся люди, объединенные любовью к искусству, где возможно создание новых произведений искусства и обмен опытом в творческой среде.

Костюмерный цех Таврида.АРТ – это специализированное помещение, предназначенное для изготовления и хранения костюмов и других элементов

костюмерии. В таком цехе работают профессиональные костюмеры, которые занимаются созданием костюмов для мероприятий, проводимых на арт-пространстве. В цехе может быть организовано хранилище для готовых костюмов. Важной задачей костюмерного цеха является поддержание высокого уровня качества и учёта.

Функции костюмерного склада следующие:

1. Хранение костюмов и аксессуаров в соответствии с их характеристиками и требованиями.
2. Контроль за наличием и движением костюмов и аксессуаров на складе.
3. Прием и отгрузка костюмов и аксессуаров с использованием различных видов транспорта.
4. Учет и обработка документации, связанной с движением костюмов и аксессуаров на складе.
5. Оптимизация использования площадей склада для максимальной эффективности хранения костюмов и аксессуаров.
6. Обеспечение безопасности и сохранности костюмов и аксессуаров на складе.
7. Организация инвентаризаций и проверок наличия костюмов и аксессуаров на складе.
8. Планирование закупок и поставок костюмов и аксессуаров на склад.
9. Обеспечение своевременной и точной отчетности по движению костюмов и аксессуаров на складе.

Цех декоративно-технических сооружений – это специализированное помещение, предназначенное для изготовления и хранения декораций и других элементов сценического декора. В таком цехе работают профессиональные декораторы, которые занимаются созданием декораций мероприятий. В цехе может быть организовано хранилище для готовых декораций и реквизита. Важной задачей цеха является поддержание высокого уровня качества и оригинальности декораций, которые должны соответствовать требованиям режиссера и создавать нужную атмосферу на сцене и экране.

Функции реквизитного склада могут быть следующими:

1. Хранение реквизита в соответствии с его характеристиками и требованиями.
2. Контроль за наличием и движением реквизита на складе.
3. Прием и отгрузка реквизита с использованием различных видов транспорта.

4. Учет и обработка документации, связанной с движением реквизита на складе.
5. Оптимизация использования площадей склада для максимальной эффективности хранения реквизита.
6. Обеспечение безопасности и сохранности реквизита на складе.
7. Организация инвентаризаций и проверок наличия реквизита на складе.
8. Планирование закупок и поставок реквизита на склад.
9. Ведение учета финансовых операций, связанных с движением реквизита на складе.
10. Обеспечение своевременной и точной отчетности по движению реквизита на складе.

Комплекс функций, реализуемый вышеупомянутыми цехами и выполненный в виде модели «Function Tree» в методологии Арис [2], отображен на рис. 1.

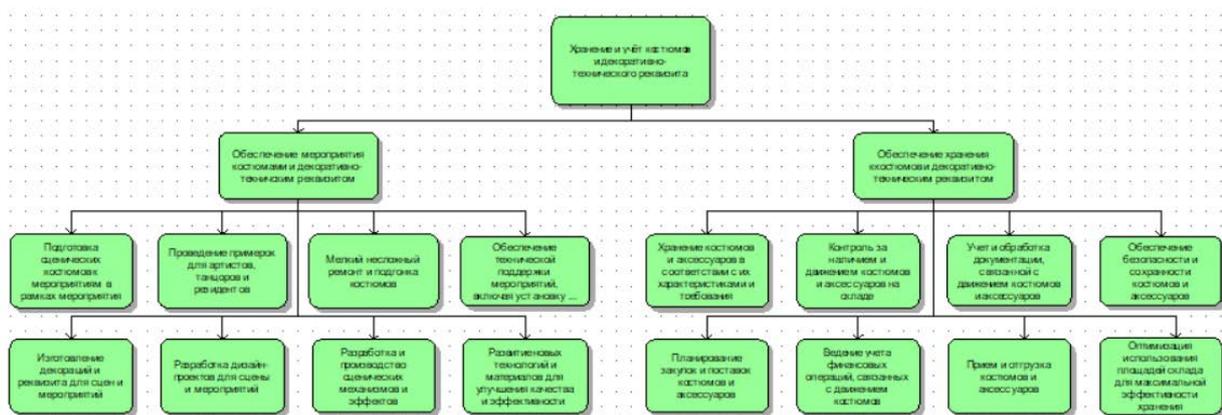


Рис. 1. Дерево функций костюмерного цеха и цеха декоративно-технических сооружений

Учёт данных о количестве и состоянии костюмов и реквизитов ведётся только в Microsoft Excel. Вследствие такой обработки информации образуются ряд недостатков, вызывающих затруднения при эксплуатации:

- Снижается качество обеспечения своевременной и точной отчетности по движению реквизита на складе;
- На проверки наличия реквизита и его количества требуется много времени;
- Несовершенство организации сбора и регистрации исходной информации о реквизите;
- Низкая оперативность в передаче на склад и подготовке костюмов и реквизита к следующему мероприятию.

Рассматриваемый комплекс задач на предприятии решается исключительно вручную. Обращение к данной теме обусловлено практической необходимостью стабилизации бизнес-процесса управления учетом реквизитов и разработкой стабилизации механизма работы цехов костюма и декоративно-технических сооружений, обеспечивающего гибкую и бесперебойную поддержку данного процесса. Для его усовершенствования предлагается разработать ИС, хранящую в себе информацию о реквизите арт-пространства. Нами избран следующий методический инструментарий исследования: реинжиниринг бизнес-процессов, методы структурного и объектно-ориентированного анализа, реляционное моделирование данных.

В реализуемой информационной системе также будет применяться геоинформационная систем для просмотра карт через интернет. Эта возможность позволит пользователям системы получать доступ к географическим данным и визуализировать их на карте. Благодаря этому, пользователи смогут легко ориентироваться в пространстве и быстро находить необходимые объекты. Кроме того, просмотр карт обеспечит более удобный и эффективный способ работы с геоданными, так как пользователю не придется устанавливать дополнительное программное обеспечение на свой компьютер.

Ниже представлена Диаграмма целей автоматизации, рассматриваемых в создаваемой ИС (рис. 2).

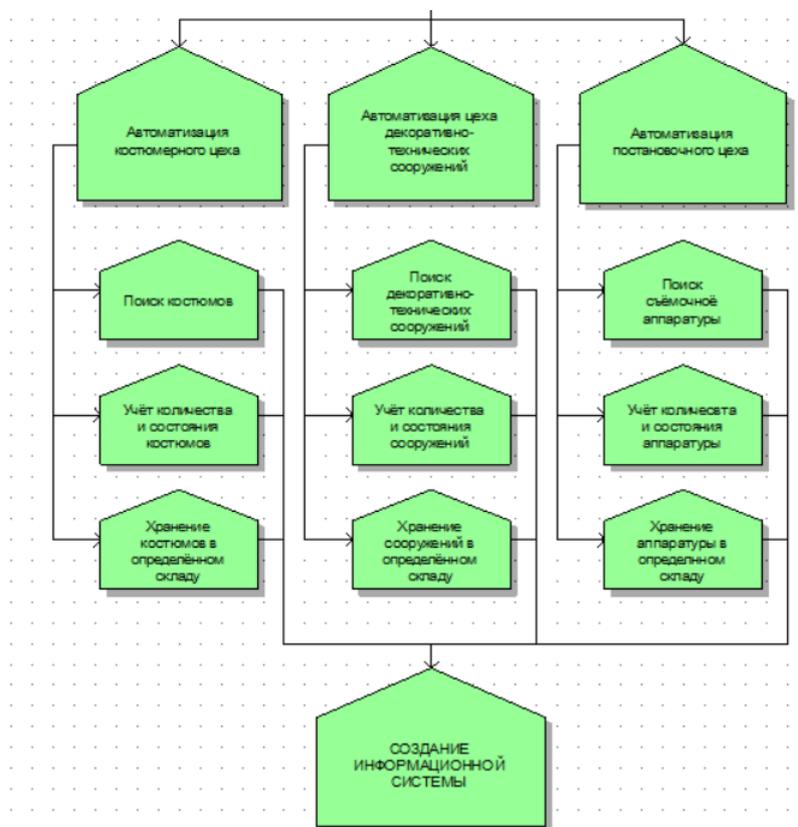


Рис. 2. Диаграмма целей автоматизации

С помощью данной ИС будут усовершенствованы следующие функции:

1. Поиск костюмов и реквизита в складах, их бронирование на определённое мероприятие;
 2. Учёт количества и состояния костюмов и реквизита;
 3. Обеспечение своевременной и точной отчётности по движению костюмов и реквизита;
 4. Обеспечение безопасности и сохранности реквизита;
 5. Хранение костюмов и реквизита на определённом складе.
- Результаты проведенного анализа могут быть рекомендованы для решения задач моделирования и стабилизации бизнес-процесса управления учетом реквизитов и костюмов для дальнейшей эксплуатации.

Библиографический список

1. Martynov, V. Information Architecture to Support Engineering Education in the Era of Industry 4.0 / V. Martynov, E. Filosova, Y. Egorova // 2022 6th International Conference on Information Technologies in Engineering Education, Inforino 2022 - Proceedings: 6, Moscow, 12–15 апреля 2022 года. – Moscow, 2022. – DOI 10.1109/Inforino53888.2022.9782999.
2. Мартынов В.В., Филосова Е.И., Зверева Н.Н., Шаронова Ю.В., Дидык Т.Г. Управление жизненным циклом информационных систем (учебное пособие) // Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. – Уфа: РИК УГАТУ, 2016. – 358 с.

© Парсаданян А.А., 2023

СЕКЦИЯ 5.7. СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, УПРАВЛЕНИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 004.9

Е.А. КОЧУРОВА

elizavets.pa@gmail.com

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доцент **К.А. РИЗВАНОВ**

Уфимский университет науки и технологий

АНАЛИЗ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ. СЕРВИС ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕДАЧИ ЗАЯВОК

Аннотация: в статье рассматривается проектирование информационной системы на этапе формирования. В работе описана система, осуществляющая хранение и передачу заявок. Произведён анализ предметной области с точки зрения проблемы обслуживания заявок и средств разработки необходимого программного обеспечения. Спроектирована система с использованием UML диаграммы.

Ключевые слова: информационная система; анализ; требования; проектирование; программное обеспечение; заявки; хранение; риски; методология; диаграмма.

Информационная система – это система, которая создана для сбора, хранения, обработки и передачи информации. Она включает в себя компьютеры, программное обеспечение, базы данных, сети, процессы и людей, которые используют эту систему. Основная цель информационных систем - обеспечить доступность, точность, надежность и актуальность информации, необходимой для работы и принятия управленческих решений в организации.

Построение любой информационной системы состоит из следующих этапов: стратегия, анализ, проектирование, дизайн, разработка, тестирование и внедрение. Каждый этап разбивается на более мелкие части при подробном рассмотрении. В данной статье мы затронем лишь самые первые этапы – анализ и проектирование, на примере конкретной системы по передаче и хранению клиентских заявок в банковской сфере.

Для достижения поставленных целей необходимо разделить каждый этап на части. Анализ системы будет состоять из следующих шагов: определение требований, оценка осуществимости (рисков) и определение методологии, по которой в дальнейшем будет происходить разработка, проектирование и построение схем, диаграмм для визуального представления внутренних взаимодействий.

Начнем с определения требований. Требования - это список инструкций и ожиданий, которые определяют, что конкретная система или продукт должна делать, как ей следует работать и какие ограничения (стандарты) ей нужно соблюдать. Эти требования могут включать в себя информацию о функциональности системы, качественных характеристиках, которые она должна обеспечивать, и спецификациях по обработке данных. Они служат основой для создания и понимания того, какой конечный продукт должен быть.

Для нашей системы важно хранить заявки и корректно передавать их. Для поддержания первого необходимо понимать, как много заявок будет попадать в нашу систему, то есть какой объем памяти нам необходим. Также важно понимать, что для разработки и поддержания функции хранения в команде необходим опытный backend-разработчик, который умеет работать с базами данных.

Для реализации передачи заявок нужно определиться со способом передачи с технической стороны. В данном случае можно использовать технологию Apache Kafka или REST-методы. Рассмотрим ниже, почему именно они могут быть удобными и полезными.

Очереди Kafka - это специальный механизм, который позволяет отправлять и получать сообщения между системами в упорядоченном и надежном виде. Эти сообщения сохраняются в системе Kafka и могут быть использованы для передачи данных. Ключевые характеристики Kafka включают сохранение порядка сообщений, способность работать в случае сбоев, возможность масштабирования для обработки больших объемов данных и

уведомления о новых сообщениях. Это делает Kafka полезным инструментом для обработки данных в режиме реального времени.

REST (Representational State Transfer) - это структура архитектуры для проектирования сетевых приложений, основанная на нескольких принципах и концепциях. REST-методы, также известные как HTTP методы, представляют собой способы взаимодействия с ресурсами (например, данными) на веб-серверах с использованием HTTP-протокола. Использование REST-методов тоже имеет ряд преимуществ: простота и понятность, гибкость и расширяемость, безопасность и другие.

Как уже описано выше, данные технологии хороши по-своему. Поэтому не будем делать выбор в пользу одной из них и используем обе для системы хранения и передачи заявок. Так как способ передачи заявок определен, поэтому рассмотрим следующий шаг.

Придем к оценке рисков. Определенно, риски существуют в каждом проекте, ведь в любой момент что-то может пойти не по плану. Риски представляют собой потенциальные угрозы или неблагоприятные события, которые могут возникнуть в процессе разработки, внедрения и эксплуатации системы, и которые могут повлиять на успешное завершение проекта. Эти риски могут быть техническими, организационными, финансовыми или другого рода. Они требуют предварительно заложить время и ресурсы на последствия нарушения требований, сроков и разработать мероприятия по снижению ущерба от непредвиденных ситуаций.

В нашем проекте тоже нельзя предугадать, на каком этапе могут быть нарушены условия. Например, сроки могут быть сдвинуты из-за нехватки людей, либо финансирование может быть урезано в любой момент, что также замедлит разработку конечного продукта.

Теперь необходимо определить методологию разработки программного обеспечения. На данный момент существует множество различных моделей, у каждой из них своя направленность. Например, для проектов с четко зафиксированными требованиями можно использовать каскадную модель (водопад), в которой процесс разработки выглядит как поток, строго последовательно проходящий фазы анализа требований, проектирования, реализации, тестирования, интеграции и поддержки. В нашем случае такая модель не подойдет, так как мы не можем однозначно зафиксировать требования.

Сервис хранения и передачи заявок изначально задумывался как хранилище заявок смежных систем, поэтому будет постоянная необходимость в доработке такого сервиса. Под такие критерии подходит популярная гибкая методология разработки.

Гибкая методология разработки, или Agile, представляет собой способ организации работы над проектом, который основан на гибкости, коммуникации и быстрой реакции на изменения. Вместо долгосрочного планирования и разработки всего продукта сразу, Agile разбивает процесс на короткие периоды, в течение которых создается небольшая часть продукта. Главная идея - быть готовыми к изменениям и ориентироваться на удовлетворение потребностей

клиента. Agile включает в себя несколько конкретных методологий, таких как Scrum и Kanban, которые предоставляют набор инструментов для практической реализации этих принципов.

Таким образом, нам может подойти методология Agile. В данном случае мы сможем постоянно подстраивать систему под требования в рамках спринта и не ожидать, когда все системы придут с четкими требованиями к реализации взаимодействия, ведь сможем работать с каждой системой при необходимости, постоянно масштабируя наше решение.

Так как мы рассмотрели этап анализа, можно перейти к проектированию, а точнее, к построению схем и диаграмм. В каждой нотации для проектирования существует своя система обозначений. Рассмотрим в качестве примера UML-диаграммы.

Unified Modeling Language (UML) — унифицированный язык моделирования. Одна из задач UML — служить средством коммуникации внутри команды и при общении с заказчиком. Существует несколько видов диаграмм:

- Диаграмма прецедентов (Use-case diagram);
- Диаграмма классов (Class diagram);
- Диаграмма активностей (Activity diagram);
- Диаграмма последовательности (Sequence diagram);
- Диаграмма развёртывания (Deployment diagram);
- Диаграмма сотрудничества (Collaboration diagram);
- Диаграмма объектов (Object diagram);
- Диаграмма состояний (Statechart diagram).

Для проектирования нашей системы рассмотрим диаграмму взаимодействия (Рис. 1), которая точно опишет планируемую реализацию.

Обозначения:

- Sys_1: Система-отправитель 1
- Sys_2: Система-получатель 2
- Sys_3: Система-получатель 3
- Order: Сервис передачи и хранения заявок

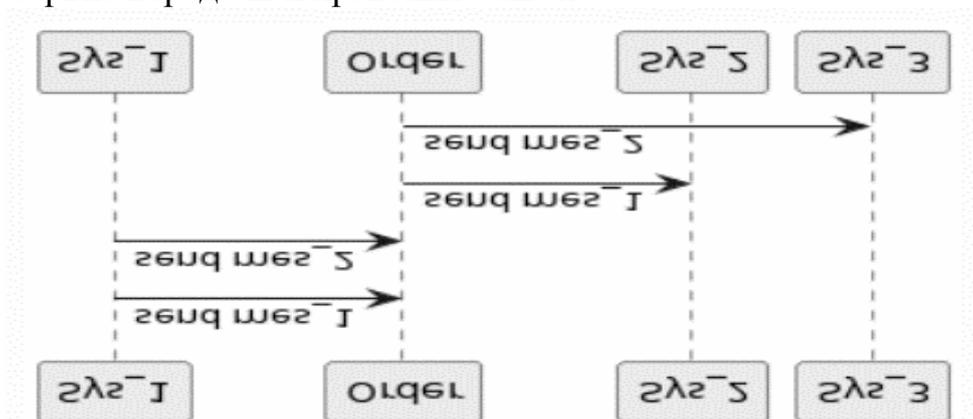


Рис. 1. Диаграмма взаимодействия систем и сервиса заявок.

Таким образом, мы рассмотрели, как можно спроектировать и проанализировать информационную систему, на примере сервиса передачи и хранения заявок. Мы выбрали методологию разработки ПО, сформулировали требования и определили риски. Также сформировали диаграмму взаимодействия систем, для дальнейшей проработки требований и взаимодействий.

Библиографический список

1. Колбина О.Н., Сквородников А.П., Слесарева Л.С. Информационные системы: учеб.пособ. / О.Н. Колбина, А.П. Сквородников, Л.С. Слесарева – СПб.: ООО «Андреевский издательский дом», 2015 г. – 195 с.
2. Коцюба И.Ю. Чунаев А.В., Шиков А.Н. Основы проектирования информационных систем: учебное пособие / И.Ю. Коцюба, А.В. Чунаев, А.Н. Шиков – СПб: Университет ИТМО, 2015 г. – 206 с.
3. Горлушкина Н.Н. Системный анализ и моделирование информационных процессов и систем. – СПб: Университет ИТМО, 2016. – 120 с.
4. Тарасенко Ф.П. Прикладной системный анализ: учеб.пособ. / Ф.П. Тарасенко. – М.: КНОРУС, 2010. – 224 с.
5. Козлов В.Н. Системный анализ, оптимизация и принятие решений: учеб.пособ. / В.Н. Козлов – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011. – 244 с.
6. Боронина, Л.Н. Основы управления проектами: учебное пособие / Л.Н. Боронина, З.В. Сенук; Мин-во образования и науки Рос. Федерации, Урал.федер.ун-т. – Екатеринбург: Изд-во Урал.ун-та, 2015. – 112 с.
7. Маркина Т.А. Управление проектами в информационных технологиях: учеб.пособ. / Т.А. Маркина – СПб: Университет ИТМО, 2016. – 88 с.
8. Вострецова, Е.В. Основы информационной безопасности: учебное пособие для студентов вузов / Е.В. Вострецова – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2019. – 204 с.
9. Макаренко С.И. Информационная безопасность: учеб. пос./ С.И. Макаренко – Ставрополь: СФ МГГУ им. М.А. Шолохова, 2009. – 372 с.
10. Варзунов А.В., Торосян Е.К., Сажнева Л.П. Анализ и управление бизнеспроцессами: учебное пособие / А.В. Варзунов, Е.К. Торосян, Л.П. Сажнева – СПб: Университет ИТМО, 2016. – 112 с.
11. Громов А.Ю., Гринченко Н.Н., Шемонаев Н.В. Современные технологии разработки интегрированных информационных систем: учеб. пос. / А.Ю. Громов – Рязан. гос. радиотехн.ун-т. Рязань, 2015, 48 с.
12. Догадина Д.А. Реализация системы обслуживания заявок: дипломная работа / Минск: БГУ, 2019. – 75с.

13. Васильев, Д.А. Анализ и проектирование системы обработки заявок клиентов ИТ-отдела сервисного центра / Д.А. Васильев. 2014. – № 5 (64). – С. 18-20 с

© Кочурова Е.А., 2023

УДК 004

А.М. КРОМИНА

akromina@14gmail.com

Науч. руковод. ст. преподаватель, **Л.И. БАЙМУРЗИНА**

Уфимский университет науки и технологий

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА КОМПЛЕКСНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ПСИХОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Аннотация: в данной работе были рассмотрены такие понятия, как психологическое тестирование для студентов, тревожность, депрессия, паническая атака, стресс, какие проблемы могут возникнуть, способы преодоления проблемы и многое другое. Был предложен проект приложения, которое поможет преодолевать выше перечисленные проблемы обучающимся.

Ключевые слова: психологическое тестирование, тревожность, депрессия, паническая атака, стресс, внешние факторы стресса, проблемы стресса, способы преодоления.

Целью данной работы является разработка проекта приложения, которое позволит студентам бороться с тревожностью, депрессией, низкой самооценкой, с стрессом.

Введение

На сегодняшний день актуальной проблемой остается психологическое здоровье у обучающихся. Школьники, студенты колледжей и университетов ежедневно подвергаются стрессу, который был вызван переживаниями из-за экзаменов, зачетов, контрольных работ и других различных внешних факторов. С данной проблемой можно бороться различными способами, один из них – это психологическое тестирование.

Психологическое тестирование для студентов – это один из инструментов для оценки их ментального состояния. Такие тесты помогают определить тип личности, социальное поведение, взаимоотношения с окружающими. А также выявить уровень тревожности, стресса, депрессии и выявить когнитивные изменения.

Основная часть

Процесс обучения и внешние факторы имеют сильное влияние на обучающихся, что в последствии может вызвать большие проблемы. Такими проблемами являются: ухудшение сна, снижение иммунитета, тревожность, низкая самооценка, повышение уровня стресса и раздражения, депрессия, а также панические атаки.

Тревожность – это совокупность проявления в частом переживании сильных тревог по различным поводам.

Депрессия (депрессивное расстройство) – это нарушение психического здоровья. Оно характеризуется длительными периодами подавленного настроения, утратой интереса к привычной деятельности и получении от нее удовольствия.

Паническая атака – это недолгий и внезапный приступ тревоги. Физические симптомы: выраженное чувство тревоги, боязнь смерти без объяснимых причин; неясное ощущение опасности; боязнь утратить самоконтроль; учащенный пульс; нехватка воздуха, приступ удушья, сильная одышка; ощущения, не проходящего комка в горле; давящее чувство в груди; дискомфорт в животе.

Стресс – состояние напряжения организма человека или животного, как защитная реакция на различные неблагоприятные факторы (холод, голодание, физические и психические травмы и т.п.)

Внешние факторы, влияющие на студентов: семья, друзья, уход за ребенком или пожилым человеком, работа, отношения с одноклассниками, преподавателями и многие другие. Все это может иметь влияние в той или иной степени на успеваемость, уровень стресса и тревоги.

Какие проблемы могут возникнуть

При длительном воздействии стресса на организм человека может возникнуть множество проблем. При ухудшении психологического состояния может возникнуть когнитивное расстройство. Когнитивное расстройство — это нарушение работы мозга, которое может проявляться снижением памяти, внимания, способности к обучению или принятию решений. Так же могут появиться тревожные мысли, депрессия, проблемы со сном. Если вовремя не решить проблему, могут появиться суицидальные мысли, тревожное расстройство и тревожно-депрессивное расстройство [5]

Способы преодоления проблемы

Существует множество способов преодоления описанной проблемы. Сегодня на различных web-ресурсах существует множество психологических тестирований, которые помогают выявить проблему тревожности и стресса, например, шкала депрессии Бека [3], Шкала личностной тревожности учащихся [4] и многие другие.

Я предлагаю разработать мобильное приложение для студентов, которое будет совмещать в себе несколько таких сервисов, описанных выше, и которое будет направленно на борьбу с плохими мыслями, тревожностью, апатией. Удобный графический интерфейс в нейтральных цветах, возможность

настраивать интерфейс по своим предпочтениям. Приложение позволит отслеживать свое состояние с помощью психологического тестирования, записывать мысли, вести трекер настроения (инструмент для отслеживания настроения), слушать расслабляющую музыку, делать дыхательные гимнастики. Если после тестирования результат будет плохим, то откроет раздел с телефоном доверия и ссылками на психологические онлайн-сервисы.

В данном приложении предполагается ввести следующий функционал, что позволит рационально использовать информацию по достижению удовлетворяющего состояния студента:

1. Трекер настроения позволит ежедневно отмечать и отслеживать изменения настроения на графике.

2. Личный дневник позволит отмечать день записи и излагать свои чувства, эмоции, переживания

3. Дыхательные гимнастики – позволят проводить различные дыхательные упражнения, направленные на профилактику панических атак, тревожности. Выполнять данные упражнения можно будет с помощью видеoinструкции, которые будут размещены в приложении.

4. Раздел с сервисами помощи – чат-бот, который с помощью определенных вопросов и команд направит студента на сайты психологической помощи, телефоны доверия

5. Расслабляющая музыка – стимулирует выработку гормонов, которые снижают стресс, имеют успокаивающий эффект. Приложение позволит выбрать подходящую расслабляющую мелодию.

6. Психологическое тестирование – позволит отслеживать ментальное состояние быстро и просто.

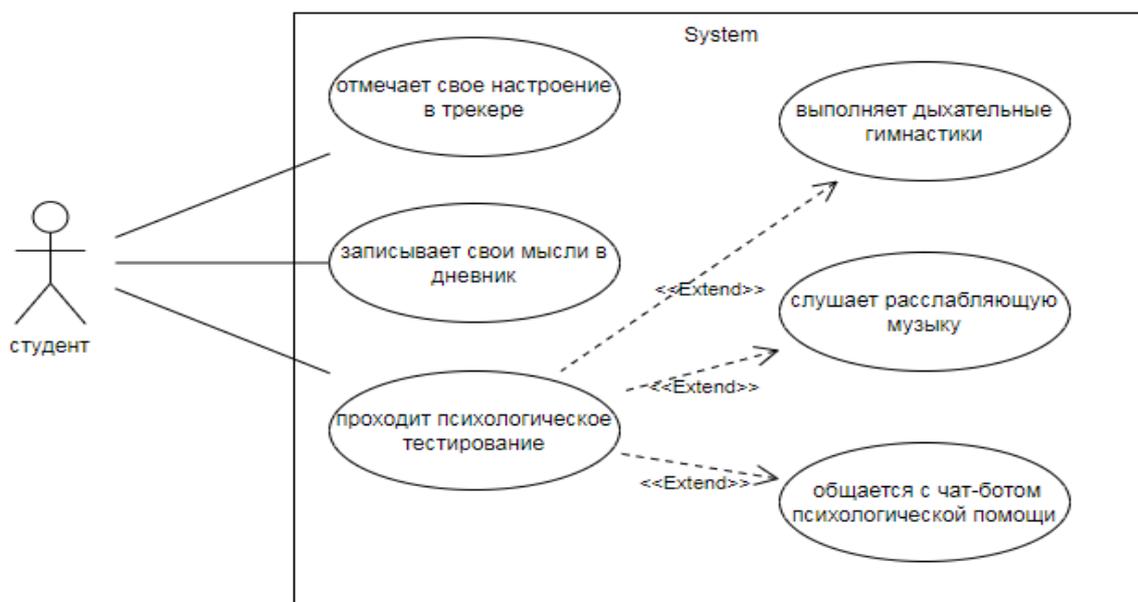


Рис. 1. Диаграмма вариантов использования

Был применен объектно-ориентированный подход, на рисунке 1 изображена диаграмма вариантов использования, где актером является студент. Студент: отмечает свое настроение в трекере, записывает свои мысли в дневник, проходит психологическое тестирование, выполняет дыхательные гимнастики, слушает расслабляющую музыку, общается с чат-ботом психологической помощи.

Заключение

Во все времена была актуальна проблема борьбы со стрессовым состоянием, с которым необходимо бороться, так как это пагубно влияет на организм человека и на его жизнь в целом. Обучающиеся более подвержены стрессу из-за давления близкого окружения, а в особенности со стороны учебного заведения.

В ходе исследования был разработан проект приложения, которое окажет своевременную помощь, поможет бороться с тревожными мыслями, волнением и переживаниями. Разработка и внедрение данного приложения может значительно помочь студентам. Психологическое тестирование, отслеживание своего состояния для студентов имеет большое значение. Понимание важности отслеживания психологического состояния, способствует улучшению учебного процесса, и благоприятной образовательной среде студента.

Библиографический список

1. Внешние факторы успеваемости студентов [Электронный ресурс] // URL: <https://psy-diplom.ru/primery-i-obrazcy/neuspevayushhie-studenty/vneshnie-factory-uspevaemosti/> (Дата обращения: 5.09.2023)
2. [Электронный ресурс] // URL: <https://25gdp.by/novosti/stati/791-stress-i-sposoby-ego-preodoleniya> (Дата обращения: 6.09.2023)
3. Шкала депрессии Бека, BDI [Электронный ресурс] // URL: <https://psyttests.org/depr/bdi-run.html> (Дата обращения: 10.09.2023)
4. Шкала личностной тревожности учащихся [Электронный ресурс] // URL: <https://psyttests.org/anxiety/ltuA.html> (Дата обращения: 10.09.2023)
5. Тревожное расстройство [Электронный ресурс] // URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Тревожное_расстройство (Дата обращения: 11.09.2023)

© Кромина А. М., 2023

А.И. МУРАТОВА, В.С. ЛОГАНОВА

alsu.muratowa2013@yandex.ru, loganova.2011@mail.ru

Науч. руковод. – канд. техн.наук **А.Г. КАРАМЗИНА**

Уфимский университет науки и технологий

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ: КАДРОВАЯ ПОЛИТИКА ИТ В ПОДРАЗДЕЛЕНИЯХ ОРГАНИЗАЦИЙ

Аннотация: в статье рассмотрена особенность реализации кадровой политики в части ИТ-специалистов в подразделениях предприятий и организаций. Представлены результаты применения метода оценки ИТ-специалистов, включая оценку навыков, корпоративных компетенций и потенциала. Обоснована необходимость и особенность мотивации ИТ-специалистов.

Ключевые слова: цифровая трансформация; ИТ-специалист; метод оценки; культурное соответствие; критерий соответствия.

1. Определение ценностей и компетенций ИТ-специалистов

В условиях цифровой трансформации особенно актуальным является решение вопроса реализации грамотной кадровой политики в части ИТ-специалистов. При подборе ИТ-специалистов необходимо оценивать не только их технические навыки, такие как знание языков программирования и опыт работы с программным обеспечением, но и культурную адаптацию. Согласно *Forbes*, 89% отказов от найма связаны с проблемами культурной адаптации. Это подчеркивает важность разделений кандидатом миссии и ценности организации. Высокий уровень конкуренции на рынке ИТ-специалистов делает процесс найма длительным и дорогостоящим, поэтому высоко ценятся кандидаты, соответствующие как техническим, так и культурным требованиям. Если в первом случае знания проверяются с помощью заданий по кодированию и технических собеседований, то во втором случае оценка менее осязаемого и гораздо более субъективного качества является непростой задачей.

Культурное соответствие – это понятие, отражающее согласованность между ценностями и убеждениями человека и корпоративной культурой организации, которая выражается в общих целях, нормах и принципах [1]. Примером культурного соответствия может быть ситуация, когда организация, высоко ценящая инновации и творчество, набирает в команду сотрудников с профессиональными навыками в разработке новых продуктов или технологий. Напротив, нелогичным считается решение, когда организация, ориентированная на высокий клиентский сервис и индивидуальный подход, нанимает

невнимательного и мало коммуникабельного сотрудника. Данная ситуация приведет к ухудшению репутации организации и удовлетворенности клиентов.

Культурное соответствие играет весомую роль в улучшении качества найма, устранении текучести персонала, повышении мотивации и производительности сотрудников.

Способы оценки культурной пригодности потенциальных технических кандидатов следующие:

- внедрение оценки в интервьюирование или собеседование, включающего, например, вопросы по описанию предпочтительного метода работы и взглядов на тимбилдинг, неформальное общение с коллегами. Обращение внимания вопросам, связанных с прошлым опытом работы. Это полезно для понимания трудовой этики, ценностей и приоритетов других организаций;

- ответы на вопросы. Собеседование – это двусторонний процесс, так как кандидат также заинтересован в совместимости с организацией;

- совместное интервью, в рамках которого кандидатам и членам команды предоставляется возможность узнать друг друга, найти общие интересы. Альтернативой является случай, когда кандидату предлагается в течение некоторого времени понаблюдать за работой сотрудника интересующей его должности;

- презентация организации. В данном способе подразумевается активное ведение социальных страниц, сайтов, в которых могут публиковаться онлайн-видео, интервью с работниками.

Найти хороших технических сотрудников – не просто. Однако оценка того, насколько они подходят по навыкам и вписываются в нашу командную культуру, помогает убедиться в том, что выбранный кандидат станет счастливым и продуктивным работником.

2. Семейства и профили должностей ИТ-специалистов

Управление цифровой трансформации охватывает большое количество профессий, например, фронтенд-разработчики, бэкенд-разработчики, аналитики данных, разработчики баз данных, системные администраторы, бизнес-аналитики и т.д. Работодатели из разных организаций предъявляют к одним и тем же профессиям различные требования, которые зависят от прикладной темы, модели баз данных, языка программирования, класса ПО, функциональности программного обеспечения и типа рынка, на который распространяется ПО.

Для более эффективной оценки ИТ-специалистов важно сформулировать требования заранее и объединить их в профилях ИТ.

Оценка профилей проходит в три этапа.

1 Этап. Определение семейства ИТ-должностей.

Семейства ИТ-должностей – это грейды должностей, собранные по направлению деятельности. «Грейдирование – это группировка должностей по определенным основаниям (определение «веса», классификация и пр.) с целью стандартизации оплаты труда в организации» [1]. Чем выше грейд, тем выше

значимость должности для организации и тем выше требования к профилю должности. Пример грейдинга по уровням по возрастанию представлен ниже:

- Стажер;
- Младший разработчик (*Junior*);
- Разработчик (*Middle*);
- Старший разработчик;
- Руководитель отдела (Тимлид) и ведущий разработчик (*Senior*);

2 Этап. Определение требований к компетенциям ИТ-специалистов.

После определения семейств должностей следует разработка карт *soft* и *hard* компетенций. Карты *soft*-компетенций основаны на корпоративных ценностях и компетенциях, поэтому они не должны сильно отличаться друг от друга в пределах одной организации. Карты *hard*-компетенций строятся на основе профессиональных навыков и знаний, при этом как измерение карты, так и показатели будут меняться в зависимости от грейда;

3 Этап. Определение функций и ключевых результатов профилей ИТ.

3. Методика оценки ИТ-специалистов

Оценка ИТ-специалистов является важным элементом функциональной стратегии Управления цифровой трансформации организации, т.к. именно уровень компетенции ИТ-специалистов напрямую влияет на достижение целей бизнеса в развитии ИТ.

Свойствами оценки ИТ-специалистов являются постоянство, независимость и обоснованность:

- оценка должна проводиться на регулярной основе, при этом периодичность определяется исходя из потребностей в темпе развития информационной инфраструктуры;

- оценка должна зависеть не только от одного руководителя ИТ-подразделения, но и от самого сотрудника;

- важно при оценке опираться на факты, а не на мнения. Это поможет в том числе при обратной связи с ИТ-специалистом в обсуждении результатов оценки.

Шаги по оценке ИТ специалистов представлены на рисунке 1.

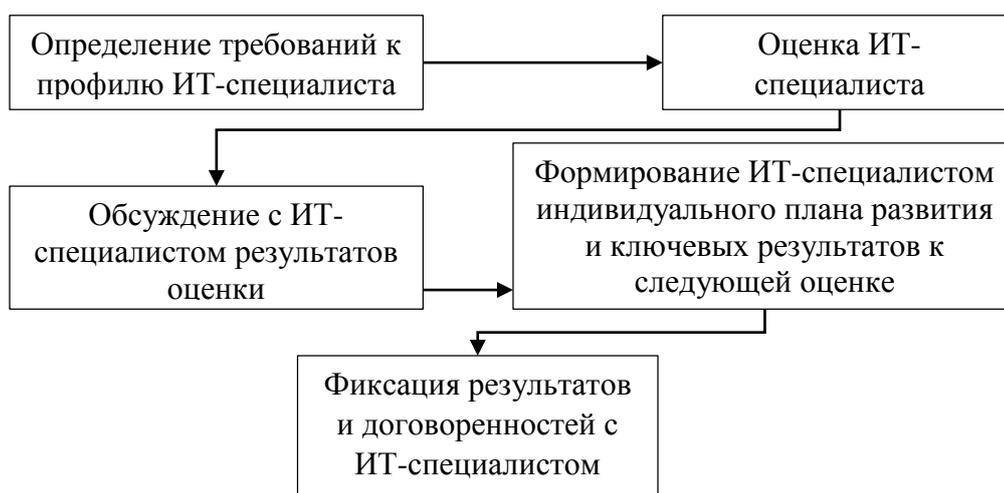


Рисунок 1 – Шаги по оценке ИТ специалистов

Определение требований к профилю ИТ-специалиста включает в себя определение семейства должностей, составление карты *soft*-компетенций, карты *hard*-компетенций, требований к функциям.

Важно, рассматриваемая методика не является единственной. Зачастую наряду с ней для ИТ-специалистов применяют и другие подходы. В статье методика рассмотрена на практическом кейсе.

Вводные данные для оценки: должность – бизнес-аналитик, семейство должностей – аналитика, оценивает руководитель. Важно отметить, что при оценке по каждой компетенции участники не видят грейды, к которым привязаны критерии соответствия. Оценка по *hard*-компетенциям, в целом, аналогична.

Для каждой корпоративной компетенции в организации определены критерии соответствия. В таблице 1 в качестве примера представлены критерии соответствия по компетенции «ориентация на результат/автономия».

Таблица 1

Критерии соответствия компетенциям по грейдам

Грейд	Компетенция	Критерий соответствия
5	Ориентация на результат/ Автономность	Постоянно мотивирует сотрудников на повышение индивидуальных достижений, заинтересован в успехе организации, ищет новые возможности развития бизнеса и постоянно движется к достижению сложных задач
4	Ориентация на результат/ Автономность	Постоянное повышение сложности решаемых задач (им и его командой)
3	Ориентация на результат/ Автономность	Ставит перед собой сложные задачи, качественно работает автономно. Показывает высокий уровень достижений.

		Большую значимость для него представляет полученный результат, нежели приложенные усилия
2	Ориентация на результат/ Автономность	Постоянное улучшение качества своей работы и повышение эффективности. При появлении трудностей, пытается разрешить их сам
1	Ориентация на результат/ Автономность	Качественно выполняет свои обязанности. Пытается найти решения задач, запрашивает помощь

В трёх отделах Управления цифровой трансформации проведен опрос. Лепестковый график, представленный на рисунке 2, наглядно демонстрирует результат оценки бизнес аналитика по отделу цифровизации бизнес-процессов Управления. Несмотря на различия в оценке участников средняя оценка по грейдам у них одинаковая.

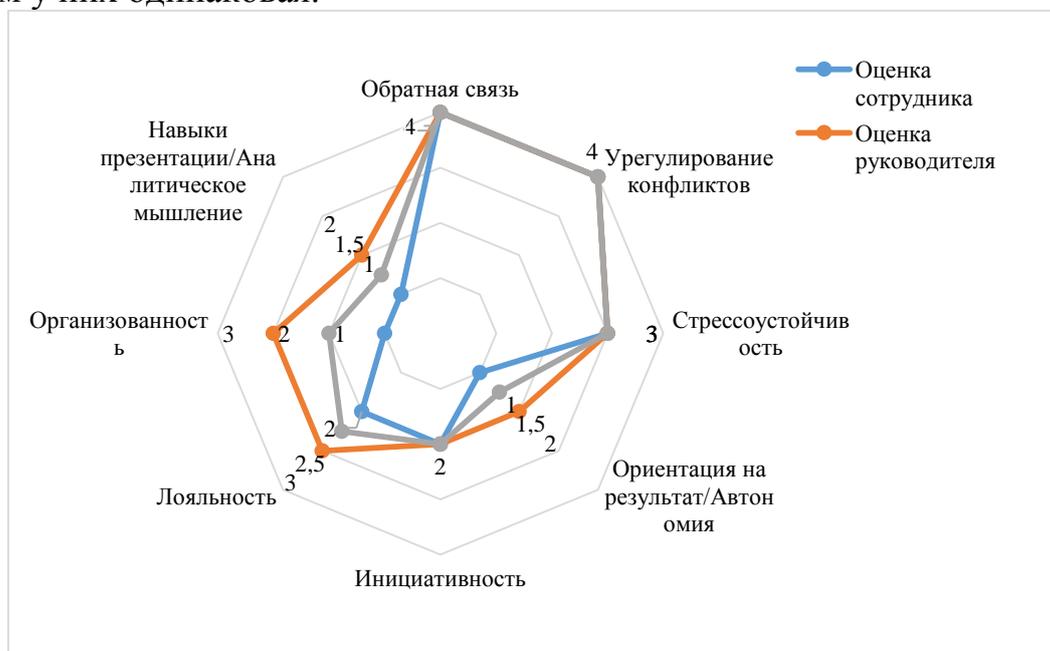


Рисунок 2 – Лепестковый график результатов оценки бизнес-аналитика

Если результаты средней оценки по грейдам отличаются, прежде чем принимать решение, стоит обсудить оценку с ИТ-специалистом. Недооценка себя может говорить о том, что сотруднику не хватает от других участников обратной связи. Данный вопрос решается совместно с руководителем. Причин переоценки может быть множество. Важно при обсуждении опираться на факты, события, возможно артефакты.

4. Особенности мотивации ИТ-специалистов

Согласно теории Герцберга [3] о потребностях человека существует две основные категории факторов оценки степени удовлетворённости от выполненной работы, представленные на рисунке 3.

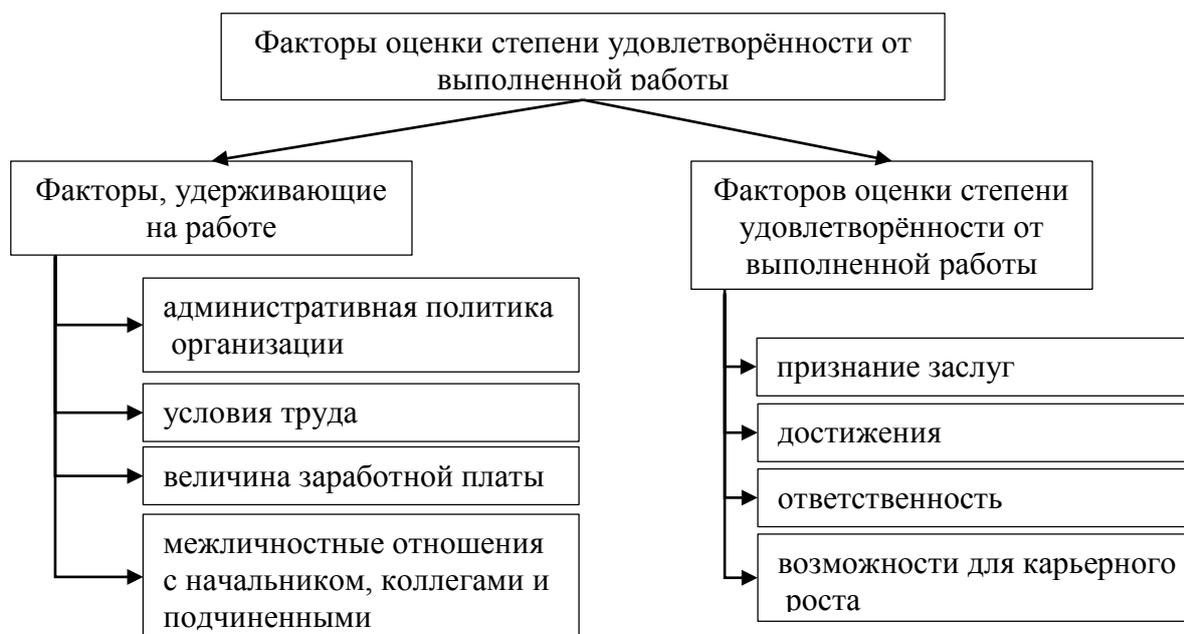


Рисунок 3 – Факторы оценки степени удовлетворённости от выполненной работы

В теории двухфакторной мотивации Герцберга [4] сделан вывод о том, что заработная плата не является мотивирующим фактором. Однако мотивировать сотрудника материально можно, но до определенного момента. Создание условий материальной мотивации начинается с заработной платы. Существует два варианта вознаграждения: опцион и почасовая оплата труда.

Опцион – процент от прибыли организации, используемый для личной заинтересованности сотрудника в успехе организации и обеспечения его удерживания посредством обещанного платежа. Второй вариант материальной мотивации – почасовая оплата. Сотрудник может влиять на свой доход, но учет отработанных часов – не всегда простая задача, поэтому такой способ обходится работодателю едва ли не дороже стабильного оклада. Почасовая оплата может быть скомбинирована с окладной частью, а также может применяться самостоятельно.

Мотивация так же может быть нематериальной. Такой вид мотивации учитывает индивидуальные потребности работников, он не связан с финансами и направлен на удовлетворение потребностей сотрудников в других аспектах. При условии большой заработной платы, но слабой нематериальной мотивации предпочтение кандидата может быть отдано другому работодателю.

Таким образом, регулярная оценка ИТ-специалистов является ключевым элементом эффективного управления персоналом, способствующим их компетентности, укреплению профессиональных навыков и достижению успеха как отдельных сотрудников, так и всей организации в целом. Данный процесс создает прозрачность, стимулирует саморазвитие сотрудника и обеспечивает более качественную работу всей команды.

Библиографический список

1. Коняев В.М. Культура и история: проблема соответствия. – Москва: Б/и, 2006. – 184 с
2. Чемяков В.П. Грейдинг: технология построения системы управления персоналом. – Москва: Вершина, 2007. – 208 с
3. Герцберг Ф. Мотивация к работе / Ф. Герцберг, Б. Моснер, Б. Сидерман; пер. с англ. – Москва: Вершина, 2007. – 240 с
4. Двухфакторная теория мотивации Херцберга. – <http://fb.ru/article/160025/dvuhfaktornaya-teoriya-motivatsii-gertsberga>

© Муратова А.И., Логанова В.С., 2023

УДК 004.056

Д.В. ПАППЕ

dmitrijpappe@gmail.com

Науч. руковод. – д-р техн. наук, профессор **К.Ф. ТАГИРОВА**

Уфимский университет науки и технологий

МЕТОДЫ ОБНАРУЖЕНИЯ И ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ DGA

Аннотация: в ходе работы над магистерской диссертацией была разработана модель с применением интеллектуального анализа для обнаружения и противодействия алгоритмам генерации домена (DGA). В данной статье описывается процесс выбора алгоритмов для обучения модели, тестовых выборок, а также оценка обученной модели.

Ключевые слова: информационная безопасность, методы машинного обучения, сетевая безопасность.

Введение. Доменные имена сегодня играют ключевую роль, предоставляя пользователям ссылки на нужные точки доступа, обладая уникальными характеристиками, подтверждающими их важность. Для решения проблемы ручного создания доменных имен была разработана методика алгоритмической генерации доменов (DGA), избегающая статических методов блокировки, чем пользуются злоумышленники для компрометации систем и распространения вредоносного программного обеспечения (ПО). Для противодействия действиям злоумышленников возникла идея изучения и разработки алгоритма для обнаружения DGA с применением интеллектуального анализа.

Выбор алгоритма для машинного обучения. Были созданы две программы для классификации доменов. Одна основана на алгоритме *Random*

Forest и требует ручного выделения признаков для классификации доменов. Другая использует глубокое машинное обучение с применением сетей долгой краткосрочной памяти (*LSTM*-сетей) и не требует выделения лексических признаков, но требует больше вычислительных ресурсов. *Random Forest* требует меньше ресурсов, но его точность зависит от выделенных признаков, в то время как глубокое машинное обучение автоматически выделяет признаки, но требует больше ресурсов.

В качестве языка программирования был выбран *Python* из-за наличия мощных библиотек для работы с машинным обучением и его относительной простоты в освоении.

Выделение признаков и анализ их значимости. Для формирования набора данных были использованы списки доменов из источников *Cisco Umbrella* и *Alexa Top 1 Million*.

Для классификации доменов алгоритмом *Random Forest* были выделены соответствующие лексические признаки. Вот некоторые из них:

- *DNL (Domain Name Length)*: показывает длину домена;
- *NoS (Number of Subdomains)*: количество субдоменов у полного доменного имени, игнорируя домены верхнего уровня;
- *SLM (Subdomain Length Mean)*: показывает среднее значение длины субдоменов;
- *HwP (Has www Prefix)*: имеется ли префикс *www*;
- *RRC (The ratio of repeated characters in a subdomain)*: показывает соотношение повторяющихся символов в домене;
- *RCC (The ratio of consecutive consonants)*: показывает соотношение последовательных согласных;
- *HVTLTD (Has a Valid Top Level Domain)*: включен ли домен верхнего уровня в список доверенных доменов. На рисунке 1 представлены значения признака.

HVLTД	Value
Has	1
Does not have	0

Рис. 1. Значения поля HVLTД

Далее был проведен анализ значимости признаков. В изначальном наборе данных содержится два подмножества примеров доброкачественных и *DGA* доменов, изображенных на рисунке 2.

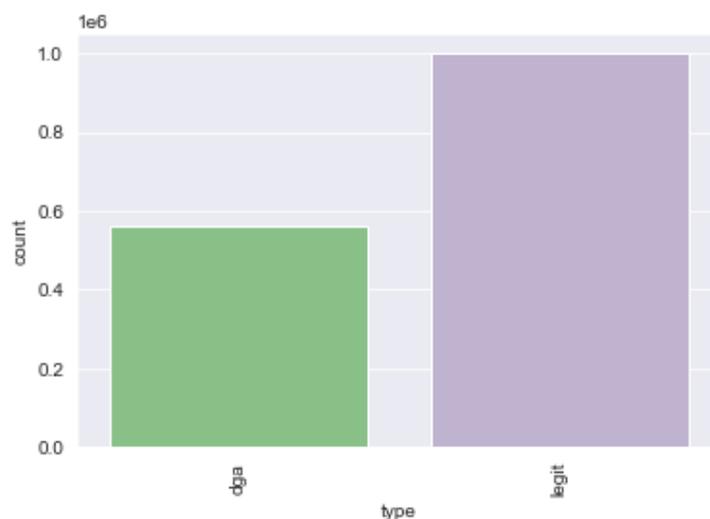


Рис. 2. Распределение доменов

После выделения признаков следует провести оценку значимости. Для лексических признаков был использован модуль последовательного включения-исключения. По результатам оценки, представленной на рисунке 3, 10 признаков являются значимыми.

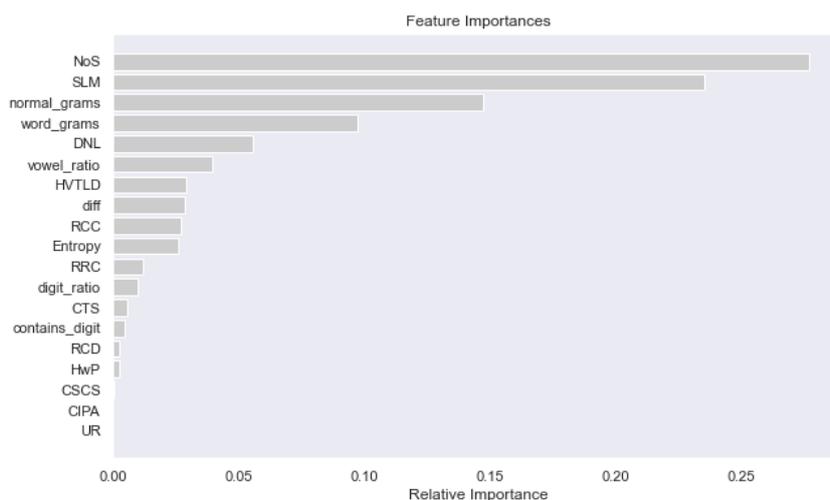


Рис. 3. Анализ значимости на основе включения-исключения признаков

Исходя из признаков предварительного анализа вышло, что значимость признаков существенно различается, поэтому было принято решение проверить зависимость признаков между собой с помощью матрицы оценки попарной корреляции Пирсона, которая представлена на рисунке 4. Матрица попарной корреляции показывает, что признаки относительно независимы и не требуется дополнительного исключения сильно связанных признаков.

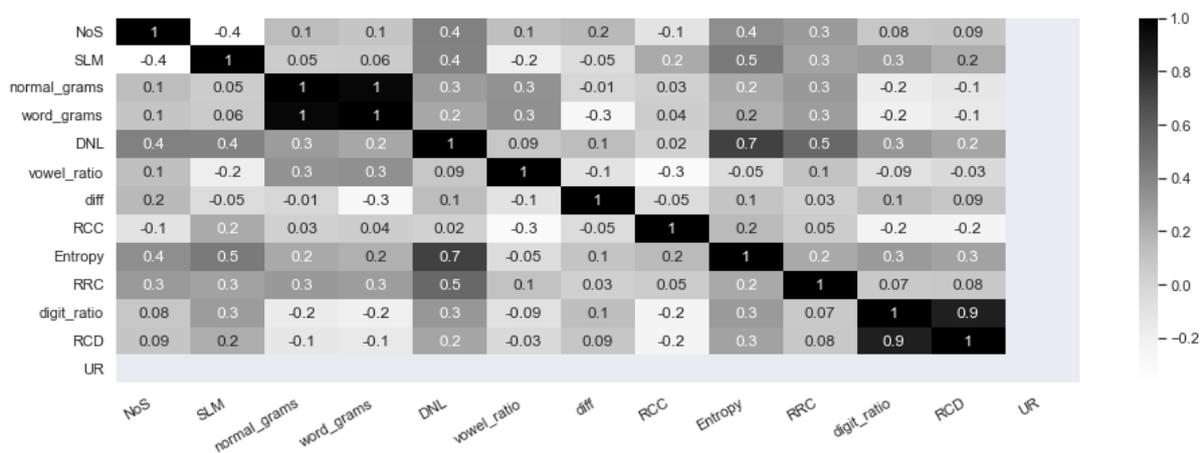


Рис. 4. Матрица оценки попарной корреляции Пирсона

Обучений моделей. Метод *Random Forest* – это ансамбльное машинное обучение, включающее создание нескольких деревьев решений в процессе обучения. Каждое дерево обучается на различном наборе данных (с повторениями) и использует случайный поднабор функций для принятия решений. Затем при прогнозировании модель собирает результаты отдельных деревьев и выводит окончательный прогноз, основанный на их коллективном решении.

Для данного метода были выбраны следующие гиперпараметры:

- *Max_depth*: максимальная глубина дерева в случайном лесу определяется как самый длинный путь между корневым и конечным узлом;

- *Min_samples_leaf*: определяет минимальное количество выборок, которые должны присутствовать в конечном узле после разделения узла;

- *Max_features*: максимальное количество признаков, предоставляемых каждому дереву в случайном лесу;

- *N_estimators*: количество деревьев в лесу.

Для оценки результата работы были проанализированы простые оценки классификации данных, представленные в таблице 1.

Таблица 3

Значения простых оценок для тестовой выборки

	<i>precision</i>	<i>recall</i>	<i>f1-score</i>
<i>dga</i>	0.99	1.00	0.99
<i>legit</i>	1.00	0.99	1.00

Recall отображает долю найденных объектов класса *legit* к общему числу объектов класса, она составила более 99% для обоих классов. *Precision* отображает долю объектов класса *legit* среди объектов, выделенных классификатором, она составила более 99% для обоих классов. Для общей оценки качества классификатора часто используют *f1-score* – среднее гармоническое между *precision* и *recall*. Значение составило более 99%.

Модель *Char2Vec* использует *LSTM*-сети, которые представляют собой специальный тип рекуррентных нейронных сетей, разработанных для изучения долгосрочных зависимостей в данных. Они решают проблемы долгосрочной зависимости, запоминая информацию на длительные промежутки времени. В отличие от обычных рекуррентных сетей, *LSTM* имеют специальные модули, которые на каждом этапе принимают решение о том, что забыть, что сохранить и какую информацию передать на выход. Архитектура модели представлена на рисунке 5.

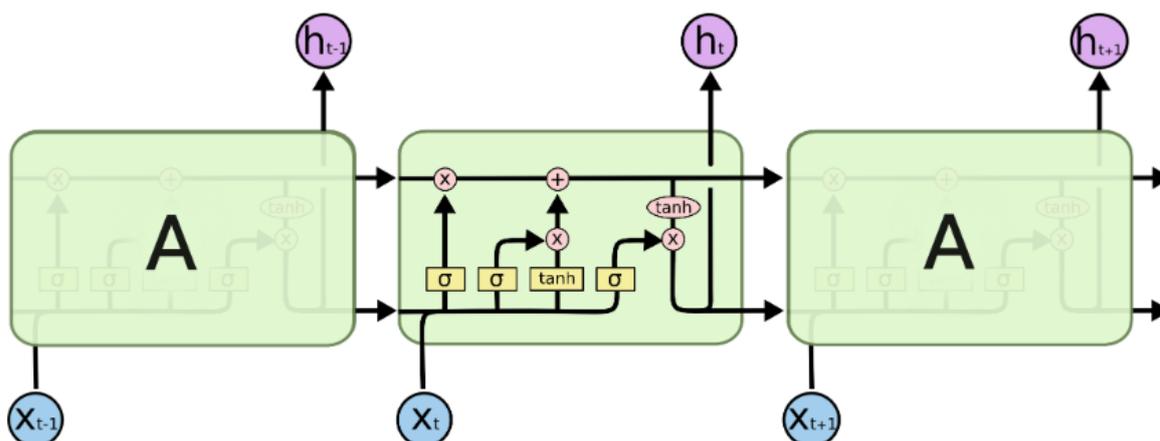


Рис. 5. Архитектура LSTM-сети

Для обучения данной модели был использован тот же самый набор данных, что и для *Random Forest*, но для неё не требуется выделение лексических признаков, так что данные были представлены в векторном виде. Каждому символу было задано числовое отображение, а домены были закодированы через данные отображения. Кодирование символов и доменов представлено на рисунке 6.

```
validChars = {x: idx + 1 for idx, x in enumerate(set(''.join(X)))}
X = [[validChars[y] for y in x] for x in X]
```

Рис. 6. Кодирование символов и доменов

Архитектура нейронной сети представлена на рисунке 7. Сначала используется слой *Embedding* для преобразования входной последовательности в вектор фиксированной длины. Затем добавлен слой *LSTM* с 128 нейронами. Применен *Dropout* к выходным данным *LSTM* для предотвращения переобучения в процессе обучения. Наконец, плотный слой с одним нейроном и функцией активации сигмоиды даёт окончательное решение модели в диапазоне от 0 (доброкачественный домен) до 1 (*DGA*).

```

model = Sequential()
model.add(Embedding(maxFeatures, 128, input_length=maxlen))
model.add(LSTM(128))
model.add(Dropout(0.5))
model.add(Dense(1))
model.add(Activation('sigmoid'))

```

Рис. 7. Добавление слоев в нейронную сеть

В ходе обучения модели заданная точность была достигнута на 21 эпохе. Результат представлен на рисунке 8.

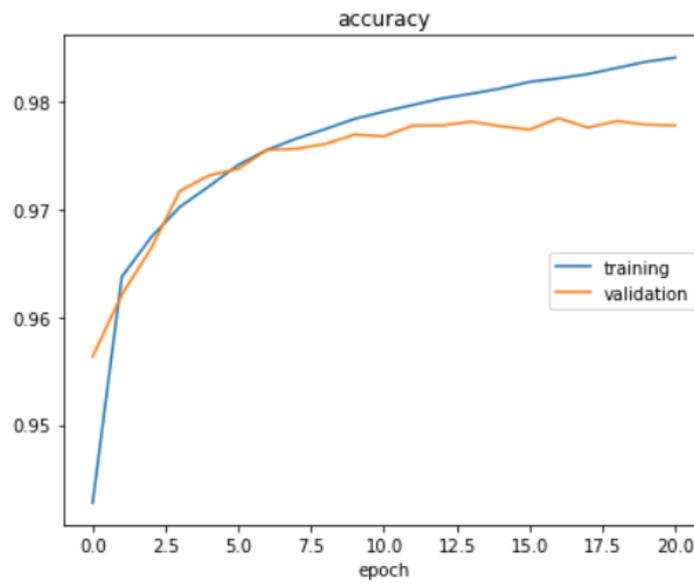


Рис. 8. Точность обучения

Простые оценки классификации доменов представлены в таблице 2. Общая оценка качества составила 96%, что является хорошим результатом.

Таблица 2

Значения простых оценок для тестовой выборки

	<i>precision</i>	<i>recall</i>	<i>f1-score</i>
<i>dga</i>	0.97	0.96	0.96
<i>legit</i>	0.98	0.99	0.98

Модель, основанная на алгоритме *Char2Vec*, также применяется для выявления *DGA*. В сравнении с *Random Forest*, простые оценки этой модели немного уступают, однако *Char2Vec* не требует ручного извлечения всех признаков, которые могут быть избыточными для *Random Forest*, что потенциально негативно сказывается на работе классификатора. В связи с растущей популярностью нейронных сетей, метод *Char2Vec* предпочтительнее для использования в настоящее время.

Заключение. Путём изучения и применения описанных в статье алгоритмов на тестовых выборках была обучена модель для обнаружения и противодействия *DGA*.

Библиографический список

1. Каллан Р. Основные концепции нейронных сетей. – СПб.: Вильямс, 2003. – 288 с.
 2. Таненбаум Э., Уэзеролл Д. Компьютерные сети. 5-е изд. – СПб.: Издательство Питер, 2023. – 960 с.
 3. Ерохин В.В., Погонышева Д.А., Степченко И.Г. Безопасность информационных систем. Учебное пособие. – М.: Флинта, 2016. – 184 с.
 4. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс. – СПб.: Вильямс, 2006. – 1104 с.
- © Паппе Д.В., 2023

УДК 004.032.26

Б.Р. РАМАЗАНОВ

bogdanramazanov2001@gmail.com

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доцент **А.П. КОСТЮКОВА**

Уфимский университет науки и технологий

ОБУЧЕНИЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ ПО ЦВЕТУ НА ОСНОВЕ ARDUINO UNO

Аннотация: в ходе работы над магистерской диссертацией была разработана нейронная сеть для распознавания деталей по цвету. В данной статье описывается процесс обучения данной нейронной сети, в том числе подбор и оценка обучающих выборок. Оценка обучающих выборок произведена с использованием статистических методов в StatGraphics Plus.

Ключевые слова: обучение нейронной сети, подбор обучающих выборок.

Введение. Распознавание объектов является важнейшей задачей в области автоматизации промышленного производства. Без этой процедуры работы не смогут эффективно выполнять свои задачи. Традиционные математические методы обработки и распознавания изображений требуют больших усилий и специфических знаний. Использование нейронных сетей позволяет решить эту проблему более эффективно.

Процедура получения обучающей выборки. Схема измерения цветности предмета с использованием датчика *TCS3200* и *Arduino* показана на рисунке 1.

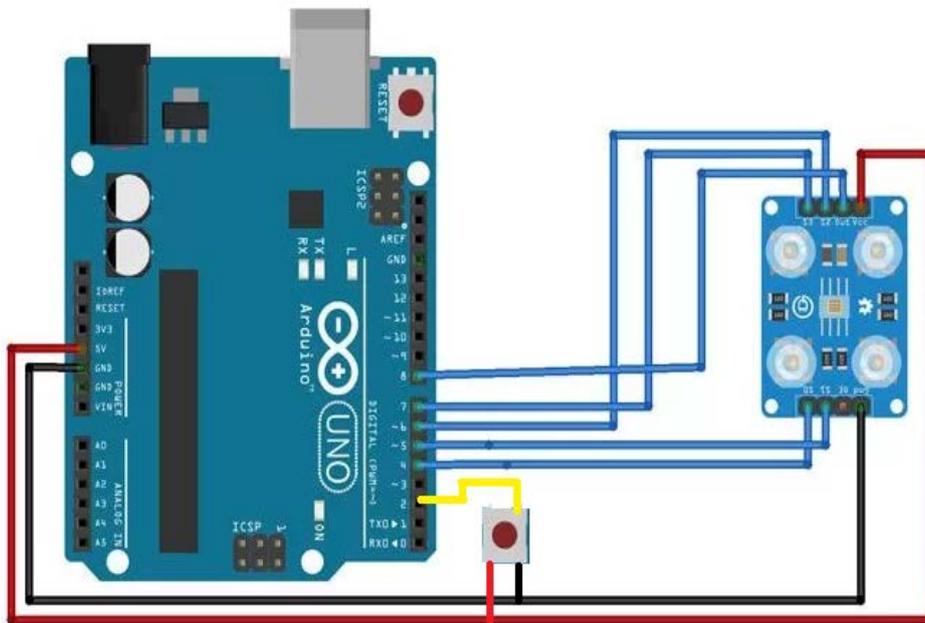


Рис. 1. Схема измерения цветности предмета с помощью датчика TCS3200 и микропроцессора Arduino

На плате *Arduino* подключены датчик цвета и кнопка. После нажатия кнопки *Arduino* начинает измерять цветность предмета. Данные с датчика выводятся в окно монитора последовательной связи и сохраняются в *Excel*-файле.

В полученных результатах используется двумерный массив с тремя столбцами - ri , gi , bi , представляющие значения красного, зеленого и синего спектров цветности предмета, а также "1" или "0" для наблюдаемых значений выходного сигнала (цвета предмета).

В коде программы *Arduino* указаны контакты, к которым подключен датчик цвета и кнопка. Глобальные переменные *redFrequency*, *greenFrequency* и *blueFrequency* используются для хранения значений RGB, полученных с датчика. *Setup* () инициализирует контакты и настраивает частоту датчика. В *loop* () считываются данные с датчика, проводится обработка каждого цвета (красного, зеленого, синего) и вывод результатов.

Оценка обучающей выборки. Оценка обучающей выборки проходит в несколько этапов. На первом этапе проверяется классификационная различимость наборов точек в трёхмерном пространстве (G, B). На рисунках 2 и 3 представлены проекции наборов на плоскость GB в *Statgraphics*. На них видно, что наборы хорошо различимы и линейно разделимы.

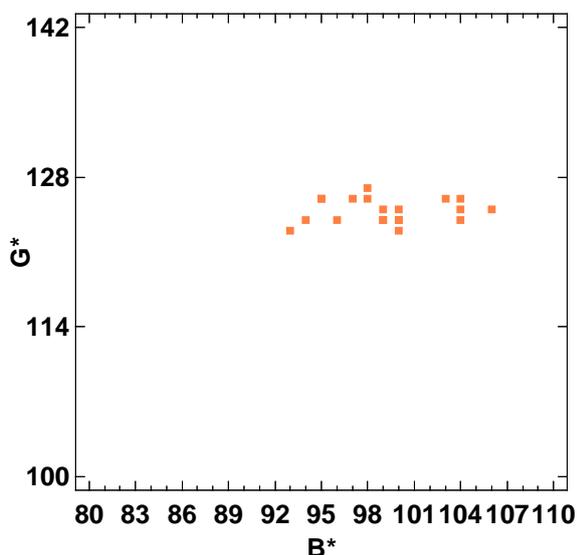


Рис. 2. Набор 1. Проекция по координатам G и B

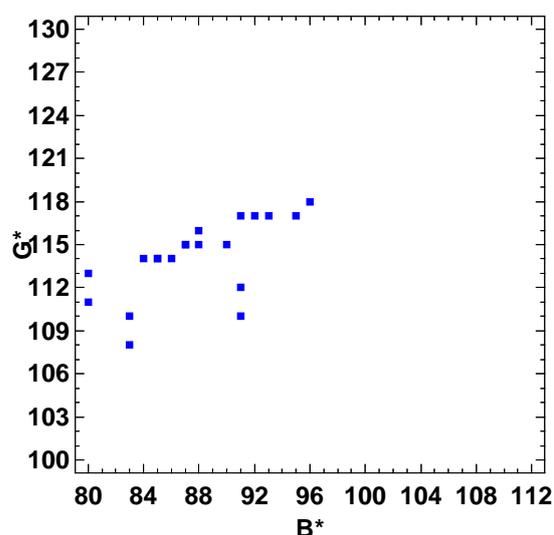


Рис. 3. Набор 2. Проекция по координатам G и B

На втором этапе проверяется однородность наборов. Используется критерий Кохрена, который оценивает однородность дисперсий при равном числе повторов эксперимента. Значение статистики G сравнивается с критическим значением $G_{кр}$. Если $G \leq G_{кр}$, то набор считается воспроизводимым.

На третьем этапе проверяется соответствие данных нормальному распределению. Это делается путём анализа гистограммы, построения «ящика с усами» и использования теста Шапиро-Уилка. Значение p теста Шапиро-Уилка сравнивается с $\alpha = 0,05$, чтобы определить, соответствует ли выборка нормальному распределению. В данном случае, данные выборки не соответствуют нормальному распределению.

Анализ гистограммы и «ящика с усами» показывает, что данные близки к нормальному распределению, но тест Шапиро-Уилка указывает на отклонение от нормы. Полученные результаты для координат R , G и B представлены на рисунках 6, 7 и 8 соответственно.

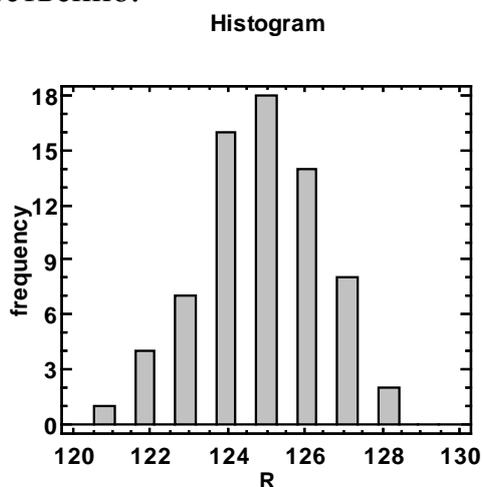


Рис. 4. Гистограмма нормального распределения для координаты R

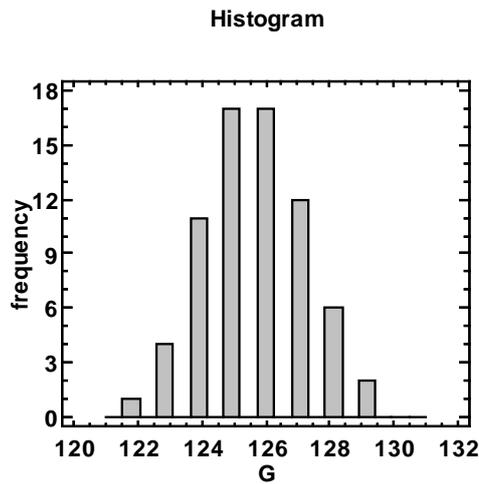


Рис. 5. Результаты оценки обучающих выборок (координата G)

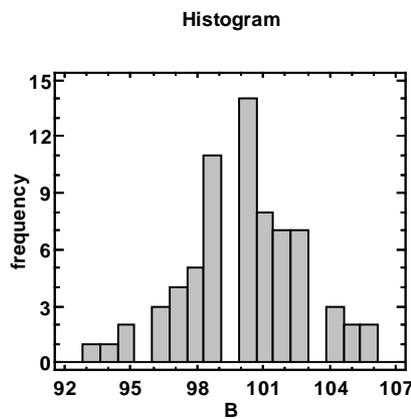


Рис. 6. Результаты оценки обучающих выборок (координата B)

Результаты оценки обучающих выборок свидетельствуют об их различимости, однородности и некотором соответствии нормальному распределению, что позволяет использовать их для обучения нейронной сети.

Обучение сети. Принятая модель сети (рисунок 7) – однослойный перцептрон [1, 2, 3], включающей один нейрон. Работа перцептрона сводится к классификации входных сигналов в n -мерном гиперпространстве по некоторому числу классов. Число классов для одного перцептрона не превышает $2m$, где m – число его выходов.

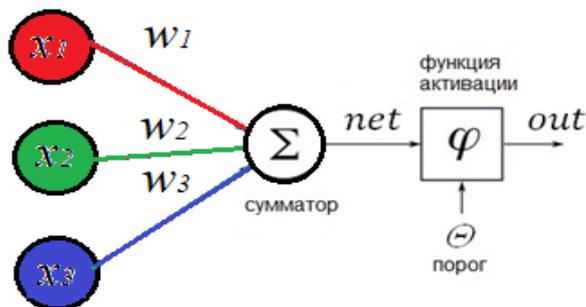


Рис. 7. Структура нейронной сети

Персептрон вычисляет следующую систему функций (1,2):

$$net = \sum_i w_i x_i', \quad (1)$$

$$out = \varphi\left(\sum_i w_i x_i - \theta\right), \quad (2)$$

где w_i - веса персептрона, x_i - значения входных сигналов, θ - порог.

Входные данные представляют собой матрицу $n \times 3$, где n – число наблюдений. Веса представляются матрицей 4×1 . Функция активации преобразует взвешенную сумму в выходной сигнал. В данном случае применяется логистическая функция $f(net) = 1 / (1 + \exp(-net))$, которая позволяет получить значение между 0 и 1.

Обучение сети происходит путем подстройки весов W с помощью градиентного спуска. Этот процесс включает следующие шаги:

1. Задать начальное значение эпохи по всей обучающей выборке.
2. Начальные значения весов W полагаются случайными.
3. Повторение для каждого обучающего вектора:
 - a. Подача входного образа на вход сети и вычисление выходного образа.
 - b. Определение квадратичной ошибки для выходного вектора.
 - c. Модификация весовых коэффициентов W .
4. Повторение шагов 2-3 для всех обучающих векторов в выборке.
5. Проверка средней ошибки по всей выборке текущей эпохи.
6. Повторение шагов 2-5 до достижения заданной точности.
7. Завершение обучения.

В результате обучения, персептрон на выходах должен выдавать желаемые значения для каждого наблюдения.

Ошибки в выходе персептрона классифицируются на два типа и используются для корректировки весов:

1. Первый тип ошибки: выход персептрона - 0, правильный ответ - 1. Веса связей при переменных, которые приводят к такой ошибке, увеличиваются с увеличением выхода персептрона

2. Второй тип ошибки: выход персептрона - 1, правильный ответ - 0. Веса связей при переменных, которые приводят к такой ошибке, уменьшаются с целью уменьшения выхода персептрона.

Обучение персептрона происходит путем итеративного применения этих корректировок весов до достижения заданной точности или сходимости.

Заключение. Путём применения описанного в статье алгоритма на подобранных выборках была обучена нейронная сеть для распознавания деталей по цвету.

Библиографический список

1. Каллан, Р. Основные концепции нейронных сетей. – СПб.: Вильямс, 2003. – 288 с.
2. Флах П. Машинное обучение. Наука и искусство построения алгоритмов, которые извлекают знания из данных. – М.: ДМК Пресс, 2015. – 400 с.
3. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс. – М.: Вильямс, 2006.–1104 с.

© Рамазанов Б.Р., 2023

УДК 004.53.8

А.С. ДАВЛИЕВА

davlieva.as@ugatu.su

Уфимский университет науки и технологий

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ АППАРАТНО- ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ПРИ ИНТЕНСИВНОЙ ВНЕШНЕЙ НАГРУЗКЕ

Аннотация: проблема обеспечения функциональной безопасности связана с ростом сложности аппаратно-программных комплексов, увеличением опасности внешних угроз и внутренних причин возникновения нештатных ситуаций.

Ключевые слова: функциональная безопасность, аппаратно-программный комплекс, живучесть, внешняя нагрузка.

Для сложных аппаратно-программных комплексов (АПК) характерно эволюционное развитие. В силу этого включение в систему новых компонентов требует комплексного анализа как свойств этих компонентов в составе системы, так и исследования изменения свойств АПК вследствие изменения его структуры.

Многокритериальный анализ альтернатив проектных решений (в функциональном; информационном; организационном и иных аспектах) на ранних стадиях жизненного цикла компонентов, включаемых в АПК, в том числе предполагает исследования их живучести.

В настоящее время в различных источниках [1,2] даются несколько различающиеся по форме, но близкие по содержанию определения понятия «живучесть системы». Ключевыми моментами в этих определениях являются:

1. Способность системы адаптироваться к непредвиденным ситуациям, вызванным изменениями в окружающей среде, либо в структуре системы;
2. Способность системы сохранять при этом приемлемые значения потребительских свойств.

В настоящей работе под живучестью АПК понимается способность системы адаптироваться к изменившимся условиям функционирования, противостоять негативным воздействиям за счет изменения свойств компонентов структуры, сохраняя при этом приемлемые для потребителя поведение системы.

Функциональная уязвимость является фактором, негативно влияющим на потребительские свойства (показатели качества) и затраты ресурсов, необходимых для сопровождения сложных систем, в частности, аппаратно-программных комплексов.

В качестве аппаратно-программного комплекса специального назначения в работе выступает аппаратно-программный комплекс записи разговоров.

Аппаратно-программный комплекс предназначен для записи всех входящих и исходящих разговоров, их преобразование и передачу на сервер. В современных сложных технических системах неотъемлемой частью является программная составляющая, однако в силу многих причин, например, ограничений на массу, габариты, сложившиеся подходы конструирования обеспечивать неизбежность отказов компонентов технических системы, избежать снижение эффективности за счет добавления аппаратных составляющих не предоставляется возможным. Потеря эффективности выражается в количестве потерянных разговоров. Для того, чтобы обеспечить нормальное функционирование системы возможно два пути парирования снижения эффективности – либо за счет избыточности аппаратной части системы, либо за счет управления внешними потоками. Ограничениями возможности использования аппаратной избыточности являются ограничения на габариты блоков записывающего устройства.

Телефонная станция является объектом, который в полной мере можно назвать системой массового обслуживания. Система может функционировать в различных режимах. Последовательность состояний телефонной станции приведена на рис.1.

Задача состоит в том, чтобы минимизировать число потерянных переговоров. Это достигается за счет того, что накладываются ограничения на длительность переговоров абонентов [3]. Формально это выражается целевой функцией:

$$\left(1 - \frac{k}{\tau \cdot N}\right) \rightarrow \min_{\tau},$$

где N – число заявок, τ - среднее время обслуживания одной заявки, k – число доступных каналов.

Исходными данными для задачи оценивания τ_{cr} , при котором будет определяться ограничение длительности разговоров:

1) Минимальное и максимальное возможное число заявок N в единицу времени Δt .

2) Число каналов системы может быть $k = 16; 32; 48$.

Требуется: оценить τ_{cr} при каждом k .

Для решения поставленной задачи необходимы данные диапазона заявок $[N^D; N^U]$ за промежуток Δt . Эти данные возможно получить на основе архивных данных телефонных станций. В работе сгенерированы случайные числа N в диапазоне $[100; 200]$.

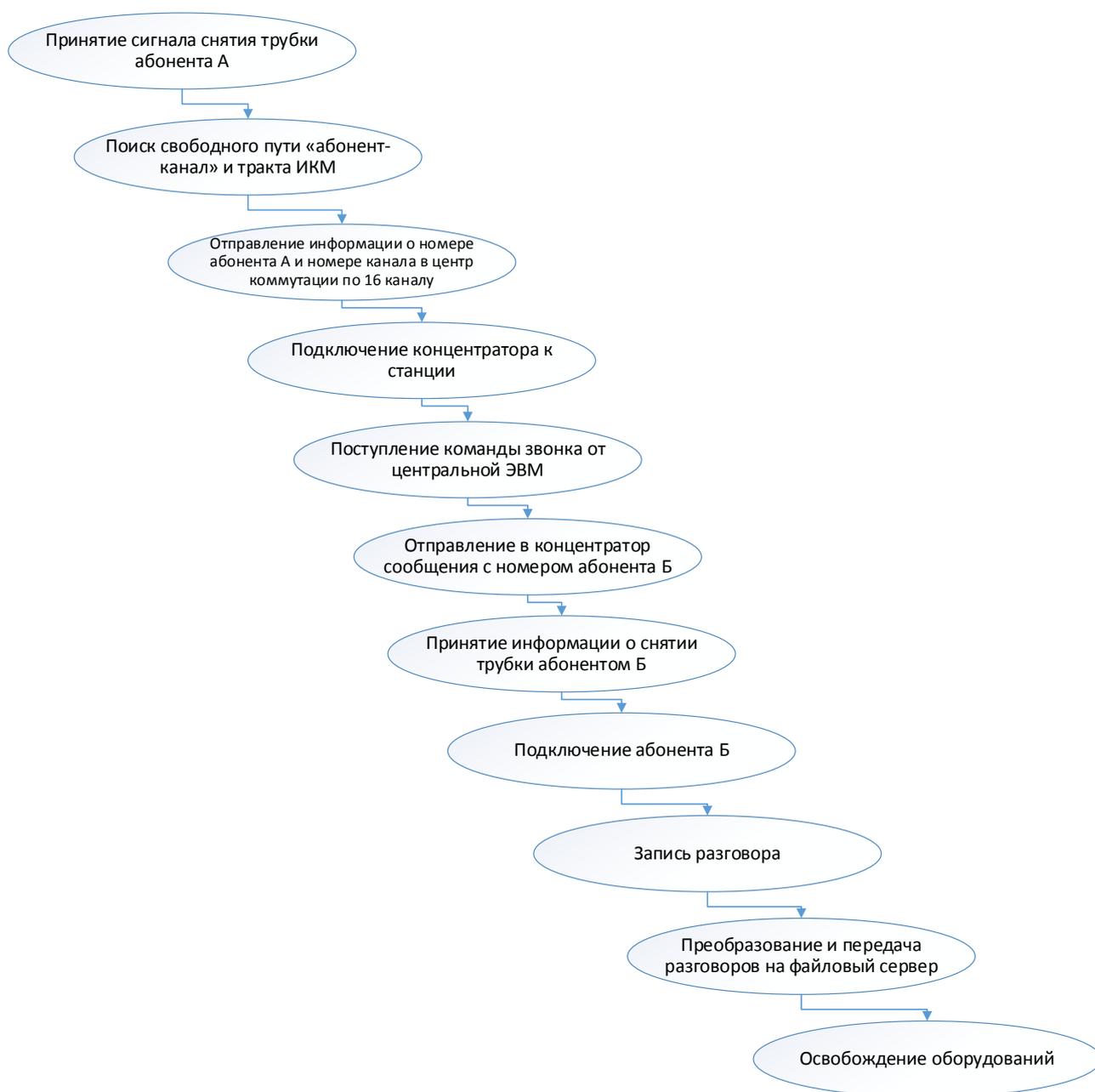


Рис. 1. Последовательность состояний телефонной станции

Для решения ситуационной задачи предполагается, что возможные комбинации $[N^D; N^U]$ с возможным количеством доступных каналов позволяют решить задачу распознавания модели ситуации и определения прогноза τ_{cr} . То есть готовые решения могут выбираться из таблицы значений из памяти.

Библиографический список

1. Махутов Н.А., Резников Д.О. Оценка уязвимости технических систем и ее место в процедуре анализа риска // Проблемы анализа риска. Т. 5. 2008. № 3. С. 72-85.
2. Липаев В.В. Анализ и сокращение рисков проектов сложных программных средств. М.: СИНТЕГ, 2005. – 224 с.
3. V.E. Gvozdev, A. Morozov, K.V. Kirillov, A.S. Subhangulova, “Effect of different defect types on static parameters of reliability assessment”, Proceedings of the 18th Workshop on Computer Science and Information Technologies (CSIT’2016), Czech Republic, Prague, Kunovice, September 26-30,2016, Vol.1, Ufa State Aviation Technical University. P.55-57.

© Давлиева А.С., 2023

УДК 004.10

Н.К. ХАННАНОВ

nael20000@yandex.ru

Науч. руковод. – д-р техн. наук, профессор **М.А. ВЕРХОТУРОВ**

Уфимский университет науки и технологий

РАЗРАБОТКА ОПТИМАЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ УПАКОВКИ СЛОЖНЫХ ТРЕХМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ В ПРЯМОУГОЛЬНЫЙ КОНТЕЙНЕР НА ОСНОВЕ ДИСКРЕТНО-ЛОГИЧЕСКОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ

Аннотация: в статье описывается решение задачи упаковки в контейнер трехмерных объектов. Предлагается алгоритм, использующий NFP и дискретно-логическое представление информации. Показаны примеры работы алгоритма и результаты вычислительного эксперимента на общедоступных примерах.

Ключевые слова: упаковка, трехмерные объекты, контейнер, алгоритм, NFP, дискретно-логическое представление, примеры работы, результаты вычислительного эксперимента.

В современном мире упаковка сложных трехмерных объектов в прямоугольные контейнеры играет важную роль в логистике и транспортировке товаров. Разработка оптимальных решений для упаковки является сложной задачей, требующей учета множества факторов, таких как форма и размеры объектов, ограничения контейнера, а также минимизация затрат на упаковку. В данной статье мы рассмотрим методы разработки оптимальных решений для упаковки сложных трехмерных объектов в прямоугольные контейнеры на основе дискретно-логического представления информации. Благодаря использованию этого подхода, мы можем эффективно решать задачи упаковки, учитывая все ограничения и требования, что позволяет существенно оптимизировать процесс упаковки и снизить затраты на логистику.

Предположим, что существует некоторое множество трехмерных геометрических фигур, каждая из них расположена в своей собственной системе координат. Задача состоит в том, чтобы расположить имеющиеся фигуры в пределах границ параллелепипеда с постоянной длиной и шириной, при этом высота будет являться переменной величиной. Мы имеем возможность перемещать фигуры, но не имеем возможности их вращать. Требуется найти оптимальную комбинацию фигур внутри параллелепипеда с учетом их взаимного расположения и предотвращения их выхода за пределы разрешенной области и пересечений между собой.

Оптимальное размещение трехмерных объектов может быть достигнуто с помощью различных методов, включая математическое моделирование, алгоритмы оптимизации и компьютерное моделирование.

Одним из методов оптимального размещения трехмерных объектов является метод линейного программирования. Этот метод использует математические модели для определения оптимального расположения объектов с учетом ограничений, таких как размеры объектов, их взаимное влияние и доступное пространство.

Другим методом является использование эвристических алгоритмов оптимизации, например, генетические алгоритмы, муравьиные алгоритмы, симуляция отжига. Эти методы позволяют искать оптимальное расположение объектов, основываясь на принципах эволюции или имитации физических процессов.

Компьютерное моделирование также может быть использовано для оптимального размещения трехмерных объектов. С помощью специализированного программного обеспечения можно создавать виртуальные модели объектов и проводить их размещение в пространстве, оптимизируя распределение и учитывая различные параметры.

No-Fit-Polyhedron (NFP) – это многоугольник, который определяет область, в которую нельзя поместить другой объект, чтобы они не пересекались. Он представляет собой выпуклую оболочку некоторого набора нижних граней объекта.

Подход с использованием NFP основан на моделировании движения объектов и состоит из следующих шагов:

1. Представление объектов в виде набора граней, ребер и вершин.
2. Создание начальной укладки объектов в области размещения, где объекты не пересекаются.
3. Определение NFP каждого объекта, учитывая его текущее положение.
4. Поиск оптимальной точки размещения для каждого объекта, учитывая его NFP и текущую укладку.
5. Помещение объекта в область размещения в оптимальную точку, обновление текущей укладки и переход к следующему объекту.
6. Повторение шагов 3-5 до достижения критерия остановки (например, определенного количества итераций или достижения заданного качества укладки).

NFP обладает следующими характеристиками:

- Простота: метод NFP прост для понимания и реализации.
- Быстродействие: метод NFP может быть реализован довольно быстро, так как основан на проверке пересечения простых геометрических фигур.
- Точность: метод NFP обеспечивает высокую точность, так как основывается на точных геометрических моделях.
- Эффективность: метод NFP весьма эффективен, не требует больших вычислительных ресурсов.
- Адаптивность: метод NFP можно адаптировать под различные задачи без особых трудностей.

Метод No Fit Polygon (NFP) является одним из лучших методов для решения задачи оптимального распределения трехмерных объектов по нескольким причинам.

Во-первых, NFP позволяет учитывать сложные формы и размеры объектов, что делает его более гибким и универсальным методом. Это особенно важно при работе с трехмерными объектами, которые могут иметь различные формы и размеры.

Во-вторых, метод NFP учитывает взаимное влияние объектов друг на друга при оптимальном распределении. Это позволяет учесть ограничения, связанные с взаимным расположением объектов, и найти оптимальное решение, которое удовлетворяет этим ограничениям.

Также метод NFP может быть использован для поиска оптимального распределения объектов в больших пространствах, что делает его эффективным для различных задач планирования и проектирования.

Наконец, метод NFP может быть реализован с использованием специализированных программных инструментов, что облегчает его применение

и повышает эффективность при решении задач оптимального размещения трехмерных объектов.

Предлагаемый метод позволяет эффективно решать поставленную задачу, минимизируя пересечения и генерируя оптимальное решение. Однако, такой подход может требовать существенного объема вычислений.

Существуют различные способы использования NFP для размещения объектов. Предварительный расчет – в этом способе NFP используется для предварительного расчета оптимального расположения объектов в контейнере до их фактической упаковки. Это позволяет избежать неэффективных решений и сэкономить время при упаковке. Интегральный подход – здесь NFP используется в качестве интегральной части алгоритма упаковки, который учитывает не только размеры объектов, но и их форму, ориентацию и другие параметры. Это позволяет создать более точные и оптимальные решения для упаковки сложных трехмерных объектов. Динамический подход – в этом случае NFP используется для динамического изменения контейнера в процессе упаковки объектов. Это позволяет оптимизировать использование пространства и уменьшить количество пустого места в контейнере, что особенно важно при упаковке разнообразных и сложных трехмерных объектов. В этой работе использовался динамический подход к использованию NFP.

Помимо описанных выше методов существуют еще несколько методов которые использовались в данном исследовании. Метод "Первый подходящий с упорядочиванием + ЛП" (First Fit Decreasing + LP) - это комбинация двух методов оптимизации. Первый подходящий с упорядочиванием (First Fit Decreasing) используется для упорядочивания элементов в порядке убывания их размеров, а затем применяется линейное программирование (ЛП) для оптимизации распределения этих элементов.

GRASP (Greedy Randomized Adaptive Search Procedure) с ЛП - это метод оптимизации, который объединяет жадный алгоритм со случайным поиском и адаптивной процедурой. GRASP используется для решения комбинаторных задач оптимизации, таких как задача о рюкзаке или задача о назначениях. После применения жадного алгоритма, ЛП используется для улучшения решения.

Оба метода являются эффективными инструментами оптимизации и могут быть применены в различных областях, где требуется поиск оптимальных решений.

Был проведен вычислительный эксперимент в целях оценки эффективности разработанного в данном исследовании решения. В рамках эксперимента было выполнено сравнение результатов с другими методами и проверка на задачах, описанных в литературе и практике.

Авторами были использованы статьи Стояна Ю.Г. и Ягудина Р.Р. в качестве наборов входных данных.

Методы "Первый подходящий с упорядочиванием + ЛП" и "GRASP с ЛП" показали наилучшие результаты по плотности упаковки в большинстве примеров. Разработанный подход показал немного более низкую плотность

упаковки. Однако при определенных параметрах точности, предложенный подход позволяет упаковывать объекты быстрее.

Выводы, сделанные на основе вычислительного эксперимента, включают следующие:

- Дискретно-логическое представление информации и цепное кодирование имеют несколько преимуществ: корректность решаемой задачи – при использовании дискретно-логического представления информации и цепного кодирования, выполнение базовых логических операций происходит быстро и надежно, что обеспечивает корректность решения задачи, быстрота и надежность выполнения базовых логических операций – дискретно-логическое представление информации и цепное кодирование позволяют выполнять базовые логические операции (И, ИЛИ, НЕ) быстро и надежно, что особенно важно в системах реального времени, возможность управления точностью результатов в зависимости от шага дискретно-логической сетки – при использовании дискретно-логического представления информации, можно управлять точностью результатов в зависимости от шага дискретно-логической сетки, что позволяет более гибко настраивать процесс обработки информации под конкретные требования задачи..

- При большом количестве граней у объектов, использование "плавающей запятой" значительно снижает надежность вычислений, в то время как дискретно-логическое представление информации не зависит от количества граней.

Использование дискретно-логического представления информации при упаковке сложных трёхмерных объектов в прямоугольный контейнер имеет ряд преимуществ, таких как корректность решаемых задач, быстрота и надежность выполнения базовых логических операций, а также возможность управления точностью результатов в зависимости от шага дискретно-логической сетки. Эти преимущества делают данный подход к упаковке более эффективным и гибким, что позволяет оптимизировать процесс упаковки и использовать пространство контейнера более эффективно. Таким образом, дискретно-логическое представление информации является перспективным подходом для упаковки сложных трёхмерных объектов в прямоугольные контейнеры.

Библиографический список

1.Stoyan, Yu., Chugay, A. Packing cylinders and rectangular parallelepipeds with distances between them into a given region. European Journal of Operational Research 197 (2009) 446-455.

2.Verhoturov, M.A., Verhoturova, G.N., Yagudin, R.R. Geometric optimizing modeling in the systems of 3-D objects placing. Workshop on computer science and information technologies CSIT'2012, Ufa – Hamburg – Norwegian Fjords, 2012, pp. 176 – 179.

3. Stoyan Yu., Gil M., Scheithauer G., Pankratov A. Packing non-convex polytopes into a parallelepiped. TU Dresden, 2004.–32с.– (Preprint MATH-NM-06-2004).

© Ханнанов Н.К., 2023

УДК 004

К.Ю. ТИМОФЕЕВА

krista.2003@bk.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доцент **О.Я. БЕЖАЕВА**

Уфимский университет науки и технологий

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМНОГО АРХЕТИПА «ТРАГЕДИЯ ОБЩИХ РЕСУРСОВ»

Аннотация: в данной работе была предложена и рассмотрена идея адаптации аппарата системных архетипов в область управления проектами, а также смоделирована ситуация, соответствующая архетипу «трагедия общих ресурсов».

Ключевые слова: системные архетипы, «трагедия общих ресурсов», четвертая промышленная революция

Одним из отличительных признаков четвертой промышленной революции является изменение роли коммуникационной-вычислительных систем в решении задач сетецентрического управления распределенными техническими системами. К настоящему времени эффективность реализации проектов является неудовлетворительной. Это требует совершенствования подходов к управлению проектами реализации аппаратно-программных комплексов. Одним из перспективных направлений исследований является адаптация аппарата системных архетипов в область управления проектами. Основанием к такому утверждению является то, что, во-первых, аппарат системных архетипов ориентирован на идентификацию проблемных ситуаций, возникающих в сложных системах, а реализация проекта неизбежно связана с урегулированием разных проблемных ситуаций. Во-вторых то, что мощность множества системных архетипов достаточно ограничено, однако с учетом того, что проект является многомерным объектом управления при реализации проектов даже в рамках одной точки зрения на проект одновременно возникают разные проблемные ситуации, ограниченное число системных архетипов позволяет описать множество комбинаций проблемных ситуаций [1,2].

Основной тезис: проблемные ситуации, возникающие при реализации проекта, в значительной степени обусловлены ошибками, допускаемыми при организации проекта на разных стадиях его жизненного цикла. Под

организацией проекта понимается процесс планирования, координации и управления ресурсами с целью достижения определенных целей в рамках определенного времени и бюджета

Из анализа литературных источников, посвященных исследованиям ошибок, допускаемых людьми, можно заключить, что наиболее тяжелые последствия обусловлены организационными ошибками, допущенными на предпроектной и начальных стадиях проекта, поскольку начальной стадии соответствует наибольшая неопределенность (известная модель «Конус неопределенности проекта») относительно потребительских свойств результатов проекта, и, следовательно, требуемого ресурсного обеспечения решения разноплановых задач, связанных с реализацией проекта.

Субъектоцентрическая природа проекта предопределяет то, что организационные ошибки являются неизменной составляющей любого проекта. Нельзя также забывать о различии потребностей и представлениях о ценностях ключевых правообладателей, а также сложности формирования консолидированной онтологической модели ключевых правообладателей, руководителей и исполнителей проекта. Выявление содержания проблемных ситуаций создает условия для выявления коренных причин проблемных ситуаций и, следовательно, выработки обоснованных решений по минимизации их негативных последствий.

Треугольник проекта – концептуальная модель сложной системы, создающая основу для определения сбалансированных сочетаний основных составляющих проекта – бюджета; времени реализации проекта; соответствия потребительских свойств предполагаемых результатов потребностям потребителей. Наиболее неопределенное содержание среди составляющих – определение требуемых потребительских свойств. Это обусловлено различием ценностей и потребностей неоднородностью акторов, вовлеченных и участвующих в формирование требований к результатам проекта [3].

Известны два варианта модели «треугольник проекта», отражающие различные парадигмы организации производства, что находит отражение в парадигмах третьей и четвертой промышленных революций.

Третья промышленная революция характеризуется таким понятием как «диктат производителя». Модель, предложенная ASI, соответствует этой производственной парадигме, и исходит из предположения об однородности акторов, что характеризуется наличием у них общих интересов и единой, признаваемой всеми ими, системы ценностей. Примерами архетипов, которые ставятся в соответствие этой модели, являются: задержке действия; пределы роста; эскалация [4].

Четвертая промышленная революция характеризует переход от «диктата производителя» к «диктату потребителя», основой чего является единая цифровая экосреда [4]. Изменение парадигм нашло отражение в изменении содержания одной из вершин треугольника проекта: вместо прежнего «Quality» стало «Target, Objectives, Satisfaction». Это изменение соответствует признанию факта неоднородности акторов, т.е. наличия у участников проекта

несовпадающих интересов и отсутствия единой, всеми признаваемой системы ценностей. Этой модели ставятся в соответствие такие архетипы как «Трагедия общих ресурсов», «нечаянные противники». Вид архетипа определяется тем, в какой области проекта акторами ищется консолидированное решение, направленное на урегулирование проблемной ситуации: в распределении ресурсов при сохранении неизменными интересы и представления о ценностях каждого из неоднородных акторов. Либо в возможности изменения в результате дискурса акторов с целью выработка солидарного решения желаний акторов и их представлений о ценностях.

Проект является многомерным объектом, из чего следует необходимость разноаспектного исследования. Разным подходам к исследованию проектов соответствует разная совокупность системных архетипов. Например, в рамках ресурсного подхода (В в треугольнике проекта) при распределении ресурсов по разным видам работ моделью проблемной ситуации может явиться архетип «Трагедия общих ресурсов». Реализации плана работ (Т в треугольнике проекта) можно поставить в соответствие архетип «Задержка действия». Согласованию функциональных и нефункциональных требований в условиях несовпадающих представлений о ценностях правообладателей (Точка Q в треугольнике проекта) можно поставить в соответствие архетип «Эрозия целей». Ребру, связывающему вершины В и Q в треугольнике проекта можно поставить в соответствие архетип «Пределы роста» (разумный баланс между наличием латентных дефектов и стоимостью их поиска и устранения)

В ходе исследования было проведено имитационное моделирование ситуации, соответствующей системному архетипу «Трагедия общих ресурсов» (рис. 1):

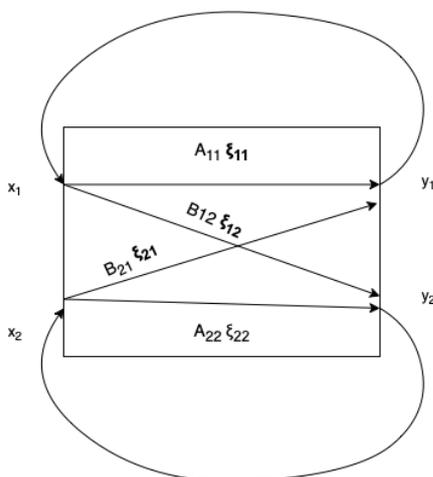


Рис. 1 – Графическая модель системного архетипа «трагедия общих ресурсов»

Обозначения:

x_1 –Бюджет;

x_2 – ограничения на длительность проекта

y_1 – качество результатов проекта для стороны А

y_2 – качество результатов проекта для стороны В

Начальные условия:

$$x_1^{(0)} = 0, x_2^{(0)} = 0, y_1^{(0)} = 0, y_2^{(0)} = 0$$

Основу построения контурных моделей составляют следующие соотношения:

$$\begin{cases} x_1^{(i)} = \xi_{11}^{(i)} + \xi_{12}^{(i)} \\ x_2^{(i)} = \xi_{21}^{(i)} + \xi_{22}^{(i)} \\ y_1^{(i)} = A_{11} * \xi_{11}^{(i)} + B_{21} * \xi_{21}^{(i)} + C_1 \xi_{11}^{(i)} \xi_{21}^{(i)} \\ y_2^{(i)} = B_{12} * \xi_{12}^{(i)} + A_{22} * \xi_{22}^{(i)} + C_2 \xi_{12}^{(i)} \xi_{22}^{(i)} \end{cases}$$

где:

$$\begin{cases} \xi_{11}^{(i+1)} = \xi_{11}^{(i)} + D_1(y_1^{(i)} - y_1^{(i-1)}) - R_{11}(y_2^{(i)} - y_2^{(i-1)}) \\ \xi_{12}^{(i+1)} = \xi_{12}^{(i)} + D_2(y_2^{(i)} - y_2^{(i-1)}) - R_{12}(y_1^{(i)} - y_1^{(i-1)}) \\ \xi_{21}^{(i+1)} = \xi_{21}^{(i)} + E_1(y_1^{(i)} - y_1^{(i-1)}) - R_{21}(y_2^{(i)} - y_2^{(i-1)}) \\ \xi_{22}^{(i+1)} = \xi_{22}^{(i)} + E_2(y_2^{(i)} - y_2^{(i-1)}) - R_{22}(y_1^{(i)} - y_1^{(i-1)}) \end{cases}$$

В соответствии с различными заданными коэффициентами были получены следующие результаты:

Таблица 1

Таблица соотношений коэффициентов

№	A_{11}	A_{22}	B_{12}	B_{21}	D_1	D_2	E_1	E_2	C_1	C_2	R_{11}	R_{12}	R_{21}	R_{22}
1	0,1	0,3	2	0,1	0,5	0,3	0,2	0,4	0,2	0,1	0,2	4	0,5	0,6
2	0,1	0,3	0,5	0,1	0,2	0,3	2	1	0,2	0,1	0,5	0,6	0,2	0,1
3	0,1	0,3	2	0,1	0,2	0,3	0,5	0,1	0,2	0,1	0,5	0,6	0,2	0,1

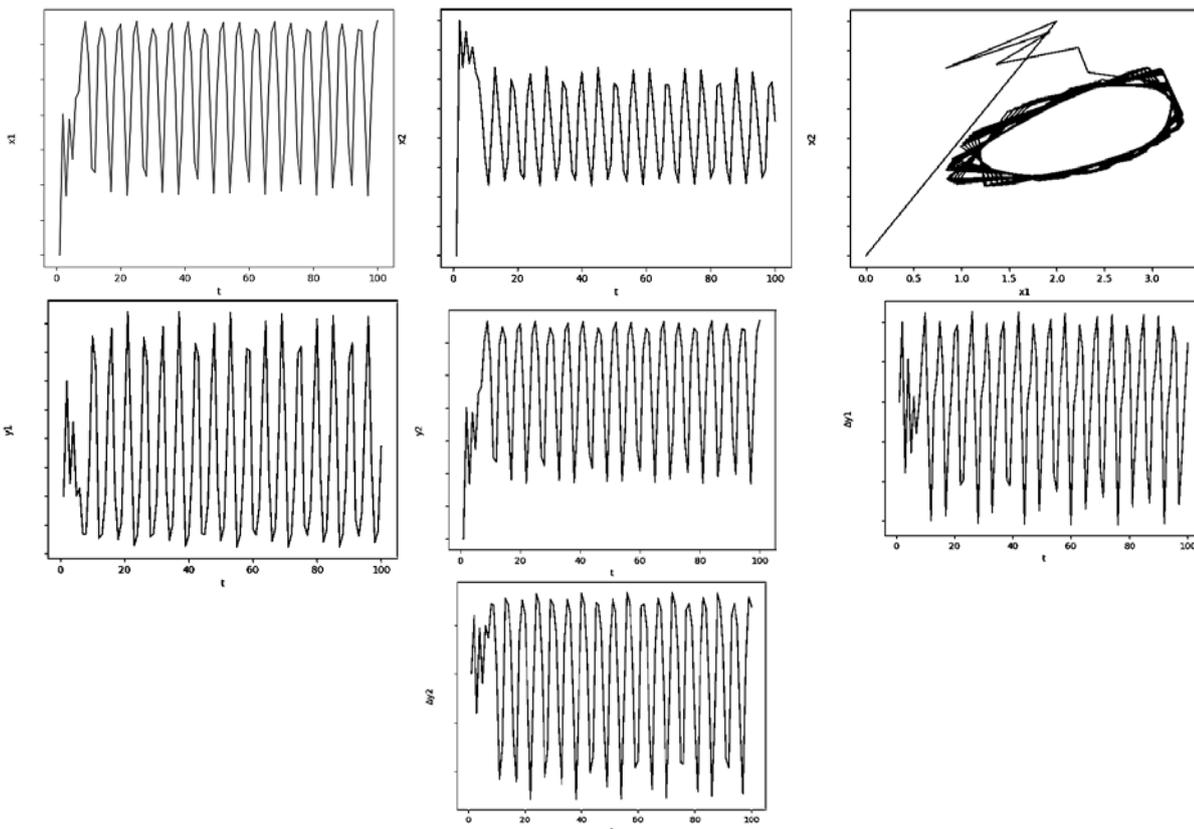


Рис. 2 – Эксперимент №1

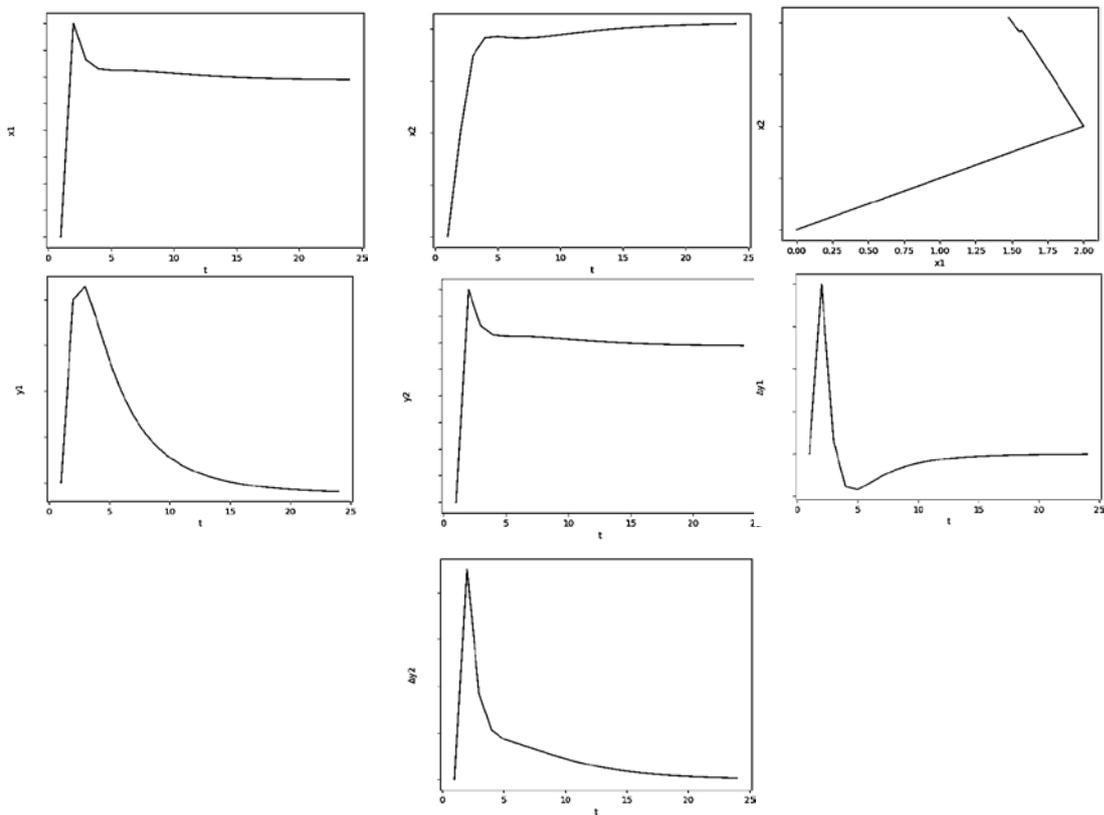


Рис. 3 – Эксперимент №2

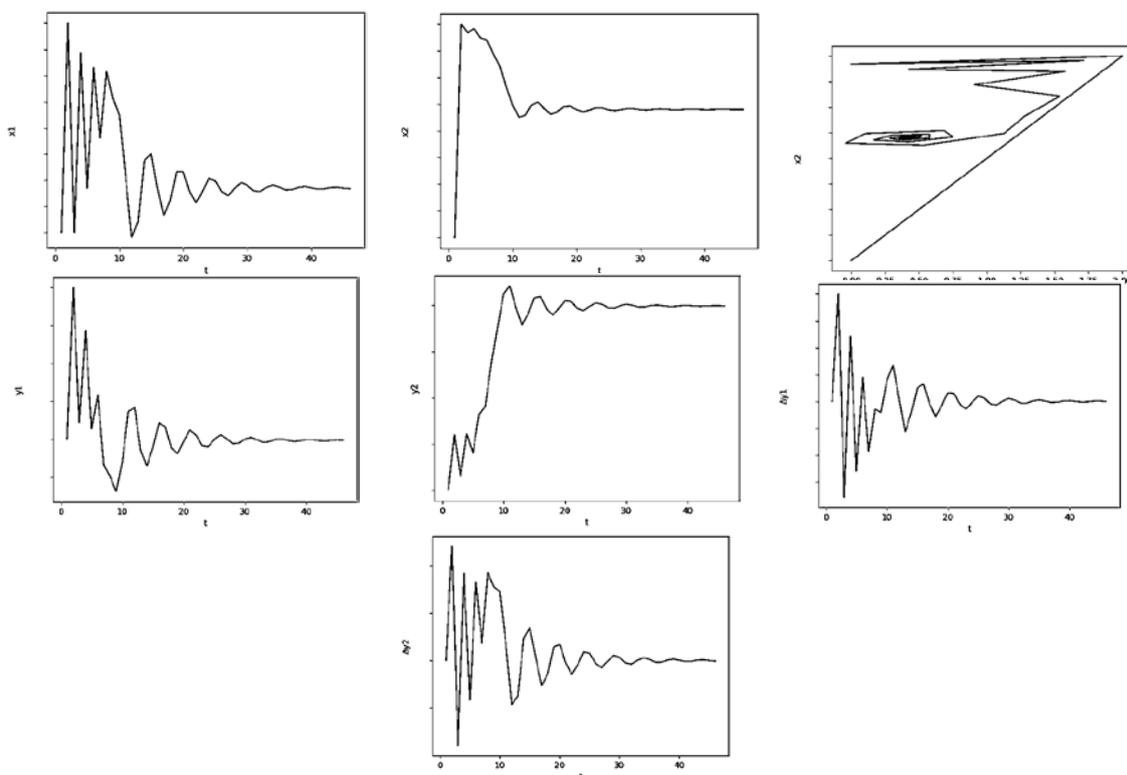


Рис. 4 – Эксперимент №3

Предложен подход к оценке характерных проблемных ситуаций, возникших в ходе реализации проекта, из-за динамичных характеристик основных показателей проекта. Состав показателей проекта определяется моделью проектного треугольника.

Библиографический список

1. Медоуз Донелла Азбука системного мышления / Донелла Медоуз; пер. с англ. Д. Романовского; [науч. ред. А. Савкина]. – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2018. – 272 с.

2. Сенге, Питер Пятая дисциплина / Сенге, Питер. – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2018. – 660 с.

3. Microsoft Проектный треугольник / Microsoft [электронный ресурс] // Microsoft [сайт].-URL: <https://support.microsoft.com/ru-ru/office/%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%BD%D1%8B%D0%B9-%D1%82%D1%80%D0%B5%D1%83%D0%B3%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B8%D0%BA-8c892e06-d761-4d40-8e1f-17b33fdcf810>

4. Шваб Клаус. Четвертая промышленная революция / Клаус Шваб – «Эксмо», 2016. – 138 с.

© Тимофеева К.Ю., 2023

СЕКЦИЯ 5.8. МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ОПЕРАЦИЙ В ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

УДК 004.89

А.А. СОМОВ, К.И. НИЯЗМУЛЛИНА

qsomov@gmail.com

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доцент **Е.А. КУЗЬМИНА**

Уфимский университет науки и технологий

РАСПОЗНАВАНИЕ И КЛАССИФИЦИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Аннотация: данная тема исследования фокусируется на применении нейронных сетей для распознавания и классификации объектов. В этой области исследования рассматриваются методы обучения, выбор и подготовка обучающих данных, а также разработка эффективных моделей нейронных сетей для достижения высокой точности в распознавании и классификации объектов.

Ключевые слова: нейронные сети; распознавание объектов, компьютерное зрение, видеоаналитика, методы обучения.

В настоящее время нейронные сети играют ключевую роль в технологии распознавания образов. Они нашли применение в безопасности, сканировании изображений, дополненной реальности и поиске изображений. В сфере видеонаблюдения, нейронные сети выполняют анализ и распознавание объектов, что сравнимо с человеческим восприятием. Однако успешное распознавание требует обучения на соответствующих данных, подобно обучению человеческого мозга. Ключевым моментом является обучающий датасет, который важно сделать максимально разнообразным и объемным. Нейронные сети разбивают изображения на маленькие участки и используют сотни тысяч нейронов для сравнения с ранее изученными данными, что позволяет точно распознавать объекты. Увеличение скрытых слоев сети увеличивает ее способность к более точному распознаванию изображений. Это делает нейронные сети мощными инструментами в области видеонаблюдения и компьютерного зрения.

Распознавание образов может быть выполнено с использованием традиционных методов обработки изображений или современных нейронных сетей. Рассмотрим оба подхода:

1) Методы обработки изображений:

– **Плюсы:** не требует аннотированных данных, прост и быстр в применении.

– **Минусы:** ограничен в сложных сценариях, подвержен проблемам с окклюзией, освещением и шумом.

2) Методы глубокого обучения:

– **Плюсы:** устойчивы к сложным сценариям, способны извлекать признаки из данных.

– **Минусы:** требуют большого объема обучающих данных, требовательны к вычислительной мощности, дорогие в аннотации данных.

Где используется распознавание образов

Распознавание лиц и людей играет важную роль в различных областях, используя технологии обнаружения объектов. Вот несколько примеров применения:

Обнаружение лиц:

– *Идентификация и аутентификация:* позволяет разблокировать устройства и системы без паролей.

– *Безопасность:* используется в видеонаблюдении и контроле доступа.

– *Распознавание эмоций:* помогает в маркетинге и медицинской диагностике.

Обнаружение людей:

– *Подсчет и мониторинг:* используется для анализа покупательского потока и учета людей в определенных областях.

– *Соблюдение социального дистанцирования*: поддерживает соблюдение мер безопасности в общественных местах.

Интеллектуальная видеоаналитика (IVA):

– В розничной торговле, помогая анализировать поведение покупателей, оценивать эффективность витрин и управлять инвентарем.

– В производстве для контроля качества и обеспечения безопасности труда.

– В транспорте для оптимизации движения и обеспечения безопасности.

Технологии IVA могут быть настроены на обеспечение конфиденциальности, и они становятся все более распространенными, повышая эффективность и безопасность в различных секторах.

AI-навигация для дронов:

Современные дроны с машинным обучением и камерами могут выполнять различные задачи, такие как:

– **Обнаружение дефектов в продуктах питания.**

– **AI-навигация для автономных дронов.**

Методы распознавания образов

Метод R-CNN (Region-based Convolutional Neural Network) представляет собой важный шаг в развитии обнаружения объектов на изображениях. Он включает в себя следующие шаги:

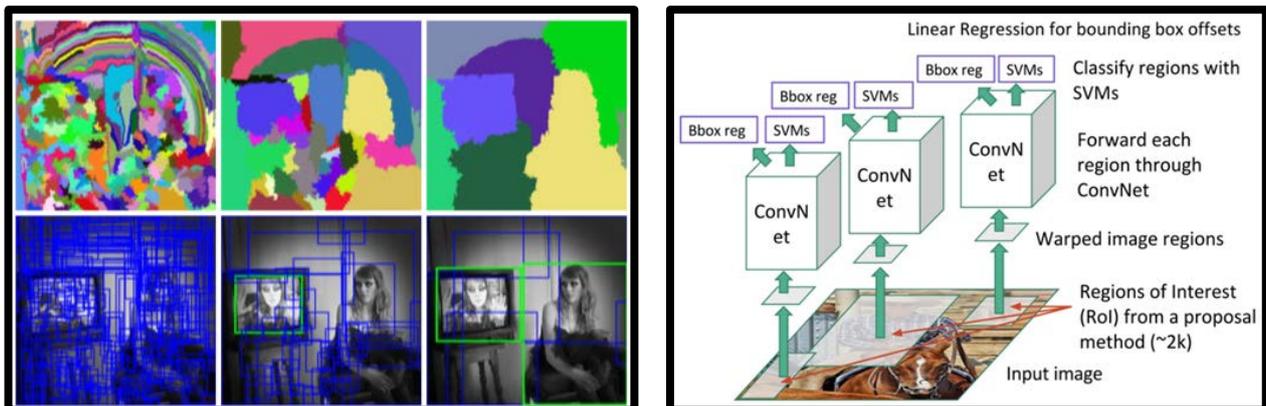
1. Инициализация регионов интереса (RoI): Изображение разбивается на небольшие области, называемые регионами интереса (RoI), которые могут содержать объекты.

2. Извлечение признаков: Для каждого RoI извлекаются признаки с использованием предварительно обученной сверточной нейронной сети (CNN), такой как VGG или ResNet. Эти признаки представляют собой векторы, описывающие содержимое каждой RoI.

3. Классификация и регрессия: Извлеченные признаки подаются на вход классификатору, который определяет, содержит ли RoI объект определенного класса. Также выполняется регрессия для точного определения местоположения объекта внутри RoI.

4. Объединение регионов: Регионы, содержащие объекты того же класса, объединяются, чтобы получить окончательное предсказание местоположения и класса объекта.

R-CNN обеспечивает высокую точность локализации объектов, так как использует предварительно обученные CNN и выполняет отдельную классификацию и регрессию для каждого RoI. Однако он имеет недостаток в скорости из-за большого количества RoI, что приводит к неэффективному использованию ресурсов.



1. **Инициализация регионов (RoI):** В начале изображение разбивается на множество небольших регионов (RoI), которые могут содержать объекты. Эти регионы инициализируются для дальнейшего анализа.

2. **Извлечение признаков с использованием CNN:** Каждый RoI передается через предварительно обученную сверточную нейронную сеть (CNN), чтобы извлечь вектор признаков, который описывает содержимое каждой RoI. Этот вектор признаков может быть далее использован для классификации объектов и локализации.

3. **Классификация объектов:** Для каждой RoI выполняется классификация объектов. В вашем описании утверждается, что несколько классификаторов SVM (Support Vector Machine) используются для определения, содержит ли RoI объект конкретного класса. Таким образом, каждый RoI подвергается анализу для классификации.

4. **Локализация объектов с линейной регрессией:** Кроме классификации, также выполняется регрессия, чтобы точнее определить координаты ограничивающей рамки (bounding box) внутри каждой RoI, которая ограничивает обнаруженный объект. Линейный регрессор используется для коррекции координат рамок.

Fast R-CNN — это улучшенная версия **R-CNN** (Region-based Convolutional Neural Network), созданная для увеличения скорости и эффективности обнаружения объектов. Её особенности:

Совмещение всех регионов: Fast R-CNN использует всё изображение как вход для сверточной нейронной сети, уменьшая время обработки по сравнению с R-CNN, которая требовала отдельных CNN для каждого региона.

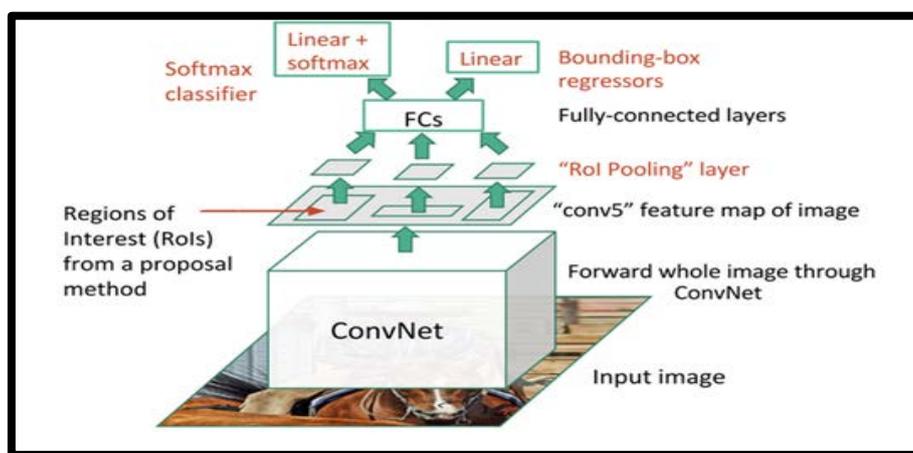
Обнаружение областей интересов: Регионы интереса (RoI) определяются с помощью метода выборочного поиска и применяются к созданным картам объектов, что сокращает количество регионов для обработки и фокусируется на более перспективных областях.

Слои RoI Pooling: Для каждой RoI используются слои RoI Pooling, которые уменьшают размер региона до фиксированной высоты и ширины, что облегчает обработку и классификацию.

Классификация и регрессия: Векторы признаков из RoI подвергаются классификации с помощью классификатора softmax, и выполняется регрессия для более точного определения местоположения объектов и ограничительных рамок.

Fast R-CNN позволяет сократить затраты времени и ресурсов при сохранении высокой точности обнаружения объектов.

Результатом усовершенствованного Fast R-CNN стали значительно более высокие показатели точности обнаружения объектов на популярных наборах данных, таких как PASCAL VOC. Модели Fast R-CNN достигли оценки mAP (mean average precision) близкой к 70%, что является впечатляющим результатом и делает этот метод более привлекательным для практического применения в реальных задачах обнаружения объектов.



В заключение, распознавание и классификация объектов с использованием нейронных сетей представляют собой важную и перспективную область исследований и практического применения в современном мире. Нейросети демонстрируют удивительные способности в области обработки изображений, видео, и звука, что находит широкое применение в таких сферах, как безопасность, медицина, реклама, автономные системы и другие. Эти технологии способствуют автоматизации и улучшению качества множества процессов.

Особенно важно отметить, что эволюция методов распознавания и классификации объектов, начиная с R-CNN и до более современных методов, таких как Fast R-CNN и Faster R-CNN, демонстрирует постоянный рост производительности и эффективности. Эти изменения уменьшают нагрузку на вычислительные ресурсы и позволяют использовать нейронные сети для более широкого спектра задач.

Таким образом, развитие нейросетей и методов обнаружения объектов с их использованием обещает продолжать изменять наш мир, делая его более автоматизированным, безопасным и информированным. С появлением более быстрых и точных алгоритмов, мы можем ожидать, что эта область будет

продолжать привносить инновации и улучшения в наши повседневные жизни и в различные отрасли промышленности.

Библиографический список

1. "Deep Learning" | "Глубокое обучение" - Ian Goodfellow, Yoshua Bengio & Aaron Courville | Гудфеллоу Я., Бенджио И., Курвилль А.
2. "Computer Vision: Algorithms and Applications" - Richard Szeliski | Компьютерное зрение: алгоритмы и приложения - Ричард Сзелиски
3. "Deep Learning for Computer Vision" - Rajalingappa Shanmugamani | Глубокое обучение для компьютерного зрения - Раджалингаппа Шанмугамани
4. "Convolutional Neural Networks in Visual Computing: A Concise Guide" - Nilanjan Ray | Сверточные нейронные сети в визуальных вычислениях: краткое руководство – Ниланджан Рей
5. "Deep Learning for Computer Vision" - Rajendra Prasad, Atul Negi, et al. | Глубокое обучение для компьютерного зрения - Раджендра Прасад, Атул Неги и др.
6. "Python Deep Learning" - Ivan Vasilev & Daniel Slater | Глубокое обучение на Python - Иван Василев и Дэниел Слейтер
- 7.

© Сомов А.А., Ниязмуллина К.И., 2023

УДК 004.891.2

Т.И. ГАРИФУЛЛИН

murkat2007@yandex.ru

Науч. руковод. – **А.В. ИВЕРШИНЬ**

МАОУ «Лицей № 58» ГО г. Уфа

КОТ. Краткие Отзывы о Товарах

Аннотация: проект представляет собой систему для обобщения отзывов, состоящую из трех частей: модели ИИ, API и браузерного расширения. Модель ИИ обучена на датасете amazon_reviews_multi, API позволяет взаимодействовать с моделью из веб-приложения, а браузерное расширение использует API, чтобы получить сгенерированные данные и отобразить их пользователю.

Ключевые слова: нейронная сеть; dataset; большие данные; искусственный интеллект.

Продающий отзыв – миф или реальность? Он вообще работает? И кто их пишет: покупатели, владельцы сайтов, профессиональные копирайтеры? Тема

настолько острая, что еще до более скрупулезного погружения в нее возникает множество вопросов и сомнений.

Отзывом называют высказанное мнение, оценку, анализ или рассказ об опыте использования. По статистике, пятая часть клиентов формирует свое решение о покупке на основании информации, представленной в отзывах. Мнение других потребителей позволяет сделать вывод, что компания заслуживает доверия, а ее предложение способно выгодно решить определенную потребность. [1]

Проект решает проблему анализа большого количества отзывов в целом, предоставляя сжатую информацию об общем мнении и характеристиках в виде сгенерированных данных. Это может быть полезно для принятия решений на основе анализа отзывов, а также для сокращения времени и усилий, необходимых для чтения и анализа каждого отзыва вручную.

Данный проект – это решение проблемы сложности восприятия и анализа большого количества отзывов путем создания искусственного интеллекта, который сможет обобщать их. Программа, обобщающая отзывы из интернет-магазинов, – интересный проект NLP. Этот тип программы потенциально может помочь потребителям быстро понять общее мнение о продукте на основе большого количества отзывов, что может сэкономить время при совершении покупок онлайн.

По исследованиям [2] более 8 человек из 10 читают отзывы и делают выбор, основываясь на них. Мужчины, и женщины практически одинаково интересуются отзывами о товарах и работодателе, подавляющее большинство людей читают отзывы непосредственно перед покупкой. Наибольшее число респондентов просто читают все отзывы подряд, но есть и небольшой процент тех, кто специально выискивают конкретную информацию. Зачастую мужчины смотрят только положительные или негативные отзывы.

Для работы была изучена документация и технические вопросы по Hugging Face [3].

Hugging Face – американская компания, разрабатывающая инструменты для создания приложений с использованием машинного обучения. Она наиболее известна своей библиотекой Transformers, созданной для приложений обработки естественного языка, и своей платформой, которая позволяет пользователям обмениваться моделями машинного обучения и наборами данных [4].

В [5] рассмотрено, как модели Transformer можно использовать для сжатия длинных документов в сводки – задача, известная как суммирование текста. Это одна из самых сложных задач НЛП, поскольку она требует целого ряда способностей, таких как понимание длинных отрывков и создание связного текста, отражающего основные темы документа. Однако если все сделано правильно, суммирование текста является мощным инструментом, который может ускорить различные бизнес-процессы, избавив экспертов в предметной области от необходимости подробного чтения длинных документов.

Суммирование текста похоже на задачу машинного перевода: у нас есть основная часть текста, например обзор, который мы хотели бы «перевести» в

более короткую версию, отражающую основные особенности ввода. Некоторые популярные предварительно обученные модели, которые можно настроить для суммирования: BERT, GPT-2, GPT-3, T5, mT5, BART, mBART-50, PEGASUS. Описание моделей и их характеристики можно посмотреть на [6], [8] и в статье [7].

При решении поставленной задачи модели T5 и mT5 выдали неудовлетворительные результаты.

Далее был рассмотрен датасет на английском языке от Амазона (https://huggingface.co/datasets/amazon_reviews_multi). Была предпринята попытка перевести данные посредством библиотек для машинного перевода, но компьютер выдал предположительное время – неделя без остановок. Другим решением было: обучить модель на исходных данных и каждый раз переводить на английский → давать модели → переводить на русский. Для решения этой задачи использовались две модели, полностью обученные для перевода, от Helsinki-NLP: <https://huggingface.co/Helsinki-NLP/opus-mt-ru-en> (для перевода с русского на английский) и <https://huggingface.co/Helsinki-NLP/opus-mt-en-ru> (для перевода с английского на русский).

Получился удовлетворительный результат:

ОТЗЫВ: миниатюрный, прочная стальная треногая, сам микрофон из пластика. Снизу регулятор громкости. Подключения type c — usb. Длина кабеля 1,8м, не в оплётке. Нерегулируемая подсветка. Хотелось бы иметь приложение для настройки подсветки, но она не мешает и приятная. Микрофон отключается и включается проведением пальца сверху. Стоит датчик движения по радиусу, т.е не нужно касаться самого микрофона, приятно очень. Имеется поп фильтр, но что с ним, что без него, разницы нету. Звук офигенный. Маленькая лишь разница между дорогими микрофонами. Звук чистый, без шумов, приятный, использую без всяких обработок, качеству доволен.

РЕЗУЛЬТАТ: [{'summary_text': 'Высокое качество'}]

После обучения модели стоило задуматься, как превратить это в готовый продукт.

Большинство сайтов имеет защиту от ботов/ddos-атак, поэтому было решено сделать браузерное расширение. Написано расширение для Google Chrome на языке JavaScript, которое должно находить нужный для обобщения текст.

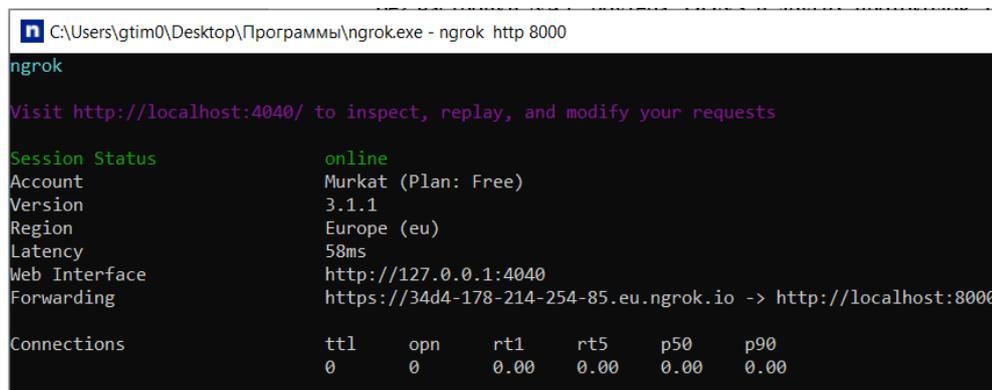
Теперь осталось передавать эти данные модели. Был написан API на Python с помощью библиотеки FastAPI. Но нужно, чтобы сервер работал круглосуточно, и доступ к нему был всегда. Рассмотрены следующие сервисы: Heroku, Firebase, PythonAnywhere, Deta. Но никакой сервис не подошел под необходимые требования: Heroku – платный, Firebase – требует привязанную карту, PythonAnywhere и Deta – не хватает памяти для размещения модели.

Был найден сервис Ngrok [9] (<https://ngrok.com/>).

Ngrok – это сервис, который позволяет сделать локальный порт доступным из интернета без белого IP, настройки NAT, роутера, DDNS и других протоколов. Программа создает туннель между вашим компьютером и удалённым сервером

и предоставляет доступ к нему с уникального домена. Достаточно только зарегистрироваться на сайте сервиса, установить программу на компьютер и запустить команду создания туннеля.

Теперь для запуска сервера нужно было написать в консоль лишь:
`ngrok http <порт>`



```
C:\Users\gtim0\Desktop\Программы\ngrok.exe - ngrok http 8000
ngrok
Visit http://localhost:4040/ to inspect, replay, and modify your requests

Session Status      online
Account             Murkat (Plan: Free)
Version             3.1.1
Region              Europe (eu)
Latency              58ms
Web Interface       http://127.0.0.1:4040
Forwarding           https://34d4-178-214-254-85.eu.ngrok.io -> http://localhost:8000

Connections
  ttl   opn   rt1   rt5   p50   p90
   0     0    0.00  0.00  0.00  0.00
```

Рис. 1.

Выдавалась ссылка, например: <https://b8e5-145-255-8-139.eu.ngrok.io>.

Но ссылки выдавались каждый раз случайные, и для решения этой проблемы нужно воспользоваться их API для получения активных туннелей.

Были обучены несколько моделей, подходящих для задачи обобщения текста. Наилучший результат показала модель PEGASUS, которая была специально создана для обобщения [10].

Ключевой метрикой выбран ROUGE-1. ROUGE-1 измеряет перекрытие униграмм (отдельных слов) между сгенерированным обобщением и справочным обобщением. Он обычно используется в тех случаях, когда обобщения относительно короткие и основное внимание уделяется выявлению лексического сходства между сгенерированными и справочными обобщениями на уровне слов.

Для оценки эмоциональной окраски была использована уже обученная модель [11]. Модифицирован API, чтобы он возвращал не текст, а JSON объект с текстом обобщения отзыва и его окраской.

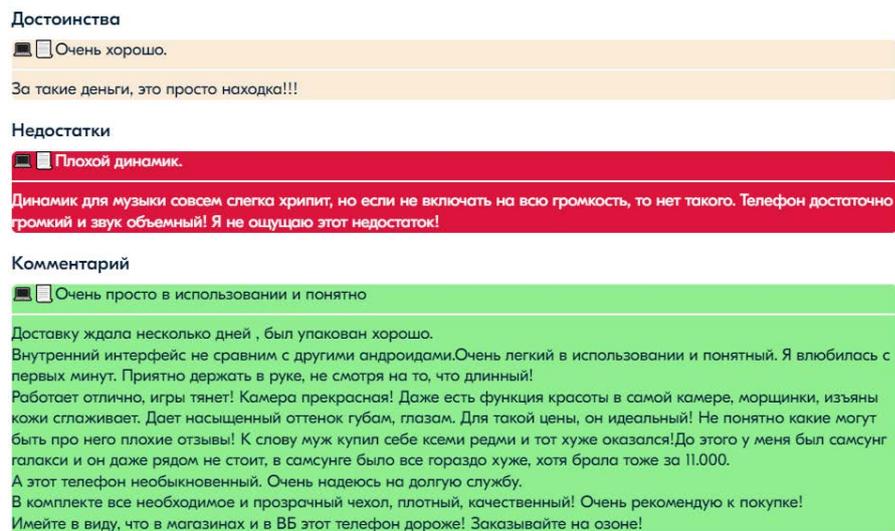


Рис. 2. Цветовая окраска

Далее для окрашивания отзывов был модифицировал плагин: красный – негативный, жёлтый – нейтральный, зелёный – позитивный.

Добавлена поддержка для сайтов Яндекс.Маркет, WildBerries. У этих сайтов разметка не такая замысловатая, как у Ozon. Хоть у Яндекс.Маркета и были динамически генерирующиеся классы, но у отзывов были атрибуты, по которым их было легко найти. У WildBerries классы постоянные.

К сожалению, бесплатные сервисы имеют ограничение по оперативной памяти, выделенному месту на диске и не позволяют запустить на них API. Самые популярные платные решения, такие как Amazon Web Services, Google Cloud, Microsoft Azure, не позволяют создать аккаунт/аккаунт для оплаты для жителей России. Sber Cloud имеет множество сервисов, а также специальные для машинного обучения ML Space, но для доступа необходимо быть юридическим лицом. Можно также купить виртуальный сервер Elastic Cloud Server, упаковать API в контейнер и запустить на нём [12].

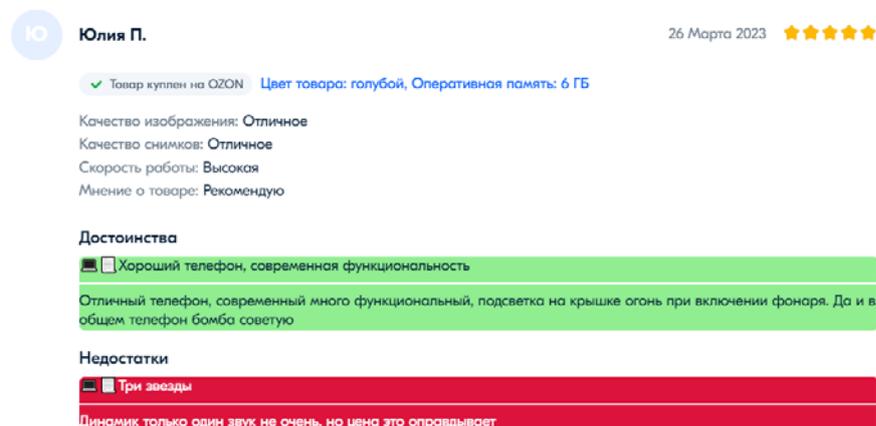


Рис. 3. Обобщение отзывов на Ozon

Видео, презентация, документация проекта <https://disk.yandex.ru/d/IexX1jPMwDLA1g>

Код для обучения	Обученная модель PEGASUS	Обученная модель BART
		
https://www.kaggle.com/code/garifullintimur/summarization-trainer-amazon	https://huggingface.co/MurkatG/pegasus-reviews	https://huggingface.co/MurkatG/bart-reviews
Обученная модель mT5	Исходный код расширения	Исходный код API
		
https://huggingface.co/MurkatG/review-summarizer-en	https://github.com/Murkat-git/KOT-plugin	https://github.com/Murkat-git/summarizationAPI

Библиографический список

1. Продающий отзыв: собираем, не удалось собрать — пишем
URL: <https://sales-generator.ru/blog/prodayushchiy-otzyv/>
2. Исследование: влияние отзывов на мнение потребителя — Маркетинг на vc.ru
URL: <https://vc.ru/marketing/91417-issledovanie-vliyanie-otzyvov-na-mnenie-potrebitelya>
3. Hugging Face – The AI community building the future.
URL: <https://huggingface.co/>
4. Hugging Face – Википедия
URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Hugging_Face
5. Summarization - Hugging Face Course
URL: <https://huggingface.co/course/chapter7/5?fw=pt>
6. Summary of the models — transformers 4.11.3 documentation
URL: https://huggingface.co/transformers/v4.11.3/model_summary.html
7. [2010.11934] mT5: A massively multilingual pre-trained text-to-text transformer
URL: <https://arxiv.org/abs/2010.11934>

8. BART

URL: https://huggingface.co/docs/transformers/model_doc/bart

9. ngrok - Online in One Line

URL: <https://ngrok.com/>

10. google/pegasus-large · Hugging Face

URL: <https://huggingface.co/google/pegasus-large>

11. cardiffnlp/twitter-roberta-base-sentiment · Hugging Face

URL: <https://huggingface.co/cardiffnlp/twitter-roberta-base-sentiment>

12. Виртуальный облачный сервер Elastic Cloud Server | Cloud

URL: <https://sbercloud.ru/ru/products/elastic-cloud-server>

© Гарифуллин Т.И., 2023

УДК 519.876.5

В.А. ГЛУЩЕНКО, А.В. ШУНДЕЕВ, Д.В. ШЛЁНКИН

val_g_2001@bk.ru, artem_shundeev@mail.ru, kot.dima2011@yandex.ru,

Науч. руковод. – канд. техн.наук, доцент **Р.Р. КАРИМОВ**

Уфимский университет науки и технологий

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ЗАПУСКА РАКЕТЫ НОСИТЕЛЯ СО СТАРТОВОГО КОМПЛЕКСА

Аннотация: рассматривается компьютерная модель ракеты-носителя на этапе старта, обеспечивающая визуализацию движения ракеты и мачт стартового комплекса. Траектория движения ракеты-носителя предварительно рассчитана. 3D модель ракеты-носителя и стартового комплекса структурирована в среде Blender, адаптирована для приложения трехмерной визуализации в графическом движке Unity. На основе проекта в Unity построено AR-приложение для Android. Данное решение предназначено для использования в образовательном процессе.
Ключевые слова: ракета-носитель; стартовый комплекс; Unity; Blender; анимирование; дополненная реальность.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ

В учебном процессе при подготовке специалистов для авиационно-космической отрасли могут быть использованы различные учебные материалы – таблицы, видео, инфографика. Одним из наиболее эффективных способов представление учебного материала является 3D визуализация, в том числе на экране мобильного устройства. Преимуществом данного способа относятся: наглядность, доступность, относительная простота реализации.

В данной работе рассматривается процесс запуска ракеты-носителя со стартового комплекса и его визуализация. Такое приложение будет полезно

студентам как инженерных, так и IT специальности. Для повышения наглядности и исследование траектории движения на этапе старта.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В рамках данной работы сформулированы следующие задачи:

1. Разработка математической модели движения ракеты-носителя на этапе старта, и расчет траектории полета ракеты-носителя.
2. Подготовка 3D моделей ракеты-носителя и стартового комплекса для визуализации.
3. Построение сцены взлета ракеты-носителя в среде Unity.
4. Разработка дополненной реальности (AR) приложения для мобильных устройств на базе Android.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДВИЖЕНИЯ РАКЕТЫ-НОСИТЕЛЯ

Математическая модель ракеты-носителя подразумевает расчет текущей скорости и высоты полета ракеты носителя с учетом переменной массы ракеты, а также зависимости ускорения свободного падения g от высоты y .

$$v = v_0 - gt + u_0 \ln\left(\frac{m_0}{m}\right)$$
$$y = v_0 t - g \frac{t^2}{2} + u_0 \int_0^t \ln\left(\frac{m_0}{m}\right)$$

где:

v – скорость

v_0 – начальная скорость

g – ускорение свободного падения

t – время полета

u_0 – начальное ускорение

m_0 – стартовая масса ракеты-носителя

m – текущая масса ракеты-носителя

y – высота полета

Для расчетов математической модели примем следующие начальные условия.

Максимальные теоретические скорости истечения, продуктов топлива – углерод, окислитель – кислород 4320 м\с.

Масса ракеты-носителя состоит из: массы конструкции, массы полезной нагрузки, массы топлива в 1 и 2 ступенях. Для расчетов использовались следующие данные: масса конструкции 3889 кг., масса полезной нагрузки 7550 кг., масса топлива 1 ступени 48000 кг., масса топлива 2 ступени 100240 кг.

В ходе расчетов были получены следующие результаты:

- Массив точек траектории полета ракеты
- Уравнение движения ракеты-носителя

Ниже представлены 2 зависимости – скорости полета от времени, высоты полета от времени на малых высотах.

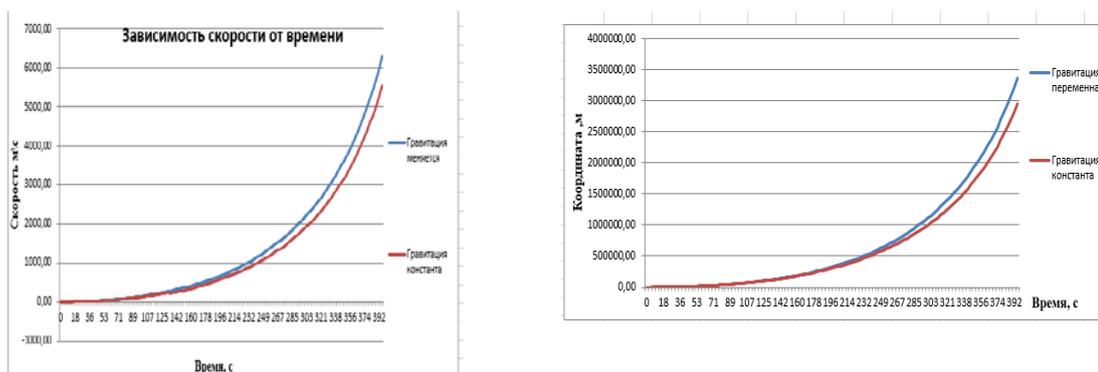


Рис. 1. Временные графики

ПОДГОТОВКА 3D МОДЕЛЕЙ РАКЕТЫ-НОСИТЕЛЯ И СТАРТОВОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ

Исходные 3D модели ракеты-носителя и стартового комплекса для визуализации получены из открытых источников [1] из списка литературы.

Размеры стартового комплекса и ракеты-носителя в 3D моделях были не согласованы. Поэтому необходимо отмасштабировать 3D модели под реалистичные размеры.

3D модели были загружены и обработаны в среде Blender. Элементы стартового комплекса требовалось упорядочить в иерархии для согласованного управления движением матч.



Рис. 2. Иерархия стартового комплекса

ПОСТРОЕНИЕ СЦЕНЫ ВЗЛЕТА РАКЕТЫ-НОСИТЕЛЯ В СРЕДЕ UNITY

Основными элементами сцены является maincamera, light, 3D модели стартового комплекса и ракеты-носителя. Для обеспечения реалистичности ракета-носителя и стартового комплекса использованы материалы и шейдеры.

Согласно сценарию старта ракеты-носителя, должны происходить следующие действия:

- 1) главные мачты раздвигаются в крайние положения;
- 2) запуск двигателей ракета-носителя;
- 3) набор тяги;
- 4) при превышении силы тяги веса ракеты-носителя происходит отрыв от стартового комплекса;
- 5) отвод четырех вспомогательных мачт;
- 6) подъем ракеты-носителя с набором высоты.

Анимирование в среде Unity происходит при помощи инструмента «Animation».

"Animation" – это компонент, который позволяет создавать и управлять анимациями объектов в Unity. Он позволяет создавать ключевые кадры, которые определяют, как объект, который будет двигаться и выглядеть в течение времени.

В соответствии со сценарием и расчетными данными траектории сформированы кадры для анимации движение объектов сцены).

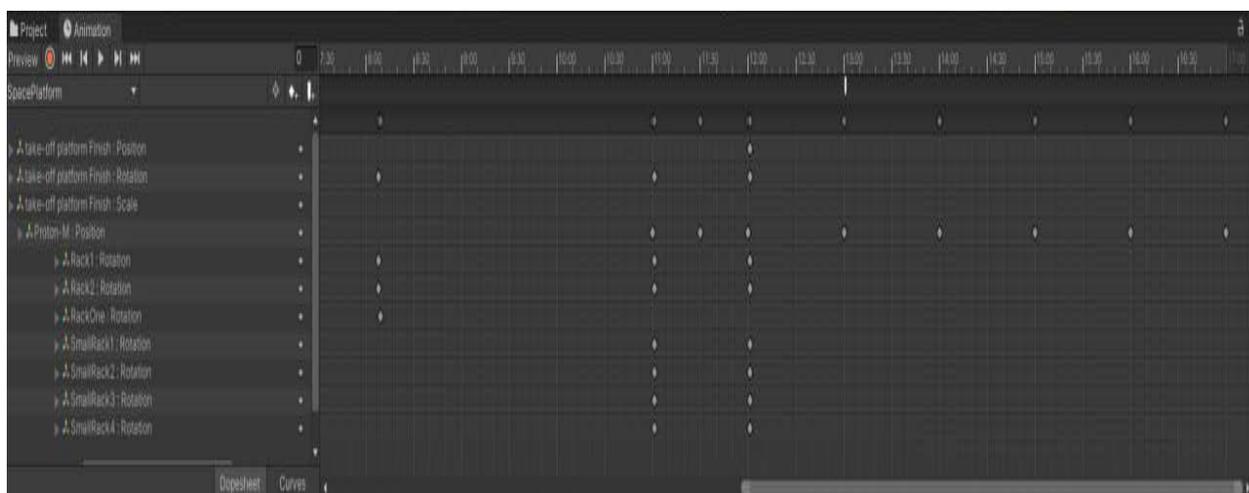


Рис. 3. Таймлайн кадров движения мачт стартового комплекса

Таким образом, виртуальная сцена реализующая движение мачт стартового комплекса и подъема ракета-носителя подготовлена.

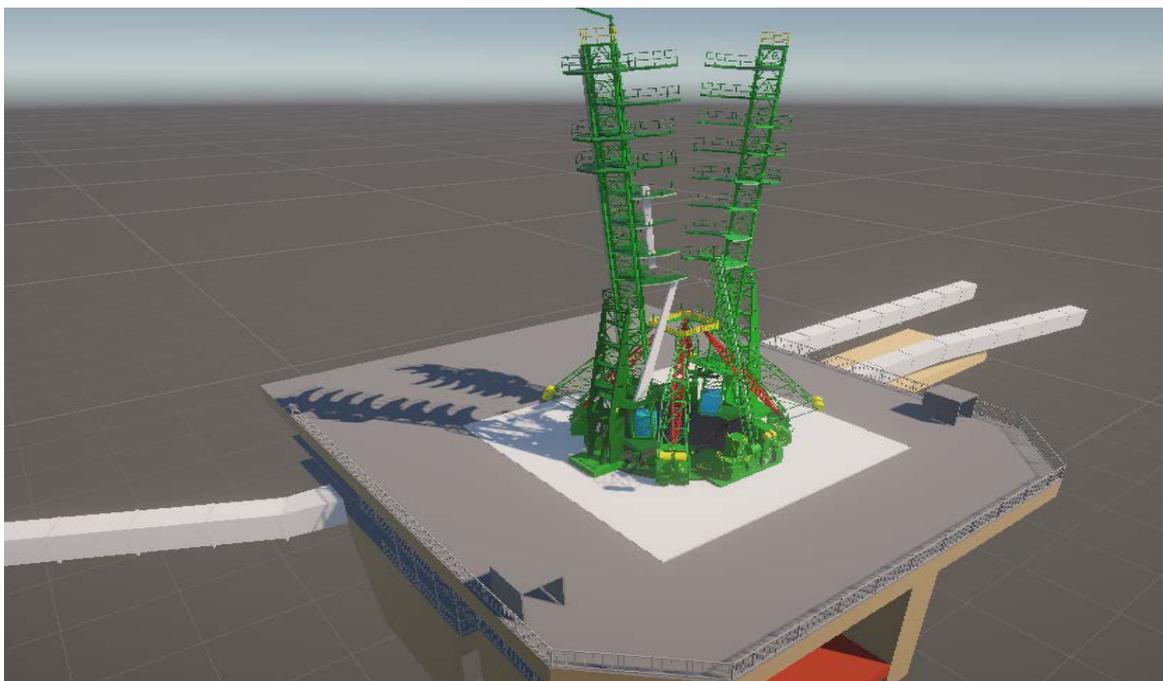


Рис. 4. Один из кадров анимации главных мачт

РАЗРАБОТКА ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ (AR)ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ НА БАЗЕ ANDROID

Для того чтобы проект Unity адаптировать под AR на базе Android, необходимо использовать дополнение «XR Plugin».

В приложениях для AR стандартная maincamera заменяется на камеру AR, для того чтобы получить доступ к камере мобильного устройства.

AR приложение основывается на определении AR меток, и связывает с ними 3D объекты и различные действия.

AR метки загружаются через XR Image Library. XR Image Library является библиотекой маркеров (картинок, которые будут распознаваться).

Для повышения качества распознавания, метку необходимо разместить в вертикальной и горизонтальной проекции основной системы координат сцены.

Помимо вышеупомянутых настроек сцены разработан скрипт "Place Trace" на языке высокого уровня C#, данный скрипт выполняет функции:

1. Инициализация AR метки.
2. Активация объектов и их анимации при распознавании AR метки.
3. Деактивация объектов и их анимации при пропадании AR метки.
4. Покадровое позиционирования объектов относительно AR метки.

Далее приведен псевдокод скрипта "Place Trace".

```
При включении {  
    Инициализировать списки маркеров;  
}  
При каждом обновлении экрана {
```

```

Обработка фонового потока
Ожидание события (изменение отслеживаемых эталонных изображений){
    запустить собственную функцию "Отслеживание изображений"
}
}
При деактивации{
    отключить обработчик событий
}
Функция "Отслеживание изображений" {
    проверяем условие, обнаружен новый маркер {
        создать эталонное изображение из библиотеки
        цикл по всем образам {
            если(сравнение текстур(эталонное изображение, маркер) и
не создан экземпляр виртуального объекта){
                создать новый префаб объекта
                Родитель будет отслеживать префаб
                Добавить в массив активных префабов
            }
        }
    }
    проверяем условие, перемещение маркера {
        сделать сборный префаб активным или нет
    }
    проверяем условие, маркер полностью покинул сцену {
        уничтожить соответствующий префаб на сцене (нет возможности
отслеживать эталонное изображение)
        Удалить префаб из массива активных
    }
}
}

```

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Поставленные в работе задачи выполнены. Их решение позволяет построить простой AR симулятор взлеты ракета-носителя и движения мачт стартового комплекса. Результаты работы могут быть использованы в образовательном процессе по инженерным и IT специальностям.

Библиографический список

1. Sketchfab (Дата обращения 19.10.23) URL: <https://sketchfab.com/3d-models/popular>
2. УДК 004.946 Для цитирования: Проектирование комплекса управления авиационно-космическими объектами на основе технологий смешанной реальности / Каримов Р.Р., Кузьмина Е.А., Арсланов Т.Р., Макаев Р.А. // Свободный полет–2018: сборник трудов всероссийской конференции. – Уфа-Жуковский, 2018. – С.73-75.

3. Технологии передвижения в очках виртуальной реальности / Шундеев А.В., Каримов Р.Р. // В сборнике: Мавлютовские чтения. Материалы XVI Всероссийской молодежной научной конференции. В 6-ти томах. Уфа, 2022. С. 1088-1090

© Глущенко В.А., Шундеев А.В., Шлёнкин Д.В., 2023

УДК 004.946

В.А. ГЛУЩЕНКО, Д.В. ШЛЁНКИН

val_g_2001@bk.ru, kot.dima2011@yandex.ru,

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доцент **Р.Р. КАРИМОВ**

Уфимский университет науки и технологий

ТРЕХМЕРНОЕ ВИЗУАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЛЕТА И СТАБИЛИЗАЦИИ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА (БПЛА)

Аннотация: рассматривается информационная поддержка полета беспилотного летательного аппарата на основе трехмерного моделирования и визуализации. Разработана 3D модель БПЛА на примере квадрокоптера, построены функциональная модель процесса управления полётом, разработан прототип 3D-симулятора БПЛА в среде Unity.

Ключевые слова: БПЛА; функциональная модель управления БПЛА; математическая модель стабилизации БПЛА; 3D модель БПЛА; управление полетом БПЛА; PID регулятор; визуализация движения БПЛА.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ

В настоящее время разрабатываются разнообразные конструкции БПЛА, однако актуальной задачей остается разработка компьютерных симуляторов для БПЛА новой или модернизированной конструкции. В настоящей статье рассматриваются подходы к построению компьютерного симулятора для трёхмерного визуального моделирования полета и стабилизации БПЛА с перспективой построения VR-симулятора на примере квадрокоптера.

Квадрокоптер – это БПЛА, который поддерживает полет при помощи четырех моторов, расположенных вокруг его центральной оси. Он использует принцип динамического баланса сил и моментов, создаваемых моторами и пропеллерами, чтобы поддерживать стабильное положение в воздухе.

Движение квадрокоптера контролируется скоростью вращения пропеллеров, что приводит к изменению тяги каждого мотора и, следовательно, к изменению сил и моментов, действующих на квадрокоптер.

Симуляторы беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) остаются весьма актуальными в современном мире по нескольким ключевым причинам:

Развитие авиационной индустрии. С развитием технологий и увеличением числа БПЛА в коммерческой и военной авиации, симуляторы становятся важными инструментами для обучения пилотов, инженеров и операторов. Симуляторы позволяют им овладеть навыками управления и обслуживания разнообразных беспилотных систем.

Безопасность. Симуляторы БПЛА предоставляют возможность тренироваться в контролируемой среде, что снижает риск несчастных случаев при обучении и тестировании. Это особенно важно в случае разработки и эксплуатации автономных БПЛА.

Разработка и инновации. Симуляторы БПЛА позволяют инженерам и исследователям проводить тестирование новых алгоритмов, систем и датчиков на ранних стадиях разработки, что сокращает время и затраты на создание новых беспилотных технологий.

Обучение пилотов. Симуляторы БПЛА играют ключевую роль в обучении пилотов и операторов, позволяя им приобрести опыт и навыки управления беспилотными системами без риска для жизни и оборудования.

Развитие рынка БПЛА. Симуляторы обеспечивают доступ к технологически сложным системам БПЛА, что способствует расширению рынка и привлекает новых участников в сферу БПЛА.

С учетом этих факторов, симуляторы БПЛА продолжают оставаться актуальными инструментами для обучения, исследований и разработок в области беспилотной авиации.

Ниже, в таблице 1 приведены результаты сравнения существующих 3D симуляторов БПЛА.

Таблица 1

	The Drone Racing League	Velocidrone	FPV Air 2	Liftoff
Распространенность	+	-	-	-
Коммерческий продукт	+	+	+	
Наличие редактора для создания уникальных настроек	-	-	-	-
Реализм (механических процессов)	+	-	+	-

Одним из основных недостатков программных симуляторов является отсутствие возможности редактировать параметры БПЛА, вследствие чего возникает необходимость разработки уникального симулятора с возможностью изменения параметров.

Для реализации симулятора необходимо рассмотреть ряд вопросов, касающихся информационных, математических и функциональных моделей управлением БПЛА.

ПРИНЦИПЫ СТАБИЛИЗАЦИИ ПОЛЕТА И СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ

Для стабилизации полета квадрокоптера необходима система контроля, которая обеспечивает желаемую ориентацию и движение. Одной из основных систем контроля является алгоритм PID (пропорциональный-интегрально-дифференциальный), который используется для автоматической коррекции ошибок положения и стабилизации полета в реальном времени. Он управляет скоростью вращения моторов, чтобы корректировать ориентацию и реагировать на изменения окружающей среды или пользовательский ввод.

Вычисление углов ориентации и управление квадрокоптером осуществляется путем изменения скорости вращения моторов. Для обеспечения состояния полета БПЛА, общая тяга P , создаваемая четырьмя моторами, должна быть не меньше веса квадрокоптера G . Для изменения углов крена (roll), тангажа (pitch) и рыскания (yaw) необходимо регулировать скорости вращения каждого из моторов в отдельности.

Ось крена R контролируется изменением скоростей вращения моторов на одной и той же поперечной оси (диагональной паре моторов). Если один мотор увеличивает свою скорость, а другой уменьшает, то квадрокоптер будет наклоняться в сторону мотора с уменьшенной скоростью, создавая крен.

Ось тангажа P контролируется изменением скоростей вращения моторов по продольной оси (пара моторов на передней или задней части БПЛА). При увеличении скорости моторов на передней части и уменьшении на задней, квадрокоптер будет наклоняться вперед, создавая тангаж.

Ось рысканья Y контролируется изменением скоростей вращения моторов на противоположных продольных осях (например, увеличение скорости моторов на передней правой и задней левой частях квадрокоптера). При изменении скоростей моторов в таком порядке, квадрокоптер будет вращаться вокруг вертикальной оси, создавая рыскание (1), (2).

$$\begin{cases} e_1 = dYaw / 180, \\ e_2 = dRoll / 180 \\ e_3 = dPitch / 180 \end{cases} \quad (1)$$

где (e_1, e_2, e_3) – единичный вектор поворотов по осям Y, R, P , $dYaw$ – текущий угол рысканья, $dRoll$ – текущий угол крена, $dPitch$ – текущий угол тангажа;

$$\begin{cases} P_i = -P_{i-1} * e_i + I_{i-1} * se_{it} * t + D_{i-1} * (e_i - e_{i-1}) \\ I_i = -P_{i-1} * e_i + I_{i-1} * se_{it} * t + D_{i-1} * (e_i - e_{i-1}) \\ D_i = -P_{i-1} * e_i + I_{i-1} * se_{it} * t + D_{i-1} * (e_i - e_{i-1}) \end{cases} \text{ при } i = 1, 2, 3 \dots \in \mathbb{N}(2)$$

МОДЕЛИ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ ПОЛЕТОМ БПЛА

Функциональная модель процесса управления полетом БПЛА на основе нотации IDEF0 представлена на рисунках 1-3.

Процесс нулевого уровня «Управление БПЛА» декомпозируется на подпроцессы «Обработка параметров 3D модели», «Расчёт параметров управления БПЛА» и «Визуализация движения БПЛА».

Далее, при декомпозиции блока «Расчет параметров движения БПЛА» можно выделить 3 подпроцесса: расчёт сил винтов, обработка сигналов управления от оператора, стабилизация БПЛА.

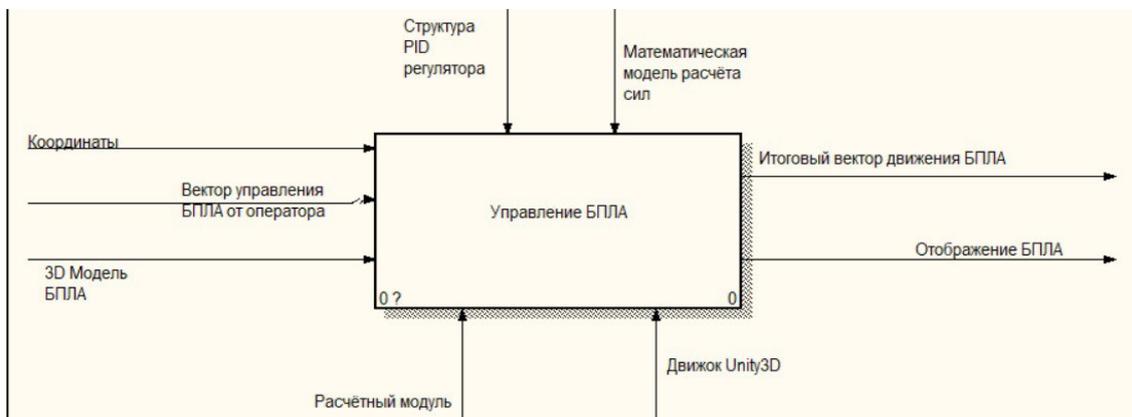


Рис. 1. Контекстная диаграмма

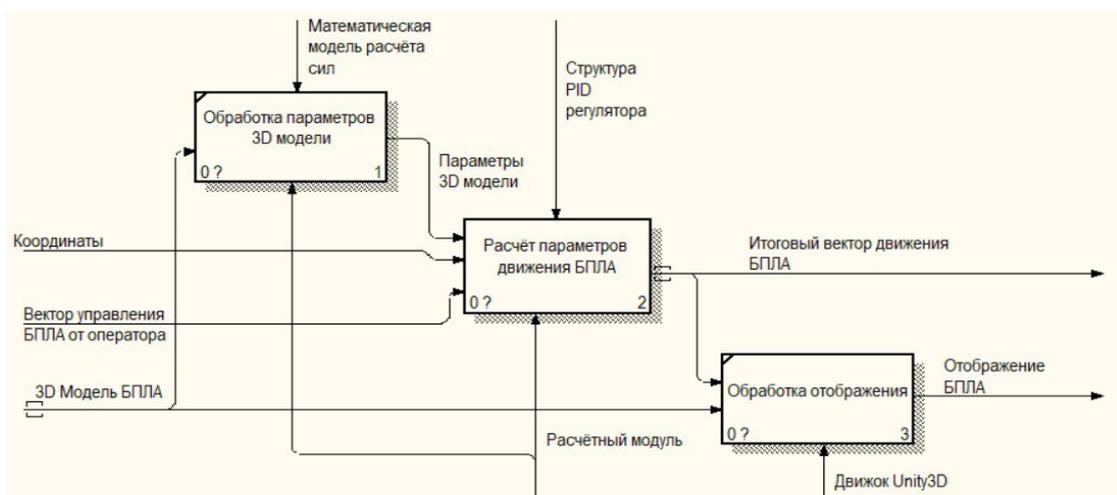


Рис. 2. Декомпозиция процесса «Управление БПЛА»

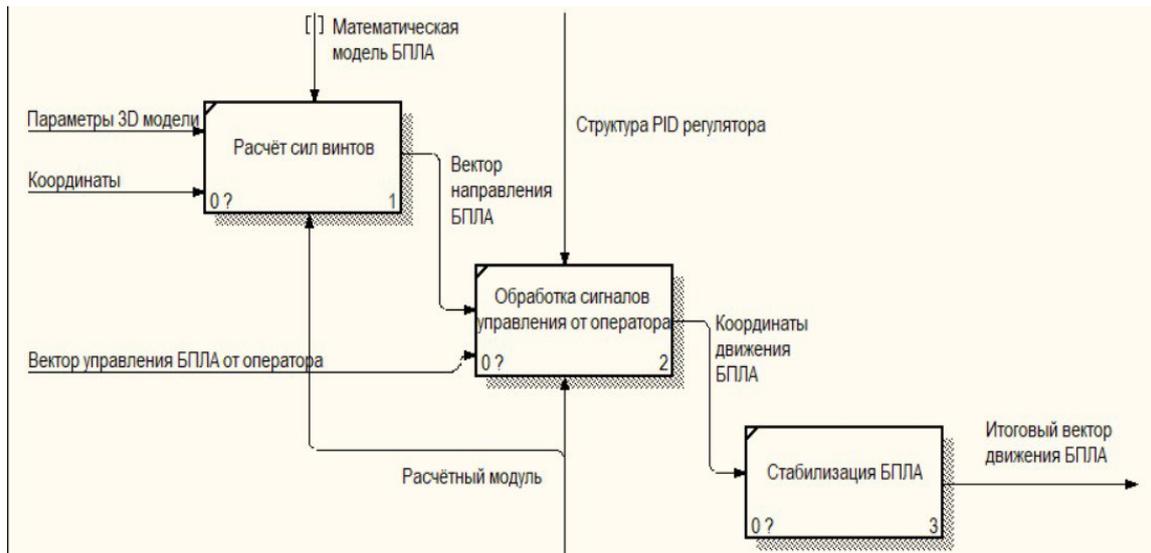


Рис. 3. Декомпозиция процесса «Расчёт параметров БПЛА»

Обобщенный алгоритм кадра для симулятора БПЛА представлен на
 Модель системы управления полетом БПЛА представлена



Рис. 4. Обобщенный алгоритм кадра для симулятора БПЛА

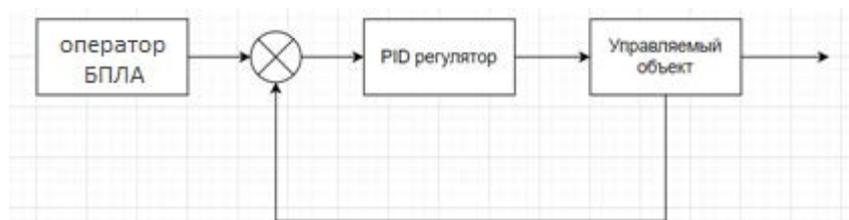


Рис. 5. Структурная схема

РЕАЛИЗАЦИЯ 3D-СИМУЛЯТОРА БПЛА

В проекте Unity с помощью геометрических примитивов создано окружение – виртуальная сцена для тренировки операторов БПЛА.

Модель квадрокоптера разработана в программе Blender) и размещена на сцене

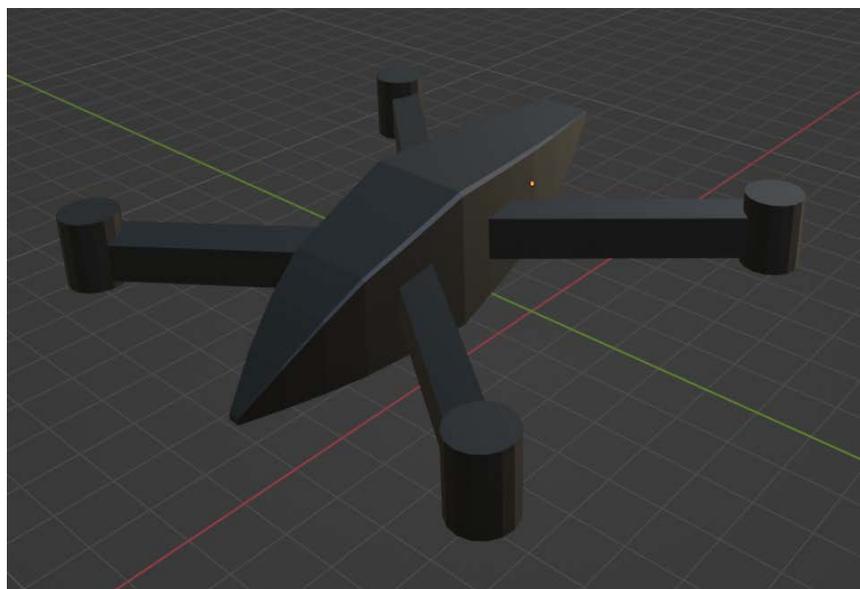


Рис. 6. Модель корпуса квадрокоптера в программе blender

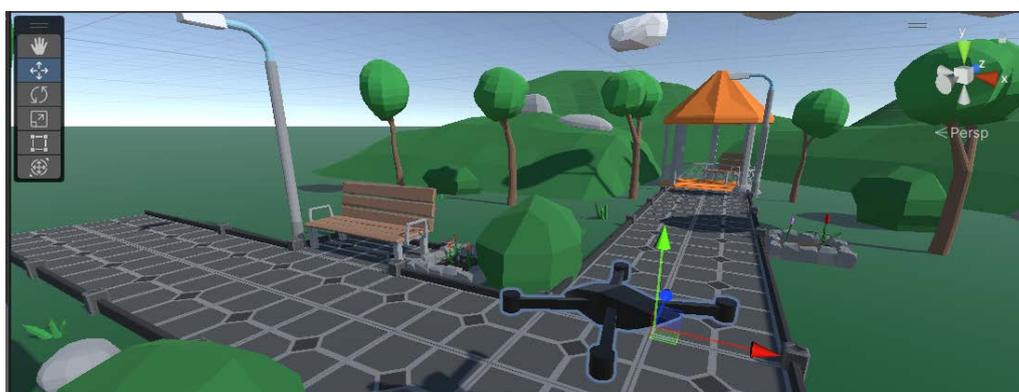


Рис. 7. Сцена Unity

Для моделирования работы моторов созданы пустые объекты, к которым в дальнейшем будет прикладываться сила, имитирующая тягу моторов. Иерархия модели квадрокоптера включает в себя визуальную (геометрия, камера, текстуры) и физическую (коллайдеры, твердые тела (RigidBody, FixedJoint) и скрипты) составляющие.

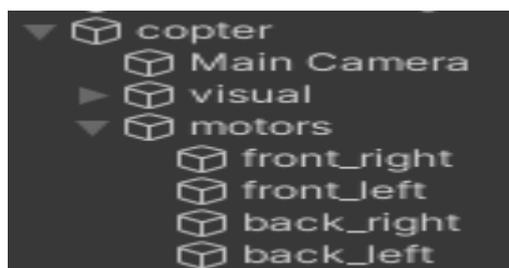


Рис. 8. Иерархия модели квадрокоптера

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, разработанное приложение позволяет обеспечить информационную поддержку управления БПЛА и его 3D-визуализацию.

Библиографический список

1. Моделирование полета квадрокоптера в среде SolidWorks Motion / М. А. Попков, М. В. Чугунов. // Молодой ученый. — 2018. — №16(202). — С.135-138. — URL: <https://moluch.ru/archive/202/49502/> (дата обращения: 11.10.2023).
2. Динамика и алгоритмы управления мультироторным роботом (Дата обращения 24.09.23) URL: https://dronnews.ru/o-dronakh/8-sposobov-primeneniya-kvadrokoptera-v-obrazovanii.html?utm_referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F
3. Unity Asset Store» (Дата обращения 15.10.23) URL: <https://assetstore.unity.com/account/assets>.
4. Проектирование комплекса управления авиационно-космическими объектами на основе технологий смешанной реальности / Каримов Р.Р., Кузьмина Е.А., Арсланов Т.Р., Макаев Р.А. // Свободный полет-2018: сборник трудов всероссийской конференции. – Уфа-Жуковский, 2018. – С.73-75.

© Глущенко В.А., Шлёнкин Д.В., 2023

М.Р. ИБАТУЛЛИН

ibatullin.m@gmail.com

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доцент **Р.Р. КАРИМОВ**

Уфимский университет науки и технологий

ПРОГРАММНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ХИМИИ НА ОСНОВЕ VR-ТЕХНОЛОГИЙ. ПОДСИСТЕМА WEB-ТЮТОР

Аннотация: в данной статье рассматривается проектирование веб-приложения для поддержки VR-программы для обучения. Модуль заданий представляет собой движок создания графов для генерации сценариев. Архитектура веб-приложения основана на микросервисах, где каждый модуль является отдельным сервисом.

Ключевые слова: веб-приложение, архитектура, графы, микросервисы, проектирование веб-приложения.

Введение

ChemVision - VR/AR лаборатории по неорганической химии являются средством для решения проблем, связанных с практическим циклом обучения. Они позволяют студентам:

– Проводить эксперименты в безопасной и контролируемой среде, не требуя использования реального оборудования, расходных материалов и специальных помещений;

– Получить практический опыт проведения экспериментов.

Однако для его функционирования необходимо настроить конвейер контента, а также спроектировать веб-приложение, которое удовлетворит все потребности пользователей.

Цель исследования – разработать методику и создать веб-приложение, при помощи которого можно генерировать контент для образовательного программного обеспечения виртуальной реальности, а также получать статистику обучения.

Типы пользователей

Веб-приложение рассчитано на взаимодействие со следующими видами пользователей:

– Потенциальный покупатель – образовательные организации, осуществляющие обучение химии как общеобразовательной дисциплины;

– Инструктор.

В данном контексте инструктор – пользователь, который непосредственно связан с образовательным процессом как преподаватель. Он занимается генерацией контента и изучением статистики.

Необходимый функционал для взаимодействия разных пользователей будет реализован как две разные части сайта:

- Маркетинговая – часть сайта, содержащая информацию, которая может быть интересна покупателю (требования, эффекты внедрения и т. д.);

- Управляющая – часть сайта, позволяющая инструктору управлять процессом обучения.

Маркетинговая часть

Ее существование обусловлено необходимостью предоставлять необходимую информацию о программном продукте для потенциальных покупателей.

Продающая часть является лендингом, состоящим из:

- Header'a – меню навигации по странице с возможностью перейти на управляющую часть сайта;

- Блока презентации продукта – презентация продукта, состоящая из видео- и фотоматериалов;

- Блока текстового описания продукта в виде ответов на следующие вопросы: «что за продукт?», «зачем нужен продукт?», «каков результат внедрения продукта?»;

- Блока предложения для покупателя (обратная связь для приобретения и/или ценник и/или форма для приобретения продукта);

- Footer'a – нижнее меню с информацией о компании, лицензиях и т.п.

Управляющая часть

Конструктор заданий

Управляющая страница сайта должна не только удовлетворять минимальным требованиям, таким как возможность зарегистрировать учебную группу, выдать задание, но и облегчать сбор информации о выполнении задания учениками. В соответствии с этими требованиями управляющая панель позволяет инструктору

Управляющая часть является панелью управления инструктора, позволяющий ему:

- управлять группами пользователей;

- управлять заданиями;

- взаимодействовать со статистикой обучения;

- получать поддержку от сотрудников службы поддержки (в случае возникновения проблем);

- обучаться взаимодействия с панелью управления.

Таким образом управляющая часть реализуется в виде следующих модулей:

1. Модуль заданий – модуль позволяет создавать, удалять, изменять задания, группировать их в курсы. Создание и изменение курсов осуществляется с помощью блоков, которые объединяются в графы состояний.

2. Модуль учетных записей пользователей и организаций – позволяет клиентам и сотрудникам клиентом иметь учетные записи на сайте.

3. Модуль групп пользователей – позволяет создавать, удалять, изменять группы обучающихся, организаций и инструкторов. В модуле должно существовать 2 способа добавления участников групп (группы могут быть зарегистрированными и не зарегистрированными):

- a. приглашение по ссылке;
- b. ручное добавление списка.

4. Модуль лицензии – модуль, позволяющий проверять лицензию пользователя: срок ее действия, количество активированных лицензий на оборудовании.

5. Модуль подсказок – модель, позволяющий создавать интерактивные подсказки для каждой части сайта с подробным текстовым описанием функционала кнопок (в подсказках могут находиться гиперссылки и видео).

6. Модуль статистики – модуль, позволяющий собирать и анализировать статистику обучения.

7. Модуль поддержки – модуль, позволяющий получать инструкторам ответы службы поддержки на определённые затруднения, возникающие при взаимодействии с приложением. Ответы на основные вопросы должны заранее присутствовать в этом модуле, чтобы избежать излишних обращений к специалистам службы поддержки.

Наибольший научный интерес представляет модуль заданий.

Модуль заданий

Главной задачей стала разработка такого движка создания сценариев, который был бы понятен специалистам предметной области не знакомым с программированием, но удобным для обработки данных.

Одним из способов формального описания химического эксперимента являются графы.

Выбор пал на графы по следующим причинам:

- Удобство масштабирования системы (взаимодействия в любых предметных областях возможно отображать в виде графов)
- Большое количество алгоритмов для обработки графов
- Возможность визуализации и визуального программирования для создания сценариев

Следующей задачей является написать своеобразный визуальный язык программирования, в котором существуют следующие элементы:

- Круг – вещество, для которого можно задать цвет и прозрачность;
- Треугольник – предусмотренное действие (нагревание, добавление катализатора и т.п.), необходимое для протекания реакции;
- Контейнер – Модель пробирки

На Рис. 1. Граф реакции представлен граф реакции получения гидроксида меди.

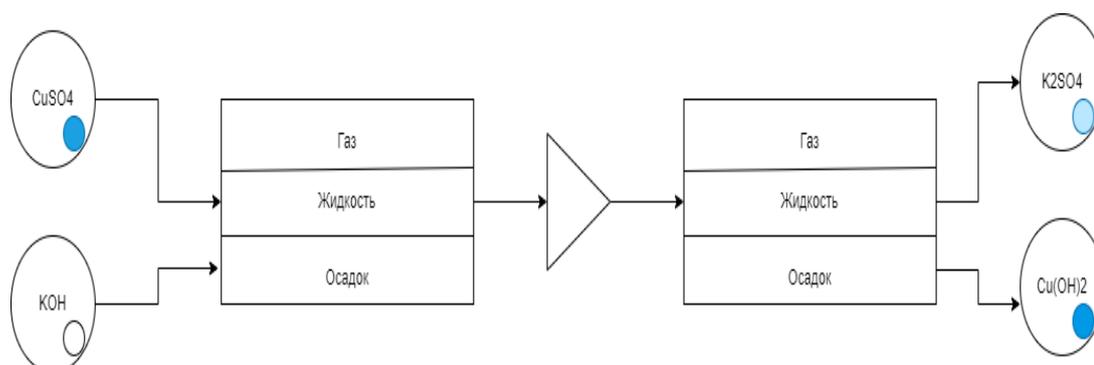


Рис. 1. Граф реакции

Такой подход упрощает генерацию заданий, а также процесс оценки студента, так как создать граф выполнения им задания также легко. На данном рисунке представлена упрощенная логика протекания реакции.

Архитектура веб-приложения

Так как ПО для виртуальной реальности стремительно развивается, в основе архитектуры будет лежать основной принцип: добавление или улучшение отдельных функций никак не должно влиять на остальные компоненты. Под него отлично подходит микросервисная архитектура. В нашем случае каждый модуль будет отдельный сервис.

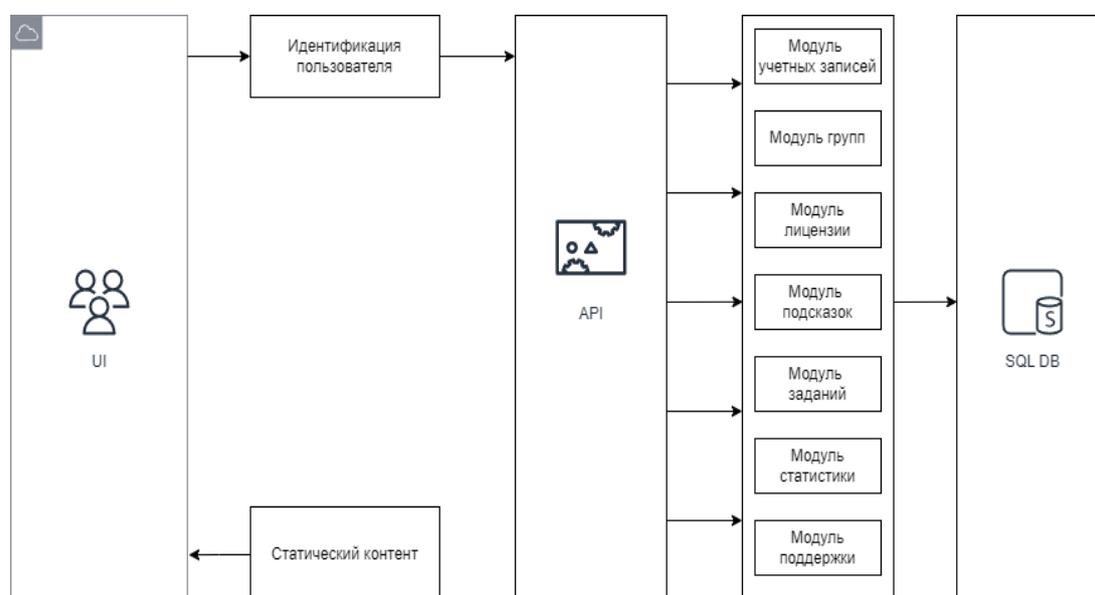


Рис. 2. Архитектура веб-приложения

Заключение

В данной статье была предложена методология, а также архитектура подсистемы web-тьютор для обучения химии на основе VR-технологий, а также выдвинута идея формального описания химической реакции как графа. На основе этой идеи концептуально описан модуль заданий, являющийся основным для генерации учебного контента.

Библиографический список

1. Мавлютовские чтения: материалы XVI всероссийской молодежной научной конференции. – Уфа: УГАТУ, 2022. – Т.5. – С. 1024-1033.
2. Мавлютовские чтения: материалы XVI всероссийской молодежной научной конференции. – Уфа: УГАТУ, 2022. – Т.5. – С. 1057-1061.
3. Мавлютовские чтения: материалы XVI всероссийской молодежной научной конференции. – Уфа: УГАТУ, 2022. – Т.5. – С. 1066-1071.
4. Проектирование комплекса управления авиационно-космическими объектами на основе технологий смешанной реальности / Каримов Р.Р., Кузьмина Е.А., Арсланов Т.Р., Макаев Р.А. // Свободный полет-2018: сборник трудов всероссийской конференции. – Уфа-Жуковский, 2018. – С.73-75.

© Ибатуллин М.Р., 2023

УДК 004.021

А.А. КУЗНЕЦОВА, А.Е. СЕРГЕЕВА

angelinakuznetsovaandreevna@gmail.com, nastya.levina.0220@mail.ru

Науч. руковод. – канд. физ. -мат. наук, доцент **Л.И. ШЕХТМАН**

Уфимский университет науки и технологий

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ЗДАНИЙ НА ТЕПЛОПОТРЕБЛЕНИЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЯЗЫКА R

Аннотация: выполняется статистический анализ данных о теплоте потреблении жилых домов. Применяются непараметрические критерии. Используется язык R.

Ключевые слова: теплоте потребление; непараметрические тесты; язык R

Исследование влияния характеристик зданий на теплоте потребление является актуальной темой в области энергетической эффективности и устойчивого развития. С учетом растущих проблем с изменением климата и необходимости снижения энергетического потребления, понимание факторов, влияющих на энергопотребление зданий, становится все более важным.

В данной работе проводится статистический анализ собранных данных о величине теплопотребления в различных жилых домах города Уфы с целью выявления влияния различных факторов на теплопотребление. Предполагается, что выявленные закономерности позволят повысить качество прогнозов о величине теплопотребления на будущие временные периоды, что в свою очередь, поможет избежать потерь, связанных с перерасходом тепловой энергии.

Были применены следующие непараметрические критерии сравнения для двух независимых выборок: U-тест (Манна-Уитни) и Критерий Колмогорова-Смирнова.

Компьютерная реализация выполнялась с применением следующих технологий:

1. Язык R – язык программирования для статистической обработки данных и работы с графикой [1];

2. RStudio – среда разработки с кроссплатформенностью, гибкостью, свободным кодом, удобством использования и расширяемыми возможностями;

3. Набор библиотек языка R:

– `extrafont` (функции для работы с дополнительными шрифтами в графиках и выводе текста);

– `ggplot2` (визуализация данных);

– `stats` (функции и методы для выполнения различных статистических анализов и тестов);

– `readxl` (функции для чтения файлов Excel).

Выборка данных содержит средние значения теплопотребления 30 жилых домов г. Уфы по каждому дню отопительного сезона одного года. Для каждого дома зарегистрированы такие характеристики, как площадь, материал дома, количество этажей, количество подъездов и др.

Для исследования зависимости теплопотребления от материала здания для каждого дома были рассчитаны средние значения теплопотребления за весь отопительный период (чтобы исключить рассмотрение среднесуточной температуры как фактора, влияющего на теплопотребление) и эти значения были поделены на площади домов (чтобы исключить влияние площади). Исходная выборка была разделена на две подвыборки: с данными по кирпичным домам и с данными по панельным домам (при этом выделялись группы домов с одинаковым количеством подъездов, чтобы исключить фактор количества подъездов).

Учитывая то, что гипотеза о нормальности распределения данных была отвергнута, применялись непараметрические тесты для проведения исследования:

1. U-тест (Манна-Уитни).

Была рассчитана U-статистика и p-значение с использованием функции `wilcox.test`:

Гипотеза H_0 : средние значения обеих групп равны.

Гипотеза H_1 : средние значения отличаются.

Тест Манна-Уитни привел к получению статистики теста (U) 0 и значение p , связанное с тестом, составило 0.009524. Р-значение, полученное из теста, меньше выбранного уровня значимости (0.05), поэтому нулевая гипотеза отклоняется. Это указывает на альтернативную гипотезу, которая говорит о том, что сдвиг между истинными средними значениями выборок не равен нулю.

Графическое представление результатов статистического теста Манна-Уитни показано на рисунке 1.

Графическое представление теста Манна-Уитни подтверждает гипотезу о наличии отличий в средних значениях групп.

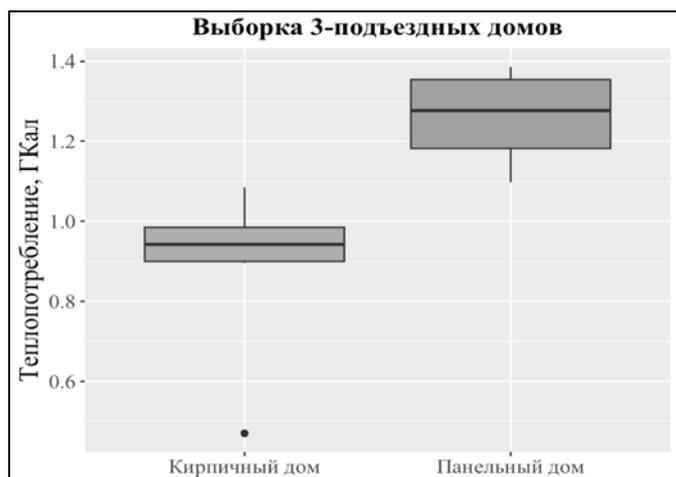


Рис. 1. Ящиковая диаграмма теста Манна-Уитни

2. Критерий Колмогорова-Смирнова.

Рассчитаем D-статистику и p -значения с использованием функции `ks.test`.

Гипотеза H_0 : средние значения в обеих группах равны.

Гипотеза H_1 : средние значения отличаются.

Проверка критерия Колмогорова-Смирнова привела к получению статистики теста (D) 1 и значение p , связанное с тестом, составило 0.009524. Р-значение, полученное из теста, меньше выбранного уровня значимости (0.05), поэтому нулевая гипотеза отклоняется.

Таким образом, оба теста и графическое представление свидетельствуют о значимом влиянии материала дома на теплопотребление.

Были изучены возможности языка R для проверки гипотезы о нормальном законе распределения и для сравнения подвыборок. Разработаны алгоритмы и выполнена программная реализация. Разработанные алгоритмы опробованы на примере исследования влияния материала дома на величину теплопотребления.

Библиографический список

1. Гришин, В. А. Методы обработки данных и моделирование на языке R : учебно-методическое пособие / В.А. Гришин, М.С. Тихов. – Нижний Новгород: ННГУ им. Н.И. Лобачевского, 2019. – 54 с.

© Кузнецова А.А., Сергеева А.Е., 2023

А.И. КУЗЬМИНА

kuzmina.anastasiya01@yandex.ru

Науч. руковод. – канд. физ. мат. наук, доцент **Л.И. ШЕХТМАН**

Уфимский университет науки и технологий

МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ФОРМИРОВАНИЯ КОЛЛЕКТИВА ИСПОЛНИТЕЛЕЙ ДЛЯ ИТ-СЕРВИСНОЙ КОМПАНИИ

Аннотация: рассматривается проблема формирования коллектива исполнителей для ИТ-сервисной компании. Приведены примеры практических ситуаций, требующих различных подходов к решению задачи. Выбраны методы решения.

Ключевые слова: задача о загрузке рюкзака, задача о назначениях, ИТ-сервисная компания.

Введение

Независимо от масштабов бизнеса и рода деятельности организации актуальной задачей является оптимальное распределение задач и их быстрое и эффективное выполнение. Особенно важное значение грамотное распределение ответственности имеет при проектной деятельности. На этапе планирования проекта задачей руководителя является формирование ролевой структуры, распределение полномочий и закрепление ответственности среди участников команды. Сотрудники должны выбираться с учётом наличия у них определённых знаний, квалификации и опыта работы. В обязанности руководителя проекта также входит оценка трудовых и стоимостных затрат, а также сроков достижения цели.

Применение специальных методов для решения задачи распределения сотрудников по проектам, и по отдельным работам внутри проектов, может способствовать повышению качества выполнения всего множества проектов в целом.

В качестве примера рассматривается компания, которая оказывает услуги в области оптимизации бизнес-процессов, создания систем управления, управления данными, анализа и моделирования, разработки, тестирования и сопровождения программного обеспечения, создания вычислительных центров и систем хранения и аутсорсинга обеспечивающих бизнес-процессов.

Варианты задачи формирования коллектива исполнителей и методы их решения

В деятельности ИТ-сервисной компании встречаются различные ситуации, когда требуется сформировать коллектив исполнителей. Рассмотрим некоторые из них.

1. Подбор исполнителей при наличии только ограничения на суммарную зарплату.

Имеется конечное множество кандидатов в исполнители. Считается, что:

- любой кандидат способен выполнить любую из требуемых работ, для которых и подбирается коллектив;
- время, требуемое для проведения работ, заведомо меньше имеющегося в распоряжении исполнителей резерва времени;
- отсутствуют ограничения на загруженность исполнителя, и ресурсные ограничения.

В рассматриваемом случае задачу формирования оптимального состава коллектива исполнителей можно сформулировать как известную задачу о загрузке рюкзака. Имеется множество кандидатов $K = \{k_i\}$. Каждый кандидат k_i характеризуется оценкой его квалификации s_i и размером требуемой зарплаты w_i . Известен объем денежных средств W , выделенных на оплату работы коллектива. Требуется собрать коллектив, суммарная зарплата которого не превышает W , с максимальной суммарной оценкой квалификации. Для решения можно использовать известные методы динамического программирования [1]. В деятельности IT-сервисной компании рассмотренный подход можно применить, например, при подборе исполнителей для одного проекта, характеризующегося особой важностью для компании и ограниченным сроком исполнения.

2. Подбор исполнителей при наличии ограничения на допустимое множество работ.

На практике часто встречаются ситуации, когда к формируемому коллективу исполнителей предъявляются и другие требования кроме максимизации суммарной квалификации и ограничений по суммарной зарплате. Например, кандидаты в исполнители могут отличаться по специализации, по квалификации, по опыту и т. д., и тогда не каждый вид работы может быть назначен любому исполнителю.

Формально задача запишется так. Дан список кандидатов в исполнители $K = \{k_i\}$ и список работ, которые требуется выполнить $R = \{r_j\}$. Для каждого кандидата в исполнители k_i задается подмножество работ R_i , которые он способен выполнять $R_i \subseteq R$. Для каждого возможного назначения исполнителя на каждую допустимую для него работу задана численная мера, характеризующая степень полезности данного исполнителя для данной работы. Такую задачу называю задачей о назначениях. Необходимо найти решение, максимизирующее суммарную полезность. Для решения можно использовать венгерский алгоритм [2]. Для IT-сервисной компании такой подход может быть полезен когда, например, требуется выбрать исполнителей для одного важного и срочного проекта, причем требуется учесть различия кандидатов в исполнители по их способностям и опыту.

3. Подбор исполнителей при наличии ограничений на максимальную загруженность исполнителей и ресурсных ограничений.

На практике возможны ситуации, когда кроме ограничения на суммарную зарплату коллектива исполнителей и ограничения на подмножества допустимых работ для каждого исполнителя имеются еще и другие ограничения. Пусть, например, имеется один исполнитель, обладающий достаточной квалификацией

для выполнения всех работ из заданного множества работ R . Пусть имеющихся в нашем распоряжении денежных средств достаточно для оплаты его работы. Но он может физически не успеть выполнить все работы к требуемому сроку. Кроме того, чрезмерно интенсивная работа исполнителя может привести к снижению качества проводимых работ и нанести вред его здоровью, поэтому часто на варианты назначений исполнителей на работы накладывается ограничение на максимальную нагрузку исполнителя. Например, в сфере ИТ исполнители часто занимаются задачами по нескольким проектам, вследствие чего есть риск не успеть закончить запланированные работы в срок. Таким образом, коллектив исполнителей необходимо подбирать с учетом загруженности каждого отдельного работника. Это также ограничивает возможности назначений исполнителей на работы, так как из-за этого исполнитель может не успеть закончить запланированные ему работы к заданному сроку. Для решения задачи формирования коллектива исполнителей при наличии ограничений на максимальную загруженность исполнителей и ресурсных ограничений в случае небольшой размерности можно использовать метод полного перебора с применением подхода ветвей и границ, в случае большой размерности – имеет смысл разрабатывать эффективные приближенные алгоритмы, например, различные эволюционные алгоритмы [3]. Такой подход можно применять ИТ-сервисной компании в штатной ситуации при планировании деятельности на определенный временной период.

Функциональная модель задачи формирования назначений исполнителей отдельным работам по проектам

Контекстная диаграмма функциональной модели показана на рисунке 1. Исходными данными в задаче формирования назначений исполнителей на работы являются сведения о сотрудниках и о проектах, в том числе о распределении отдельных работ по проектам. Следует учитывать также ограничения на оплату и требования, содержащиеся в нормативно-правовых документах, в частности ограничения на использование рабочего времени сотрудников компании. Процесс формирования назначений осуществляется системным аналитиком и ЛПР при помощи разрабатываемого программного обеспечения. Результатом является оптимальный вариант коллектива исполнителей.

Рисунок 2 демонстрирует декомпозицию первого уровня функциональной модели. Как было сказано выше, для решения задачи формирования коллектива исполнителей в разных ситуациях можно применять различные алгоритмы. Возникает необходимость выбора алгоритма, подходящего к конкретной ситуации. Этап «Выбор метода формирования коллектива исполнителей» предполагает детальный анализ сложившейся управленческой ситуации и выдвижение разумного предположения о подходящем методе. Этот этап выполняет ЛПР вместе с системным аналитиком. Далее выполняется «Применение выбранного метода» (с помощью разработанной системы формирования коллектива исполнителей, включающей в себя базу данных проектов и исполнителей, программно реализованные алгоритмы решения

различных вариантов решения задачи). Результат применения метода анализируется ЛПР. Если полученное решение математической задачи в целом устраивает ЛПР, то его можно взять за основу управленческого решения. Иначе ЛПР совместно с системным аналитиком предлагают попробовать другой алгоритм.



Рис. 1. Функциональная модель процесса формирования назначений исполнителей (нулевой уровень)

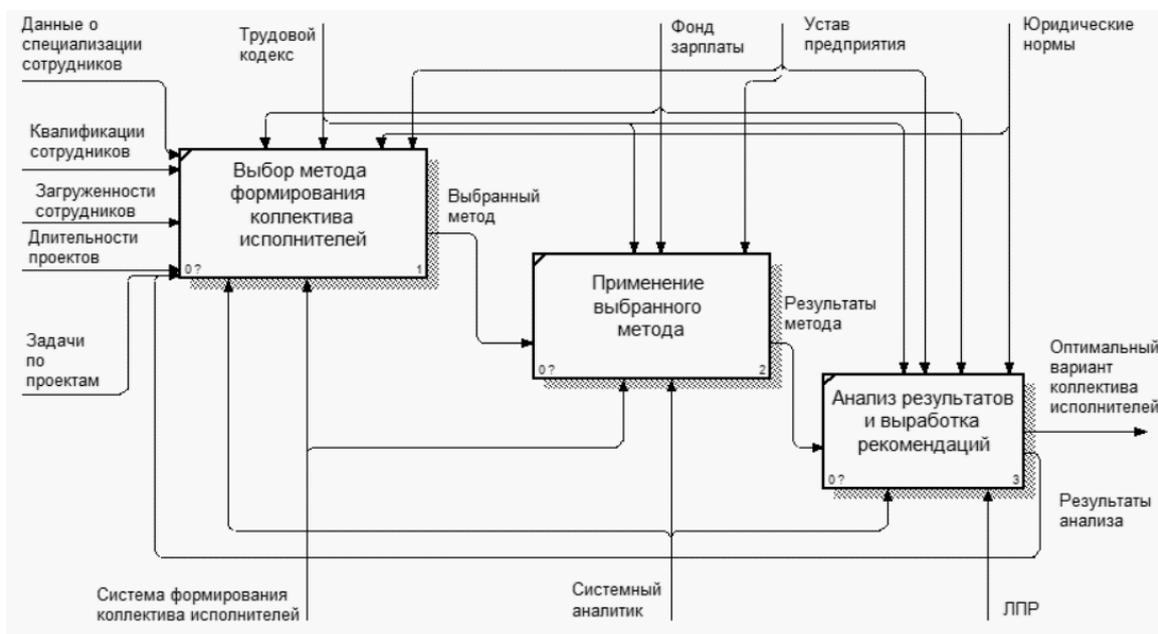


Рис. 2. Функциональная модель процесса формирования назначений исполнителей (декомпозиция первого уровня)

Заключение

В общем случае задача формирования коллектива исполнителей для IT-сервисной компании заключается в том, чтобы из множества кандидатов в исполнители выбрать некоторое подмножество для выполнения проекта с соблюдением ряда ограничений, в том числе санитарно-гигиенических и

юридических норм, а также ограниченного бюджета для оплаты труда. Различные практические ситуации требуют применения разных подходов к построению математических моделей и выбору методов решения.

Библиографический список

1. Рыбин, С.В. Дискретная математика и информатика: учебник для вузов / С.В. Рыбин. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 748 с.

2. Асанов, М.О. Дискретная математика: графы, матроиды, алгоритмы: учебное пособие / М.О. Асанов, В.А. Баранский, В.В. Расин. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2020. – 364 с.

3. Саймон, Д. Алгоритмы эволюционной оптимизации: руководство / Д. Саймон; перевод с английского А. В. Логунова. – Москва: ДМК Пресс, 2020. – 1002 с.

© Кузьмина А.И., 2023

УДК 004.921

А.Е. МАМЫКИН

290199@mail.ru

Науч. руковод. – канд. физ.-мат. наук, доцент **Л.И. ШЕХТМАН**

Уфимский университет науки и технологий

СОЗДАНИЕ ГРАФИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ НА ИЗОБРАЖЕНИИ ФРАКТАЛЬНОГО ДЕРЕВА

Аннотация: решается задача генерации графических иллюстраций в виде дерева. Рассматривается построение фрактального объекта на основе метода L-систем и применение к нему графических эффектов. Создана программа на языке Python, которая выполняет генерацию строки-программы для черепашьей графики, построение фрактального дерева, скрещивание двух имеющихся фрактальных деревьев.

Ключевые слова: фрактальные деревья; фрактальная графика; язык Python.

В настоящее время фрактальная графика применяется для отображения объектов реального мира, которые, как известно, имеют сложную форму, не поддающуюся описанию средствами привычной для нас геометрии. Облака, береговые линии, поверхности планет на самом деле не представляют собой идеальные сферы, прямые линии или гладкие плоскости. То же относится и к кронам деревьев. Они имеют ветвящуюся структуру, для моделирования которой подходят фракталы, так как одна из их основных черт – это свойство самоподобия, при котором часть подобна целому.

С помощью L-систем [1, 2] можно создавать фрактальные деревья, которые будут всё сильнее походить на природные по мере добавления дополнительных параметров. Природные деревья часто представляются нам с бесчисленным количеством листьев и самыми разными фруктами, поэтому алгоритм должен принимать параметры, отвечающие за их рисование. Так как деревья в природе не могут быть идеальными, ровными и симметричными, то имеет смысл придавать некоторым параметрам стохастический характер. Учитывая, что цвет листьев, фруктов и веток дерева может меняться по мере своего роста, создание эффекта градиента может придать натуральности и красочности изображению.

Алгоритмы L-систем для рисования фракталов основаны на так называемой «черепашьей» графике. В случае детерминированных L-систем и двумерной графики исполнитель-черепашка движется по плоскости.

Текущее состояние черепашки описывается пятью параметрами:

x, y – текущие координаты черепашки;

a – угол, определяющий направление, в котором черепашка ползёт по команде «вперёд»;

t – толщина линии черепашки;

c – цвет линии черепашки.

Параметры дерева, которые задаются до начала движения и которые влияют на получаемое изображение:

k – количество итераций, в которые символы в строке-аксиоме меняются на строки-правила;

Δa – угол поворота, который показывает, насколько меняется угол a при выполнении команд «налево» и «направо»;

l_b – длина ветви дерева;

r_a – вероятность отклонения угла поворота на некоторое значение;

r_d – вероятность пропуска рисования ствола дерева;

r_b – вероятность смещения угла при рисовании дерева;

r_f – вероятность появления фрукта;

$t_l, l_l (t_f, l_f)$ – ширина, длина листьев (фруктов);

a_l – величина, характеризующая воздействие гравитации на листья;

c_{b1}, c_{b2} – первичный и вторичные цвета ветвей дерева;

c_{l1}, c_{l2} – первичный и вторичные цвета листьев;

c_{f1}, c_{f2} – первичный и вторичные цвета фруктов.

Система команд исполнителя «черепашка» приведена в таблице 1.

Программой для черепашки является строка, состоящая из символов, обозначающие команды и приведённые в таблице 1. Черепашка читает строку-программу слева направо по одному символу и выполняет соответствующие команды. Следуя строке-программе черепашка рисует фрактальное дерево.

Строка-программа для построения фрактала получается не вручную, а создаётся на основе короткой исходной строки (её называют аксиомой) путём применения нескольких правил для замены символов.

Символьные обозначения и описание команд черепашки
для построения дерева

Команда	Описание
F, Y	С вероятностью r_d нарисовать ветку длиной l_b , в направлении $a + r_b$, толщиной t , цветом c .
X	С вероятностью r_f нарисовать фрукт длиной l_f , толщиной t_f , цветом c . С вероятностью r_l нарисовать лист длиной l_l , в направлении $a + a_l$, толщиной t_l , цветом c .
@	Уменьшить толщину ветви.
+	Повернуться направо (по часовой стрелке) на угол $\Delta a + r_a$.
-	Повернуться налево (против часовой стрелке) на угол $\Delta a + r_a$.
[Запомнить в стеке текущее состояние (x, y, a, t, c) , т. е. текущие координаты, угол a , толщину t и цвет c .
]	Извлечь из стека последнее запомненное состояние.

Для компьютерной реализации был применен язык Python [3]. Использовался модуль tkinter, который содержит все компоненты, необходимые для создания графического пользовательского интерфейса и работы с исполнителем Черепашка. На основе программы, созданной ранее для реализации L-систем [4] была создана программа для рисования фрактальных деревьев и создания графических эффектов.

Программа рисует фрактальные деревья применяя L-систему:

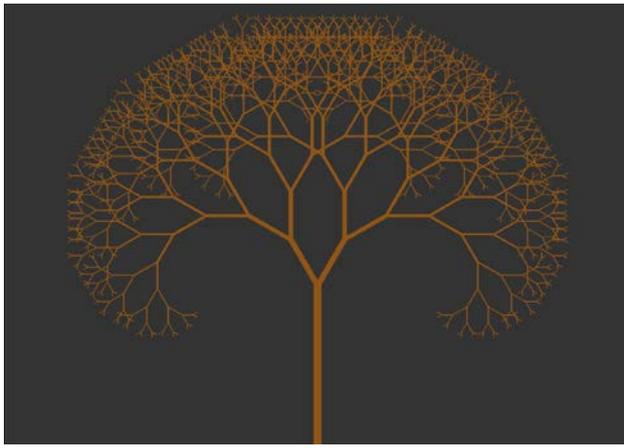
Аксиома: FFX

Правило F: $F \rightarrow YF$

Правило X: $X \rightarrow F[@[-YX]+YX]$

Правило Y: $Y \rightarrow Y$

На рисунке 1а показано дерево без стохастических параметров, листьев и фруктов. Для того, чтобы дерево выглядело более естественным, вносятся случайные изменения, добавляются листья и фрукты (рис. 1б). Для листьев программа создает ещё два цвета, которые немного отличаются от первичного цвета листьев. Так листья будут случайным образом рисоваться одним из трёх имеющихся цветов случайным образом. Эта же функция выполняется и для фруктов, благодаря которой дерево выглядит более естественным. Черепашка рисует не прямые линии, а множество кругов с небольшим сдвигом. Эта особенность позволяет рисовать заострённые листья, выпуклые фрукты, кривые ветви дерева, уменьшая или увеличивая радиус кругов и смещая их центры.



а)



б)

Рис. 1. Созданные программой изображения:

а – простое фрактальное дерево;

б – дерево со стохастическими параметрами, листьями и фруктами

Для придания цвету большей естественности, в программе применяются параметры «Градиент» (рис. 2а) и «Тени» (рис. 2б). Градиент образуется путем постепенного изменения цвета кругов, которыми рисуется всё дерево, от первичного цвета к вторичному. Параметр «Тени» добавляет трёхмерный эффект создавая полупрозрачные круги белого цвета и чёрного цвета перед и после рисования основного круга соответственно. Но так дерево выглядит не совсем естественно, потому что мнимый источник света освещает дерево полностью, а собственные тени дерева отсутствуют.



а)



б)

Рис. 2. Измененное фрактальное дерево:

а – градиентное дерево;

б – градиентное дерево с тенями

Можно сгенерировать два новых дерева (рис. 3а и рис. 3б) и скрестить их для образования нового дерева (рис. 3в).

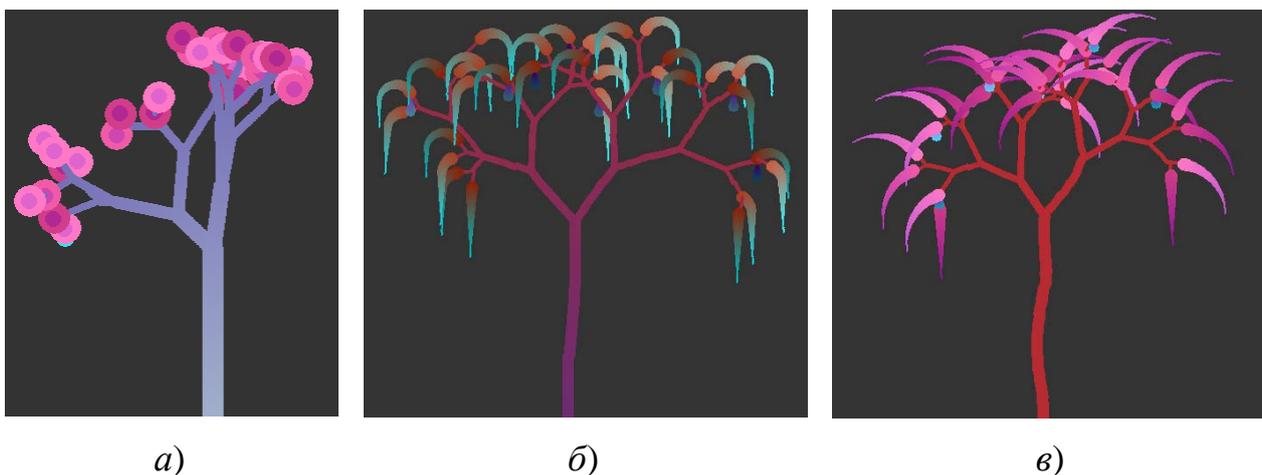


Рис. 3. Скрещивание деревьев

Скрещивание является методом селекции растений, которое в программе происходит путём перемешивания параметров двух деревьев случайным образом.

Созданная программа поддерживает решение следующих задач:

- построение фрактального дерева с помощью черепаший графики;
- придание реалистичности фрактальному дереву;
- создание графических эффектов на изображении фрактального дерева.

Программа обеспечивает выполнение следующих функций:

- ввод параметров дерева от пользователя с помощью диалогового окна;
- ввод параметров дерева из текстового файла;
- генерация случайных параметров дерева;
- создание параметров дерева с помощью скрещивания;
- сохранение изображения дерева в графический файл;
- сохранение параметров дерева в текстовый файл.

Библиографический список

1. L-Systems – математическая красота растений. URL: <https://habr.com/ru/post/69989/> (дата обращения: 30.01.2023).
2. Введение во фракталы и L-системы. URL: <https://proproprogs.ru/fractals> (дата обращения: 30.01.2023).
3. Руководство по языку программирования Python. URL: <https://metanit.com/python/tutorial/> (дата обращения: 30.01.2023).
4. Мамыкин А.Е., Корнилаева А.А. Мавлютовские чтения: материалы XVI Всероссийской молодежной научной конференции: в 6 томах [Электронный ресурс] / Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. – Уфа : УГАТУ, 2022, Том 5, с. 1048–1053.

Мамыкин А.Е., 2023

М.Р. МУХАМЕТОВ

kyloren7@yandex.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доцент **Р.Р. КАРИМОВ**,
канд. техн. наук, доцент **А.С. КОВТУНЕНКО**

Уфимский университет науки и технологий

ПРОГРАММА ОБХОДА ПРЕПЯТСТВИЙ ДЛЯ ПОДВИЖНОЙ ПЛАТФОРМЫ НА ОСНОВЕ ARDUINO

Аннотация: решается задача автоматизации поиска пути для подвижной платформы. Разработана программа на языке Arduino, которая позволяет обходить небольшие препятствия подвижной платформе на колесной базе. Программа использует ультразвуковой датчик для определения расстояния до препятствий и принимает решение о маневрах, необходимых для обхода.

Ключевые слова: arduino; автоматизация; ультразвуковой датчик; препятствие; подвижная платформа.

Автоматизация играет все более значимую роль в нашей современной жизни. От промышленных предприятий до бытовых задач, автоматизированные системы и устройства становятся неотъемлемой частью повседневной жизни. Одним из ключевых аспектов автоматизации является способность устройств и систем выполнять задачи без вмешательства человека.

Одной из основных проблем, с которой сталкиваются подвижные объекты, является поиск оптимального пути в неизвестной или динамически меняющейся среде. Такими средами могут быть складские помещения, производственные линии или жилые помещения. Платформы должны иметь возможность эффективно и безопасно перемещаться от одной точки к другой. Однако, наличие препятствий, ограничений и изменяющихся условий создает сложности для поиска оптимального пути.

Одним из важных аспектов поиска пути является способность подвижных платформ обходить препятствия. Препятствия могут быть различными: стены, мебель, люди или другие объекты, которые могут встретиться на пути движения платформы. Обход этих препятствий требует разработки сложных алгоритмов и стратегий, которые позволят платформе принимать решения о маневрах и выбирать наиболее безопасный и эффективный путь.

Одним из наиболее популярных инструментов для создания простых автоматических систем является Arduino – это платформа, основанная на открытом аппаратно-программном обеспечении, которая предоставляет возможности для создания различных устройств.

Arduino предлагает широкий функционал и легко использовать даже для новичков в области программирования и электроники. Основой Arduino является микроконтроллер, который может контролировать внешние устройства и

считывать данные из различных датчиков. Он также может взаимодействовать с компьютером или другими устройствами с помощью различных интерфейсов.

Преимущество Arduino заключается в его гибкости и адаптивности. Примеры использования Arduino для автоматизации включают умные дома, автоматические поливочные системы, системы мониторинга и многое другое.

С помощью Arduino и других компонентов можно создать систему обхода препятствий с высокой степенью точности и надежности. Программа обхода препятствий, созданная на основе Arduino, может использовать различные датчики для определения наличия препятствий и составления карты окружающего пространства. Датчики могут включать ультразвуковые дальномеры, инфракрасные детекторы, камеры и другие сенсоры. Данные от этих датчиков обрабатываются платой Arduino, которая затем оценивает, как управлять движением подвижной платформы (робота или дрона), чтобы избежать препятствий. Рассмотрим вариант с использованием для этих целей ультразвукового датчика.

Ультразвуковой датчик - это устройство, способное измерять расстояние до объектов с помощью ультразвуковых волн. Для этого он излучает короткие ультразвуковые импульсы, которые распространяются в воздухе. Когда эти импульсы сталкиваются с препятствием, они отражаются обратно к датчику. Датчик замеряет время между излучением импульса и его приемом, а затем использует эту информацию для определения расстояния до объекта.

Для программирования платформы с помощью Arduino (рис. 1) необходимо подключить ультразвуковой датчик и другие компоненты, такие как моторы или сервоприводы. Программа должна циклически измерять расстояние до препятствий с помощью ультразвукового датчика и принимать соответствующие решения о движении подвижного объекта, чтобы избежать столкновений.

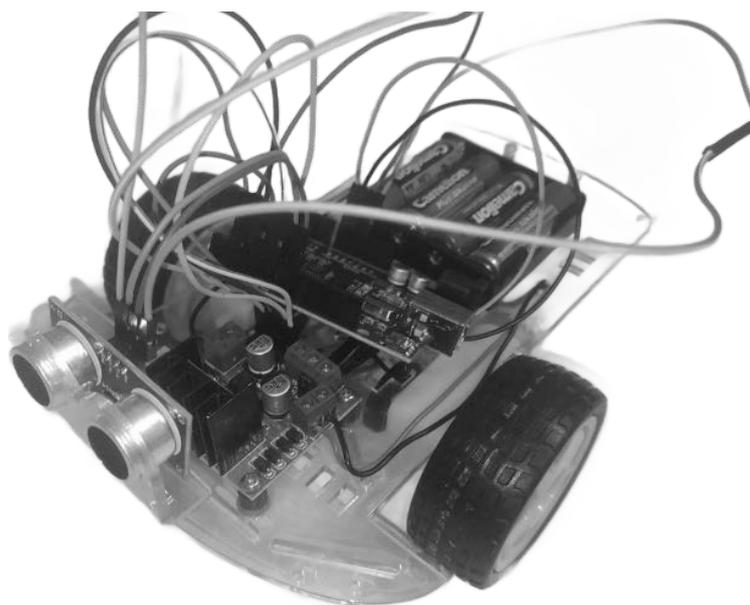


Рис. 1. Пример платформы с ультразвуковым датчиком

Алгоритм работы устройства с фиксированным датчиком расстояния можно описать следующим образом:

1. Ультразвуковой датчик «обследует препятствия» по направлению движения.

2. Если препятствие не обнаружено, то платформа движется прямолинейно равномерно.

3. Если ультразвуковой датчик обнаруживает препятствие (расстояние меньше заданного, например, меньше 30 сантиметров), то программа дает команду обоим моторам остановиться.

4. После остановки один из моторов вращается вперед, а другой – назад, таким образом разворачивая платформу на одном месте. Направление разворота (влево или вправо) определяется случайным образом, однако его можно адаптировать для решения какой-либо задачи (например, обход преимущественно справа). Также рассчитывается угол и радиус разворота.

5. Если после разворота ультразвуковой датчик вновь обнаруживает препятствие, то он вновь разворачивается в случайном направлении.

6. Если препятствие не обнаруживается, то платформа начинает движение прямо, и так, пока вновь не встретит препятствие.

Таким образом, при реализации данного алгоритма платформа, используя данные, полученные от ультразвукового датчика, будет оценивать данные о движении робота для обхода препятствий. Например, если датчик обнаруживает препятствие в заданном расстоянии, то платформа может поворачиваться налево или направо для поиска свободного пути и предотвращения столкновений. При достижении определенного расстояния до препятствия, робот может остановиться и изменить направление движения.

Программа разработана на языке Arduino и представляет собой простейший пример реализации системы обхода препятствий. В целом, подобные системы могут быть применены в следующих отраслях:

1. Сельское хозяйство: беспилотные тракторы, комбайны, беспилотные летательные аппараты для опрыскивания полей.

2. Строительство: роботизированные краны, бульдозеры, экскаваторы.

3. Горнодобывающая промышленность: автоматизированные буровые установки, беспилотные транспортные средства для перевозки руды.

4. Логистика: беспилотные автомобили, дроны для доставки товаров.

5. Пожарная безопасность: роботизированные системы пожаротушения.

6. Военная промышленность: беспилотные летательные аппараты, боевые роботы.

7. Космическая индустрия: автоматические зонды для исследования планет.

8. Пищевая промышленность: автоматизированные линии производства продуктов питания.

9. Нефтегазовая отрасль: беспилотные подводные аппараты для изучения и обслуживания скважин.

10. Бытовая техника: роботы-пылесосы, автоматические стиральные машины.

Обнаружение препятствий и определение положения автоматизированной платформы в пространстве, в зависимости от решаемой задачи, также может быть выполнено с помощью следующих вспомогательных устройств:

1. Оптическая камера: Использование камеры на платформе для определения положения относительно окружающих объектов или маркеров может быть одним из решений. Затем, алгоритмы компьютерного зрения могут быть использованы для анализа изображений и определения положения платформы.

2. Магнитные датчики: Размещение магнитных датчиков на платформе и окружающей среде может помочь в определении положения. При приближении к объекту-магнетику, датчик будет реагировать и передавать вычислителю данные о препятствии.

3. Оптические датчики: Оптические датчики также могут быть использованы для определения положения, измеряя интенсивность света, отражаемого от окружающей среды.

4. Инфракрасные датчики: Инфракрасные датчики могут использоваться для обнаружения объектов или стен в окружающей среде.

5. Гироскопы и акселерометры: Гироскопы и акселерометры могут использоваться для определения движения платформы и ее ориентации.

Таким образом, каждый из методов имеет свои преимущества и недостатки, и выбор конкретного подхода зависит от условий работы платформы и требований к его функциональности. В целом, автоматический обход препятствий является важной и актуальной задачей для развития робототехники и требует дальнейших исследований и разработок.

В качестве инструментального средства использовалась система программирования Arduino IDE 2.2.1, платформа Arduino Uno R3.

Библиографический список

1. Петин В.А. Проекты с использованием контроллера Arduino. 2-е изд. перераб. и доп. СПб.: БХВ-Петербург, 2015. 464 с.: ил.

2. Блум Дж. Изучаем Arduino: инструменты и методы технического волшебства. 2-е изд.: пер. с англ. – СПб.: БХВ-Петербург, 2020.– 544 с.: ил.

© Мухаметов М.Р., 2023

Д.С. СЕРГЕЕВ

sergeevdns@gmail.com

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доцент **Р.Р. КАРИМОВ**

Уфимский университет науки и технологий

РАЗРАБОТКА ВИРТУАЛЬНОГО ОКРУЖЕНИЯ В VR ЛАБОРАТОРИИ ПО ХИМИИ

Аннотация: в статье описывается разработка графической составляющей VR тренажера ChemVision по химии. Рассматривается разработки 3D локации и окружения. Обосновывается инструментарий, используемый для создания фотореалистичного 3D-окружения. Схематизируется рабочий процесс разработки.

Ключевые слова: графика, 3D, 3D модели, VR, химия, лаборатория, текстурирование, риггинг, анимации, шейдеры

Настоящая работа посвящена описанию базовой стратегии профессиональной разработки визуальной части VR тренажера.

Все процессы будут демонстрироваться на примере разработки обучающего тренажера в виртуальной реальности “ChemVision”, основным назначением которого является обучение химии. Продемонстрирован снимок экрана с законченной разработкой визуальной части VR тренажера.



Рис. 1. Внутриигровой снимок VR тренажера

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Визуальная часть VR тренажера должна обеспечивать погружение обучающегося в игровое пространство, способствующее повышению эффективности обучения. Данный эффект достижим за счет фотореалистичности

объектов окружения и создания определенного настроения обучающегося, находящегося в локации. К основным объектам локации будут относиться: статические элементы (мебель, интерьер лаборатории, освещение), динамические элементы (химическая посуда, инструменты, вещества). На основе анализа нескольких химических экспериментов были выявлены ключевые направления подготовки и обработки 3D объектов окружения:

1. Моделирование геометрии объектов характерных для химической лаборатории;
2. Освещение, требуемое для проведения химических экспериментов;
3. Создание реалистичных эффектов объектов окружения, веществ и их анимаций при выполнении экспериментов;
4. Создание эргономичного и высокофункционального пространства для эффективной работы в VR лаборатории.

ИНСТРУМЕНТЫ

В ходе разработки проекта в качестве основных инструментами применяются - 3ds Max для моделирования, анимации, а также игровой движок Unigine для сборки сцены. Для обеспечения фотореалистичности использованы вспомогательные инструменты – Photoshop (редактирование изображений), RizomUV (развертка текстур), Marmoset Toolbag (запекание текстур) и Substance Painter (текстурирование).

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ 3D-АНИМАЦИИ И МОДЕЛИРОВАНИЯ

Autodesk 3ds Max выбран в качестве инструмента для 3D-моделирования, анимации. 3ds Max часто используется для моделирования персонажей и объектов, моделирования экстерьера и интерьера, а также для рендеринга фотореалистичных изображений сооружений и других объектов. Также он применяется при разработке 3D моделей для игр.

ИГРОВОЙ ДВИЖОК

В качестве игрового движка выбран Unigine - многоплатформенный 3D-движок, разработанный одноимённой компанией UNIGINE. Unigine применяет современные системы шейдинга, в том числе физически корректный рендеринг материалов (PBR), благодаря чему он позволяет получить качественные и реалистичные материалы. Также данный движок может запекать тени в карты освещенности, которые позволяют симулировать эффект глобального освещения на статичных объектах, не потребляя большого количества ресурсов компьютера. Множество современных технологий делает Unigine удобным инструментом для 3D художника.

ОБЩИЙ ПРОЦЕСС СОЗДАНИЯ 3D ОКРУЖЕНИЯ

Процесс производства 3D окружения можно представить в виде схемы:

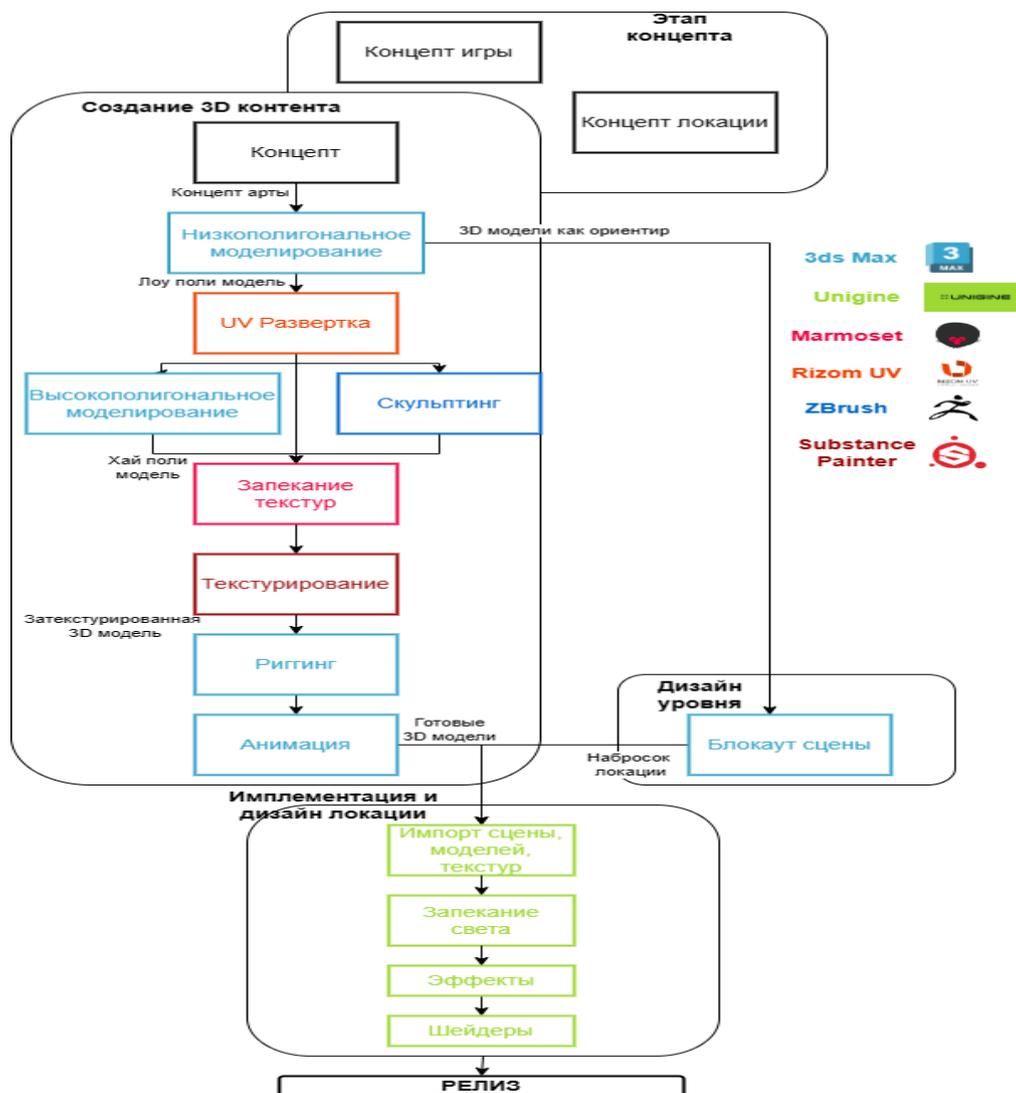


Рис. 2. Общий процесс создания 3D окружения

Этап концепта

На данном этапе собирается и документируется общая информация об игровой локации. Расписываются основные параметры комнаты, необходимые предметы на сцене и т. д. Также на данном этапе рисуются концепт арты, но так как наш проект был нацелен на реализм, для ориентира было достаточно собрать изображения из интернета. Концепт-арт создаваемый для VR лаборатории направлен на создание эмоционального фона, способствующего погружению в современную высокотехнологичную химическую лабораторию. Интерьер лаборатории выполнен в урбанистическом научно-техническом стиле. Гладкие, металлические материалы применялись, чтобы подчеркнуть футуризм окружения. Большое стеклянное окно обеспечивает глубину и создает эффект открытого пространства.

Создание 3D контента

Процесс создания 3D моделей для проекта включает в себя следующие этапы: 1) концептуализация – определяются форма и стиль модели; 2) создание низкополигональной базовой модели 3) развертка UV-координат для

текстурирования 4) высокополигональное моделирование и скульптингу для добавления деталей 5) запекание текстур 6) создание текстур 7) присвоение модели скелетной структуры (риггинг) 8) подготовка анимаций. Большинство статических и динамических объектов лаборатории разработаны с применением пунктов 1-8.

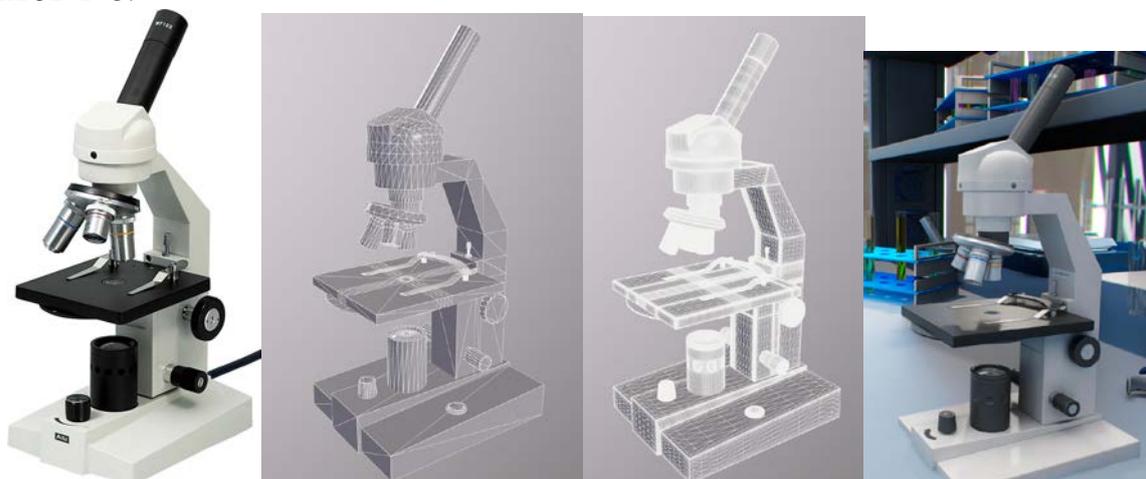


Рис. 3. Создание 3d модели.

ИМПЛЕМЕНТАЦИЯ МОДЕЛЕЙ И ДИЗАЙН УРОВНЕЙ

Сборка сцены VR лаборатории предполагает формирование 3D эскиза пространства химической лаборатории. На данном эскизе устанавливается положение основных объектов и их размеры. После проработки эскиза и импорта в сцену добавляются готовые 3D модели объектов окружения.

Имплементация 3D моделей и текстур

Для добавления 3D моделей в сцену Unigine файлы с геометрией экспортированы в файлы формата fbx.

В зависимости от игрового движка, импортируются различные текстурные карты. В разрабатываемом VR тренажере в моделях применяются текстуры: Albedo, Shading, Normal, Ambient Occlusion. Чтобы получить 3D модель, необходимо назначить полученные с помощью текстурных карт материалы к 3D объектам,

Запекание света

В Unigine, процесс запекания света включает создание и настройку источников света, генерацию текстур освещения (lightmaps), и последующее применение их к объектам в сцене. Этот процесс оптимизирует реалистичность освещения, улучшая визуальное качество сцен и снижая нагрузку на процессор и видеокарту во время выполнения приложения. В рассматриваемом проекте запекание света применено только к статическим объектам.

Эффекты

Создание эффектов в Unigine начинается с выбора желаемого типа эффекта, будь то огонь, вода, дым или что-либо еще. Для рассматриваемого проекта необходимы эффекты огня, пузырьков, дыма и осадка. Затем необходимо настроить соответствующий материал для этого эффекта, который будет определять визуальные и поведенческие характеристики эффекта, такие как цвет, прозрачность, анимация и динамика. Завершая этот процесс, эффекты интегрируются в сцену Unigine).



Рис. 4. Эффекты

Шейдеры

Шейдером в широком смысле называется программа для визуального определения поверхности объекта. В современных игровых движках существует инструментарий для создания шейдеров применяя визуальное программирование. С помощью шейдерных графов пользователи могут визуально управлять всеми аспектами шейдеров, включая текстурирование, освещение, анимацию и многие другие параметры. Это позволяет создавать сложные и креативные визуальные эффекты, даже без глубоких знаний языка шейдеров, что делает процесс разработки визуальных эффектов в Unigine более доступным и эффективным для широкого круга пользователей. В данном проекте были разработаны базовые шейдеры жидкости и стекла.

Дизайн уровня

Дизайн уровня в играх – это процесс создания игровых локаций, включая их итерацию и разработку. Этот процесс начинается с идеи и концепции, после чего создается блок-аут для определения общей геометрии и ключевых элементов. В процессе разработки дизайн уровня уточняется, уровень тестируется и оптимизируется, а затем дорабатывается с учетом геймплейных и визуальных аспектов, чтобы создать увлекательное и визуально привлекательное игровое пространство. Дизайн уровня может быть модернизирован с учетом методики проведения эксперимента, его логики и сложности.

ВЫВОД

Таким образом, используя вышеописанный рабочий процесс можно получить готовую 3D локацию, удовлетворяющую современным стандартам графики и реализовать проект химической VR лаборатории.

Библиографический список

1. Мавлютовские чтения: материалы XVI всероссийской молодежной научной конференции. – Уфа: УГАТУ, 2022. – Т.5. – С. 1024-1033.
2. Мавлютовские чтения: материалы XVI всероссийской молодежной научной конференции. – Уфа: УГАТУ, 2022. – Т.5. – С. 1057-1061.
3. Мавлютовские чтения: материалы XVI всероссийской молодежной научной конференции. – Уфа: УГАТУ, 2022. – Т.5. – С. 1066-1071.
4. Documentation – Unigine Developer: [сайт]. – URL: <https://developer.unigine.com/en/docs/latest/> (дата обращения: 28.10.2023)
5. Джеймс О'Коннелл Разработка трехмерных моделей в 3ds max 7. // М: Вильямс. 2006. С. 352.
6. Проектирование комплекса управления авиационно-космическими объектами на основе технологий смешанной реальности / Каримов Р.Р., Кузьмина Е.А., Арсланов Т.Р., Макаев Р.А. // Свободный полет-2018: сборник трудов всероссийской конференции. – Уфа-Жуковский, 2018. – С.73-75.

© Сергеев Д.С., 2023

УДК 004.021

А.Е. СЕРГЕЕВА, А.А. КУЗНЕЦОВА

nasya.levina.0220@mail.ru, angelinakuznetsovaandreevna@gmail.com

Науч. руковод. – канд. физ. -мат. наук, доцент **Л.И. ШЕХТМАН**

Уфимский университет науки и технологий

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СРЕДНЕСУТОЧНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ТЕПЛОПОТРЕБЛЕНИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЯЗЫКА R

Аннотация: выполняется статистический анализ данных о теплотреблении жилых домов. Используется язык R.

Ключевые слова: теплотребление; нормальность распределения; язык R.

Энергосбережение – это одна из важнейших задач современности, требующая учета и контроля расхода энергетических ресурсов. В жилых зданиях широко применяются теплосчетчики, которые позволяют отслеживать расход

тепловой энергии. Полученные данные передаются в централизованную систему управления сбытом тепловой энергии. Были собраны данные о потреблении тепла в различных жилых домах города Уфы в течение каждого дня одного отопительного сезона. С помощью корреляционно-регрессионного анализа исследована зависимость между потреблением тепла и среднесуточной температурой. Также была выполнена проверка данных на соответствие нормальному закону распределения, чтобы определить какими статистическими методами можно пользоваться для сравнения подвыборок, выделенных из общей выборки по разным критериям.

Были применены следующие методы анализа данных:

1. Корреляционное поле, графики и гистограммы остатков – инструменты для проверки предпосылок регрессионной модели и оценки ее адекватности;
2. Анализ плотности распределения – изучение формы и характеристик распределения данных;
3. Тест Шапиро-Уилка – статистический тест на нормальность распределения данных;
4. Тест Андерсона-Дарлинга – статистический тест на нормальность распределения данных;
5. Тест Бройша-Пагана – статистический тест, который используется для проверки гетероскедастичности в регрессионной модели.

Компьютерная реализация выполнялась с применением следующих технологий:

1. Язык R – язык программирования для статистической обработки данных и работы с графикой [1];
2. RStudio – среда разработки;
3. Набор библиотек языка R:
 - lmtest (выполнение различных тестов и проверок в контексте линейной регрессии);
 - extrafont (функции для работы с дополнительными шрифтами в графиках и выводе текста);
 - ggplot2 (визуализация данных);
 - dplyr (функций для манипулирования и преобразования данных);
 - readxl (функции для чтения файлов Excel);
 - portest (функции и методы для проведения различных тестов на нормальность распределения данных).

Выборка данных содержит сведения о теплопотреблении 30 жилых домов г. Уфы за каждый день отопительного сезона одного года (5550 значений). Известны значения среднесуточной температуры в каждый день сезона.

Было выполнено исследование взаимосвязи между теплопотреблением и температурой, построено корреляционное поле (рис. 1). Получено уравнение регрессии:

$$y = - 0.033232 \cdot x + 0.838495. \quad (1)$$

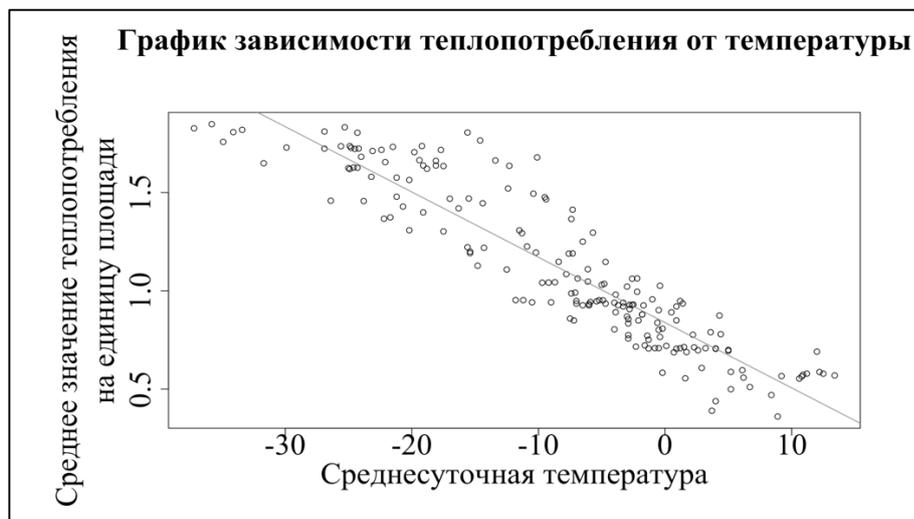


Рис. 1. График зависимости теплопотребления от температуры

Проведена проверка значимости коэффициентов уравнения регрессии (1) с применением функции `summary`. В результате проверки были получены следующие результаты.

1. Значения коэффициентов являются статистически значимыми, так как p -value имеет очень низкое значение ($< 2.2e-16$);

2. Коэффициент детерминации (Multiple R-squared) составляет 0.8463, что означает, что 84.63% вариации зависимой переменной Y может быть объяснено линейной зависимостью от X ;

3. Остаточная стандартная ошибка составляет 0.1586, что дает оценку стандартного отклонения остатков;

4. F -статистика имеет высокое значение 1008 с 1 и 183 степенями свободы, а p -value – очень низкое ($< 2.2e-16$), что говорит о статистической значимости модели.

Результаты регрессионного анализа подтверждают наличие статистически значимой отрицательной линейной связи между средним теплопотреблением и средней температурой, нормированным на площадь здания.

Для проверки модели линейной регрессии были выполнены следующие действия:

1. Построение гистограммы остатков, которая позволяет визуально оценить их распределение (рис. 2).

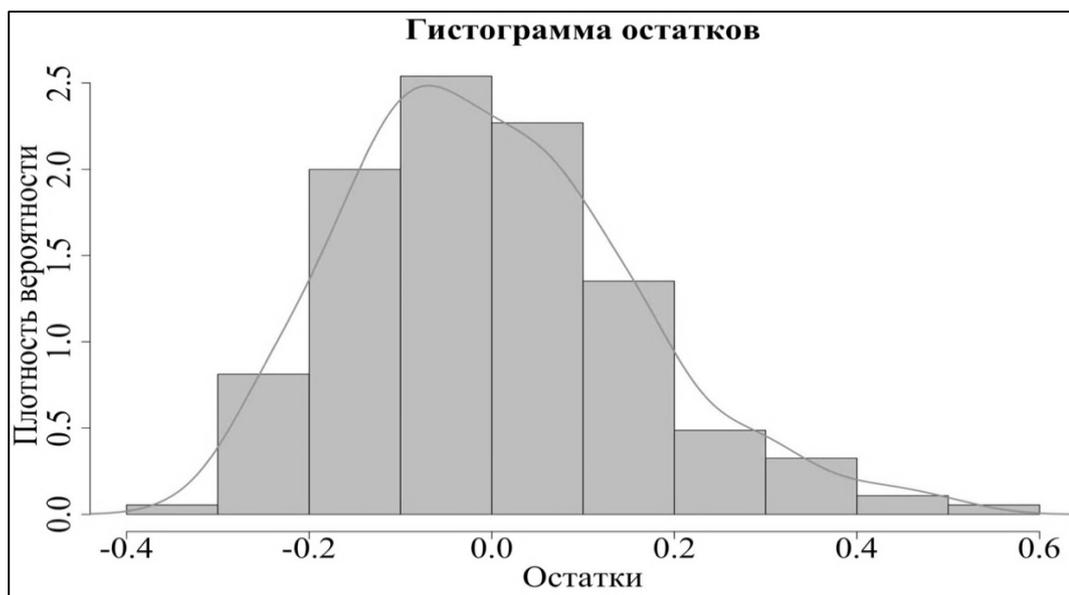


Рис. 2. Гистограмма остатков

По гистограмме остатков можно сделать вывод, что распределение остатков не соответствует нормальному закону распределения.

2. Тестирование модели на нормальность остатков с использованием теста Шапиро-Уилка, который позволяет оценить, насколько остатки соответствуют нормальному распределению.

Гипотеза H_0 : данные в выборке имеют нормальное распределение.

Гипотеза H_1 : данные в выборке не имеют нормальное распределение.

Критерий Шапиро-Уилка показал статистику теста (W) 0.9768 и р-значение менее 0.003451. Р-значение меньше выбранного уровня значимости (0.05), поэтому нулевая гипотеза отклоняется.

3. Проверка гомоскедастичности остатков при помощи построения графика остатков (рис. 3).



Рис. 3. График остатков

График остатков от предсказанных значений показывает гомоскедастичность с выбросами.

4. Тестирование модели на гомоскедастичность остатков с использованием теста Бройша-Пагана, который позволяет оценить, есть ли систематическая зависимость между остатками и независимыми переменными.

Гипотеза H_0 : присутствует гомоскедастичность.

Гипотеза H_1 : присутствует гетероскедастичность.

Статистика теста (BP) равна 3.7417, а степени свободы (df) равны 1. Значение p , связанное с тестом, составляет 0.05307. Р-значение, полученное из теста, больше выбранного уровня значимости (0.05), поэтому нулевая гипотеза не отвергается. Значение статистики теста (BP) предполагает, что в модели могут быть некоторые признаки гетероскедастичности.

Была выполнена проверка гипотезы о нормальном законе распределения с помощью следующих методов.

1. Тест Шапиро-Уилка.

Гипотеза H_0 : данные в выборке имеют нормальное распределение.

Гипотеза H_1 : данные в выборке не имеют нормальное распределение.

Критерий Шапиро-Уилка показал статистику теста (W) 0.93197 и p -значение менее $2.2e-16$. Р-значение, полученное из теста, меньше выбранного уровня значимости (0.05), поэтому нулевая гипотеза отклоняется.

2. Тест Андерсона-Дарлинга.

Гипотеза H_0 : данные в выборке имеют нормальное распределение.

Гипотеза H_1 : данные в выборке не имеют нормальное распределение.

Критерий Андерсона-Дарлинга привел к получению статистики теста (A) 51.413 и значение p , связанное с тестом, составило менее $2.2e-16$. Р-значение, полученное из теста, меньше выбранного уровня значимости (0.05), поэтому нулевая гипотеза отклоняется.

Проведенный статистический анализ подтверждает наличие сильной отрицательной связи между температурой и теплопотреблением домов. Была получена формула регрессии, выражающая зависимость между теплопотреблением и температурой для выборки данных. Эта формула может быть использована для прогнозирования теплопотребления на основе среднесуточной температуры. Для визуализации полученных данных были построены графики и гистограммы. Гипотеза о нормальном законе распределения для величины теплопотребления на единицу площади была отвергнута, поэтому для сравнения подвыборок надо будет применять непараметрические критерии.

Библиографический список

1. Гришин, В.А. Методы обработки данных и моделирование на языке R: учебно-методическое пособие / В.А. Гришин, М.С. Тихов. – Нижний Новгород: ННГУ им. Н.И. Лобачевского, 2019. – 54 с.

© Сергеева А.Е., Кузнецова А.А., 2023

УДК 658.5

Д.Е. ФАЛЬШУНОВА

dfalshunova@mail.ru

Науч. руковод. – канд. техн.наук, доцент **А.С. КОВТУНЕНКО**

Уфимский университет науки и технологий

ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМА ОПТИМИЗАЦИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ АВТОМАТИЗАЦИИ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ТРУДОВЫМИ РЕСУРСАМИ КРУПНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ КОМПАНИЙ

Аннотация: рассматривается эффективность применения алгоритма оптимизации для решения задачи автоматизации оперативного управления в части распределения трудовых ресурсов крупных производственных компаний.

Ключевые слова: ресурсы предприятия, распределение трудовых ресурсов, план распределения ресурсов, задача распределения ресурсов, задачи дискретной оптимизации, задача о назначениях, алгоритмы и методы оптимизации.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ

Одной из основных проблем, возникающих в различных сферах деятельности человека, является проблема оптимизации управления. Основой эффективного управления являются рациональное использование ресурсов и грамотная комплексная оценка деятельности организации.

Развитие информационных технологий вызвало появление большого количества различных программных продуктов, главной целью которых является автоматизация деятельности любой организации посредством минимизации человеческого фактора с целью сокращения затрат на осуществление рутинных операций. И, если на полностью автоматизированном производстве достаточно легко определить производительность, то для компаний, эффективность работы которых характеризуется использованием человеческих ресурсов, все не так однозначно.

Проанализировав вопрос о том, при каком условии можно достигнуть максимальной производительности труда, можно сделать вывод, что это возможно только при правильном распределении внутренних задач в соответствии с возможностями персонала.

Спецификой крупных производственных компаний является наличие большого количества структурных подразделений. В связи с этим возникает необходимость применения специальных алгоритмов оптимизации при решении задачи автоматизации оперативного управления трудовыми ресурсами компании на различных объектах в части их оптимального распределения.

МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТРУДОВЫХ РЕСУРСОВ

Распределение трудовых ресурсов является неотъемлемой частью процесса оперативного управления компании. Наличие большого количества разрозненных исходных данных (различные производственные объекты и их специфика, личные данные сотрудников, потребность в трудовых ресурсах различной специализации и квалификации на определенных объектах) делает решение задачи распределения трудовых ресурсов без применения автоматизированных алгоритмов оптимизации затруднительным.

На данный момент существует большое количество алгоритмов оптимизации, предназначенных для решения различных типов прикладных задач. Решение задачи распределения трудовых ресурсов сводится к решению одного из типов задач дискретной оптимизации – задачи о назначениях.

Автоматизация процесса трудовых ресурсов позволяет рассматривать простые методы оптимизации, требующих большого количества итераций.

Наиболее простыми и в то же время эффективными методами, предназначенными для решения задачи о назначениях, являются:

1. Распределительный метод;
2. Метод ветвей и границ;
3. Метод дифференциальных рент;
4. Венгерский метод.

Все представленные выше методы основаны на принципе поиска оптимального соответствия между двумя наборами элементов посредством формирования исходного плана и его последующей корректировки с помощью различных математических преобразований.

Преимуществом венгерского метода перед другими является то, что венгерский алгоритм имеет полиномиальную сложность времени, что означает, что время его работы не зависит от размера входных данных (в данном случае, количества сотрудников и распределяемых работ).

Венгерский алгоритм может быть применен в различных областях. Данный метод имеет простую структуру и легко реализуется с помощью программно-аппаратных средств.

ПРИМЕНЕНИЕ ВЕНГЕРСКОГО МЕТОДА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ТРУДОВЫМИ РЕСУРСАМИ В ЧАСТИ ИХ ОПТИМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

На первом этапе происходит инициализация исходной матрицы стоимостными значениями работ. Стоимость выполнения i -м исполнителем j -й работы определяется по формуле:

$$C_{ij} = w_1 \sum \tau_i + (1 - w_1) \cdot (w_2 \sum c_{ij} + (1 - w_2) \sum c_{ij}^{adj}),$$

где w_1 и w_2 – нормализующие множители;

$\sum \tau_i$ – сумма вычислительных стоимостей критического пути;

c_{ij}^{adj} – коммуникационная стоимость связей.

Далее происходит получение нулевых значений в каждой строке и каждом столбце матрицы:

$$MATRIX = \begin{pmatrix} C_{11} - \varphi_1 - \mu_1 & C_{21} - \varphi_1 - \mu_2 & \dots & C_{11} - \varphi_1 - \mu_j \\ C_{21} - \varphi_2 - \mu_1 & C_{22} - \varphi_2 - \mu_2 & \dots & C_{2j} - \varphi_2 - \mu_j \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ C_{i1} - \varphi_i - \mu_1 & C_{i2} - \varphi_i - \mu_2 & \dots & C_{ij} - \varphi_i - \mu_j \end{pmatrix},$$

$$MIN_i = \{\varphi_1 = \min\{C_{11} \dots C_{1j}\}, \dots, \varphi_i = \min\{C_{i1} \dots C_{ij}\}\},$$

$$MIN_j = \{\mu_1 = \min\{C_{11} \dots C_{i1}\}, \dots, \mu_i = \min\{C_{1j} \dots C_{ij}\}\},$$

где MIN_i – множество минимальных элементов строк;

MIN_j – множество минимальных элементов столбцов.

После данного шага происходит поиск решения, который заключается в следующем:

1. Происходит выбор пары претендентов, для которой: $C_{ij} - \varphi_i - \mu_j = 0$;
2. Производится расчет коэффициента для пары претендентов путем сложения \min значения элемента строки работы и \min значения столбца-исполнителя.
3. Происходит определение максимального коэффициента, в следствие чего исполнителю i -й строки назначается работа j -го столбца.

ПРИМЕР ПРОГРАММНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ ПРИМЕНЕНИЯ ВЕНГЕРСКОГО МЕТОДА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ТРУДОВЫМИ РЕСУРСАМИ

Результат программной реализации применения венгерского метода для решения задачи оперативного управления в части распределения трудовых ресурсов представлен на Рис. 1.

ПРОЕКТ НПЗ-1		05 Пн	06 Вт	07 Ср	08 Чт	09 Пт
Монтаж внутреннего трубопровода	Монтажник ТТ (4 р-д)	8-16 Туманин Г.В. 16-24 Петров И.В.	8-16 Туманин Г.В. 16-24 Петров И.В.			
Изготовление бетонных блоков	Бетонщик	12-14 Алексеев С.В.	12-14 Алексеев С.В.	12-14 Алексеев С.В.		12-14 Алексеев С.В.
Изготовление бетонных блоков	Бетонщик	12-14 Федоров А.В.		12-14 Федоров А.В.		
АКЗ	Маляр			10-14 Клявлин А.Ф. 14-18 Халиков С.В.	10-14 Халиков С.В.	
Управление строительством	ИТР	9-18 Марьин С.П.	9-18 Марьин С.П.	9-18 Марьин С.П.	9-18 Марьин С.П.	9-18 Марьин С.П.
Управление строительством	ИТР	9-18 Иванов Ф.Д.	9-18 Иванов Ф.Д.	9-18 Иванов Ф.Д.	9-18 Иванов Ф.Д.	9-18 Иванов Ф.Д.
Управление строительством	АУП	9-18 Маратов С.В.	9-18 Маратов С.В.	9-18 Маратов С.В.	9-18 Маратов С.В.	9-18 Маратов С.В.
Сварка элементов оборудования	Сварщик СК (4 р-д)	10-16 Кулсарин А.И. 14-16 Куликов А.В.	10-14 Кулсарин А.И.			14-16 Куликов А.В.
Сварка элементов оборудования	Сварщик СК (4 р-д)	14-16 Сергеев Ф.К.	14-18 Сергеев Ф.К.			16-18 Сергеев Ф.К.
Сварка элементов оборудования	Сварщик СК (5 р-д)	16-18 Пестряев В.А.	16-18 Пестряев В.А.		14-18 Пестряев В.А.	14-18 Пестряев В.А.

Рис. 1. Пример реализации применения венгерского метода для распределения трудовых ресурсов строительной организации

Библиографический список

1. Еремина И.И., Лысанов Д.М. Математическая модель оптимизации процесса распределения задач и трудовых ресурсов на предприятии / American Scientific Journal, 2020. № 42. – 65 с.
2. Щукина Н.А. Некоторые подходы к решению задачи о назначениях / Проблемы экономики и менеджмента, 2017. №1. – 71 с.

© Фальшунова Д.Е., 2023

П.А. ШЕРСТНЕВ

sherst.pavel@yandex.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доцент **Р.Р. КАРИМОВ**

Уфимский университет науки и технологий

ПОДСИСТЕМА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ С ВИРТУАЛЬНЫМ ОКРУЖЕНИЕМ VR ЛАБОРАТОРИИ ПО ХИМИИ

Аннотация: в статье описывается разработка внутриигрового взаимодействия для VR лаборатории по химии. Раскрываются методы взаимодействия обучающегося с внутриигровыми объектами и объектов друг с другом, описываются основные механики, позволяющие создать иммерсивный эффект при взаимодействии обучающегося с внутриигровым окружением.

Ключевые слова: VR, тренажер, химия, обучение, разработка ПО, внутриигровое взаимодействие, механики взаимодействия.

Настоящая работа представляет собой описание функциональной части приложения для программной системы под названием «ChemVision», позволяющей проводить практический цикл обучения химии с применением технологий виртуальной реальности.

Процесс создания внутриигрового взаимодействия предполагает:

- 1) Разработку объектно-ориентированной модели процесса;
- 2) Представление процесса обучения в виде формальной графовой модели.

Разработка объектно-ориентированной модели

Наиболее удобным для разработки приложений подобного типа является объектно-ориентированный подход (ООП). В ООП каждый объект можно представить в виде класса. В случае проекта VR тренажера для более корректного описания используется понятие абстракции как некоторого объекта, в рамках которого объединены несколько классов, которые достаточно плотно взаимодействуют между друг другом. Таких абстракций можно выделить 5:

1. Абстракция “Игрок” представляет собой цифрового двойника обучающегося. Реализуется в виде классов:

1.1. Класс “Контроллеры” осуществляет управление контроллерами и камерой игрока, считывает основные данные, выполняет базовые действия, включая обработку анимаций.

1.2. Класс “Взаимодействие” отвечает за обработку действий игрока, включая взаимодействие с: объектами (взятие, перемещение и т.п.), элементами интерфейса.

1.3. Класс “Перемещение” позволяет осуществлять передвижение игрока в виртуальном пространстве.

2. Абстракция “Пользовательский интерфейс” позволяет пользователю взаимодействовать с логикой приложения. Реализуется в виде классов:

2.1. Класс “Голографическое меню” позволяет реализовать отображение и взаимодействие с голографическим интерфейсом.

2.2. Класс “Меню физических объектов” позволяет реализовать взаимодействие пользователя с элементами управления устройства или физического объекта (кнопки, переключатели, тумблеры и т.п.).

3. Абстракция “Сценарий” определяет логику и последовательность событий в обучающей среде, представляет собой цифровое представление плана эксперимента. Реализуется в виде классов:

3.1. Класс “Следования сценарию” реализует методы, позволяющие реализовать графовую структуры плана эксперимента.

3.2. Класс “Оценка пользовательских действий”, позволяет оценить действия пользователя в процессе обучения, используя данные из интерфейса «Взаимодействия между классами» и в случае необходимости вывести уведомления об ошибках в пользовательский интерфейс.

4. Абстракция “Объект взаимодействия” представляет собой цифровую модель веществ и инструментов, используемых при проведении химического эксперимента (колба, пробирка с реактивами). Реализуется в виде классов:

4.1. Класс “Изменение состояния” управляет переключением состояний объекта, изменяет его состояния при взаимодействии с игроком (цвет, кипение, смешивание и т.п.).

4.2. Класс “Жидкость” позволяет реализовать реалистичную симуляцию жидкости (уровень жидкости, реакцию жидкости на наклон в пробирке).

5. Абстракция “Межобъектное взаимодействие” реализует взаимодействие между объектами. Реализуется в виде классов:

5.1. Класс “Сокеты объектов” реализует возможность объектов удерживать другие объекты для совместного выполнения операций (пример – держатель для пробирок для кипячения жидкости с помощью спиртовки).

5.2. Класс “Взаимодействие” определяет способы взаимодействия объектов при различных изменяющихся параметрах контроллеров и окружающей обстановки (переливание жидкостей, пересыпание сыпучих веществ и т.п.).

Диаграммы классов VR тренажера представлена на рисунке 1.

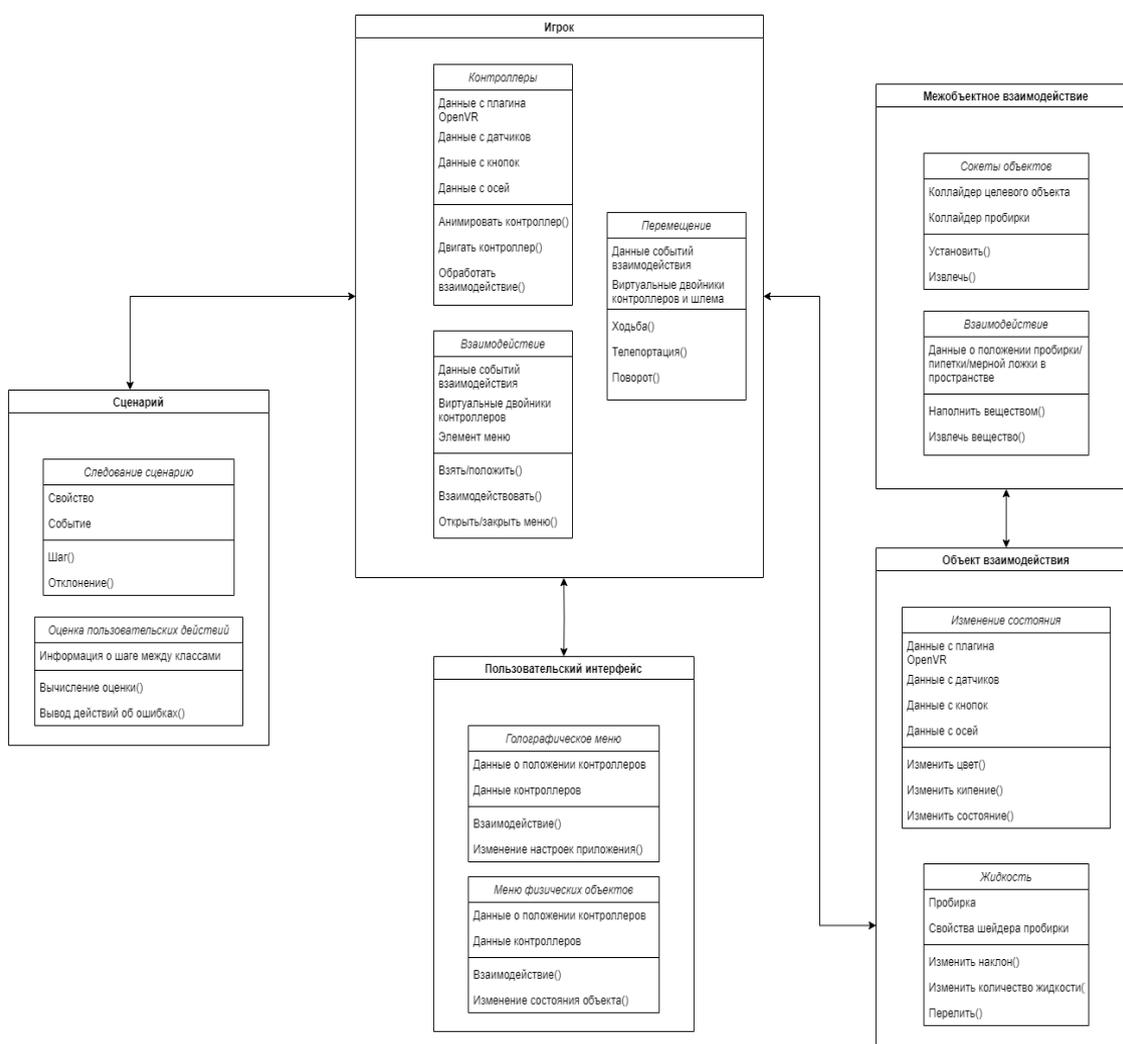


Рисунок 1 – Диаграмма классов

Представление процесса обучения в виде формальной графовой модели

Для создания виртуальной химической лаборатории необходимо формальное представление химического эксперимента.

Целесообразнее всего для этой цели не использовать моделирование каждого химического процесса, либо создание химического движка, позволяющего провести все реакции, а систематизировать основные методы взаимодействия обучающегося с оборудованием и оборудования с веществами.

Поэтому целевая методика моделирования процессов заключается в следующем:

1. Химические процессы могут быть представлены в виде графа взаимодействия.
2. Граф может быть задан как вручную, так и с помощью автоматизированной системы.
3. При любом варианте задания графа он должен быть проверен вручную либо в самом VR тренажере.

4. Моделирование химического эксперимента и его контроль осуществляются с помощью графа. В процессе моделирования учитываются взаимодействия между: обучающимся, объектами и окружением.

Для формального описания химического эксперимента рассмотрим пример, в ходе которого выполняется реакция нейтрализации серной кислоты H_2SO_4 , щелочью – $NaOH$.

В ходе эксперимента обучающийся должен взять пробирку, наполнить ее водой, затем залить в нее H_2SO_4 , далее провести реакцию нейтрализации добавив в неё $NaOH$ (Рисунок 3).

Процесс обучения подразумевает под собой прохождение обучаемого по целевому графу (последовательность операций обучения). В ходе прохождения могут возникать ошибки, которые рассматриваются как отклонения от графа, при этом пользователь для успешного решения задачи должен исправить ошибку и вернуться к целевому графу.

Обозначим множество вершин графа требуемого маршрута как $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$.

Каждая вершина (u^*) обозначает состояние хода эксперимента.

Обозначим множество ребер графа требуемого маршрута как $E = \{e_1, e_2, \dots, e_k\}$.

Ребра обозначают взаимодействия обучаемого с элементами химической лаборатории.

Множество ребер графа фактического маршрута обозначим как $F_m = \{f_1, f_2, \dots, f_m\}$.

Рассмотрим выполнение эксперимента с помощью графа на примере реакции нейтрализации. Необходимые реактивы и оборудование для проведения эксперимента: $H_2SO_4(к)$, $NaOH$, пробирка.

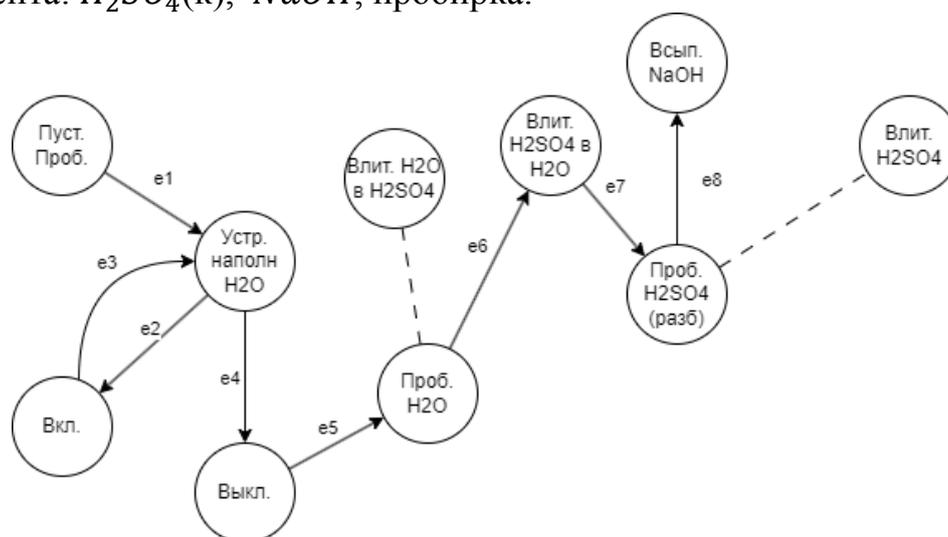


Рисунок 2 – Граф требуемого маршрута

Граф требуемого маршрута является целевым при выполнении задания. При оценивании действий обучаемого граф фактического маршрута сравнивается с этим графом, и на основе отклонения будет дана оценка.

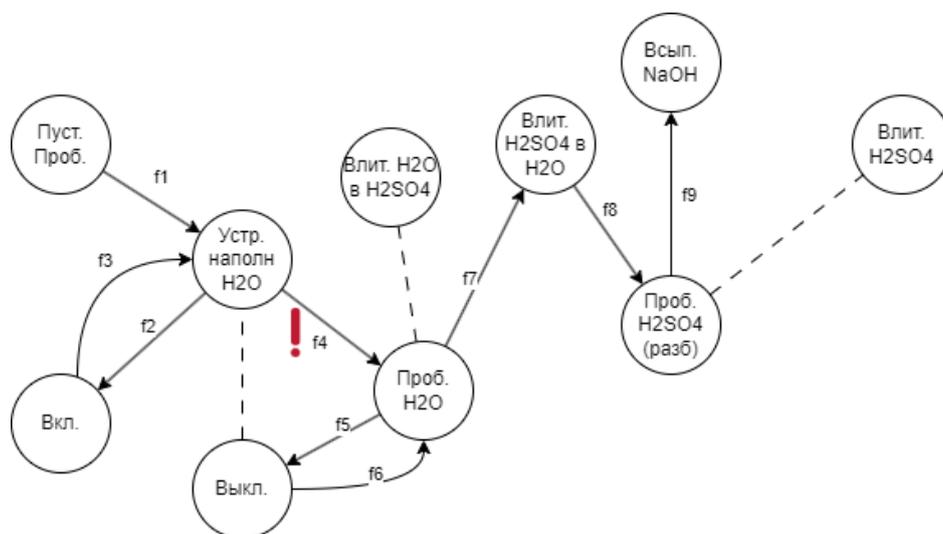


Рисунок 3 – Граф фактического маршрута

Граф фактического маршрута представляет собой действия пользователя в рамках выполняемого задания. В режиме обучения при отклонении от требуемого маршрута должна появляться подсказка для пользователя, позволяющая вернуть его на требуемый маршрут прохождения задания. Также подсказка объясняет ошибку пользователя.

Заключение

Предлагаемая методика разработки VR тренажера позволяет реализовать интерактивное взаимодействие обучающегося с виртуальным пространством с учетом требований к организации учебного и вычислительного процесса.

Представление процесса обучения в виде формальной графовой модели позволяет реализовать конструктор уровней, в рамках которого инструктору предоставляется возможность создавать собственные уровни для экспериментов в практическом цикле обучения химии.

Библиографический список

1. Мавлютовские чтения: материалы XVI всероссийской молодежной научной конференции. – Уфа: УГАТУ, 2022. – Т.5. – С. 1024-1033.
2. Мавлютовские чтения: материалы XVI всероссийской молодежной научной конференции. – Уфа: УГАТУ, 2022. – Т.5. – С. 1057-1061.
3. Мавлютовские чтения: материалы XVI всероссийской молодежной научной конференции. – Уфа: УГАТУ, 2022. – Т.5. – С. 1066-1071.
4. Documentation - Unigine Developer: [сайт]. – URL: <https://developer.unigine.com/en/docs/latest/> (дата обращения: 20.10.2023)
5. Проектирование комплекса управления авиационно-космическими объектами на основе технологий смешанной реальности / Каримов Р.Р., Кузьмина Е.А., Арсланов Т.Р., Макаев Р.А. // Свободный полет-2018: сборник трудов всероссийской конференции. – Уфа-Жуковский, 2018. – С.73-75.

П.А. ШЕРСТНЕВ, Д.С. СЕРГЕЕВ, М.Р. ИБАТУЛЛИН

sherst.pavel@yandex.ru, sergeevdns@gmail.com, ibatullin.m@gmail.com

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доцент **Р.Р. КАРИМОВ**

Уфимский университет науки и технологий

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ПРАКТИЧЕСКОГО ЦИКЛА ОБУЧЕНИЯ ХИМИИ

Аннотация: в статье описывается разработка VR тренажера ChemVision по химии, приводятся преимущества использования технологий виртуальной реальности в обучении химии. Также раскрываются основные принципы работы программной системы и его взаимодействия с обучаемым и инструктором.

Ключевые слова: VR, тренажер, химия, обучение, разработка ПО, взаимодействие с пользователями.

Настоящая работа представляет собой описание разработки программной системы под названием «ChemVision», позволяющего обучать клиентов целевой аудитории.

В контексте рынка образовательных технологий в сфере VR, проводится анализ конкурентов с целью определить основные характеристики, преимущества и недостатки их продуктов.

При исследовании рынка VR приложений были выделены 3 основных конкурента: Labster, VR Chemistry Lab, Varwin. Данные продукты рассматриваются в качестве конкурентов, поскольку распространяются среди схожей целевой аудитории: школ, университетов и предприятий. Сравнительные данные представлены на Рисунок 5.

Внедрение VR-технологий в области химии расширяет возможности обучения. Приведем ряд факторов, которые позволяют говорить о пользе применения технологий виртуальной реальности:

- возможность применять наиболее продвинутое оборудование;
- снижение рисков для жизни и здоровья;
- снижение временных затрат на лабораторные работы;
- снижение временных затрат инструкторов;
- увеличение доступность образования в области химии;
- стимулирование интерес и мотивацию обучающихся.

Под понятием «программной системы» в данной работе подразумевается продукт, состоящий из VR-приложения, доступного с персонального компьютера, соответствующего определенным техническим требованиям, и веб-тьютора, доступного с различных устройств через браузер.

	ChemVision	Labster	VR Chemistry Lab	Varwin
Русский язык	✔	✘	✔	✔
Работа с мышкой и клавиатурой	✔	✔	✘	✘
Методические материалы	✔	✔	✔	✘
Конструктор уровней	✔	✘	✘	✔
Обучение по работе с программой	✔	✔	✘	✔
Дашброды и Оценка	✔	✔	✘	✘
Выгрузка результатов в LMS	✔	✔	✘	✘
Количество контента	Песочница для экспериментов	300 экспериментов	30 практических занятий	По запросу
Стоимость на класс	150 тыс. ₺	160 тыс. ₺	405 тыс. ₺	467 тыс. ₺

Рисунок 1 – Сводная таблица анализа конкурентов

Целевой аудиторией программной системы являются школы и вузы. Пользователи, непосредственно контактирующие с продуктом в организациях целевой аудитории в качестве инструкторов - учителя или преподаватели.

Инструктор – человек, который взаимодействует с веб-тьютором с целью обучения химии (клиентов целевой аудитории). Для взаимодействия с веб-тьютором инструктору требуется с любого устройства, на котором присутствует браузер и доступ в интернет войти на сайт, авторизоваться и начать работу. Основные действия, которые совершает инструктор в ходе рабочего процесса:

- формирование заданий для обучающихся с помощью конструктора, результатом работы которого является целевой граф задания;
- создание групп обучающихся, и выдача им заданий.

Клиенты проходят обучение или переобучение в организациях целевой аудитории. Пользователи, непосредственно контактирующие с продуктом в качестве обучающихся – студенты, школьники, слушатели на программах профессиональной переподготовки.

Обучающийся – пользователь, который воздействует с приложением для персонального компьютера с целью получения или закрепления практических навыков. Для взаимодействия с VR-тренажёром обучающемуся требуется персональный компьютер с установленным приложением VR-тренажера, а также очки виртуальной реальности с контроллерами. В ходе работы с приложением обучающийся формирует базовые навыки работы в химической лаборатории.

Целью данной работы является повышение эффективности обучения химии на основе информационного обеспечения виртуального тренажера для практического цикла обучения. Сам процесс обучения (взаимодействия с программной системой) приведен на Рисунок 2.

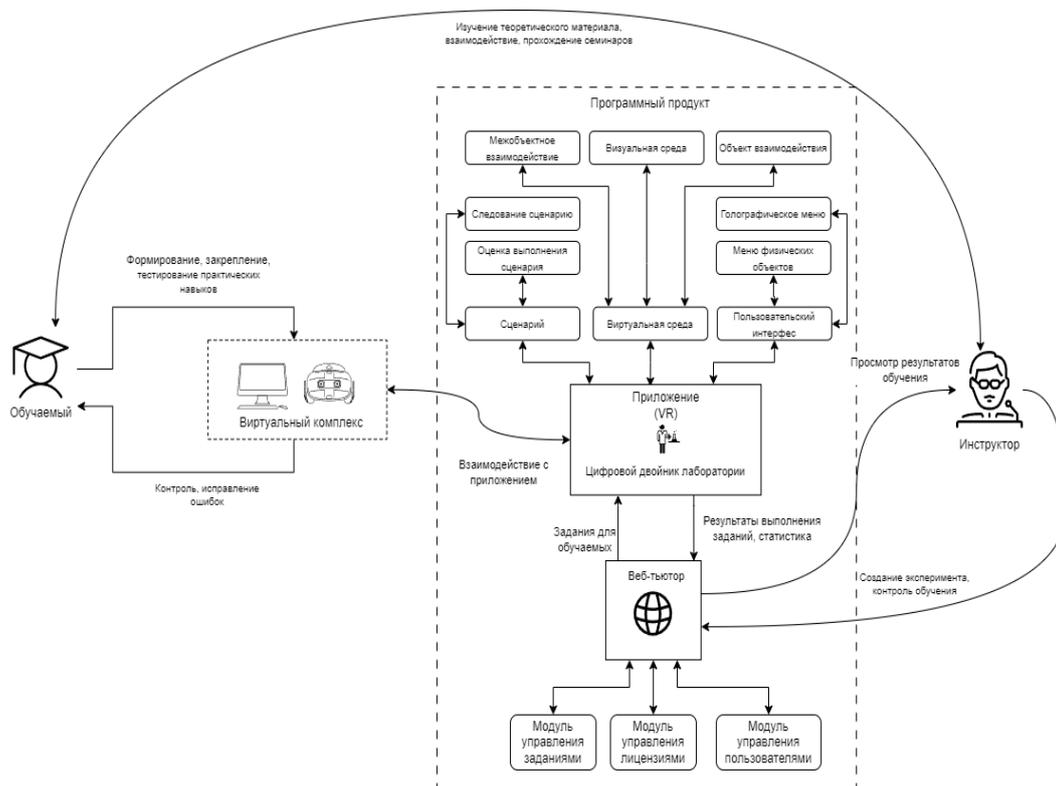


Рисунок 2 – Мнемосхема процесса обучения

На данной мнемосхеме процесс обучения разделен на две части:

1. Верхняя часть схемы – изучения теоретического материала, прохождение семинаров, взаимодействие обучаемого и инструктора.

2. Нижняя часть схемы – освоение практического материала посредством лабораторного практикума с применением технологий виртуальной реальности.

Обучаемый взаимодействует с виртуальным комплексом, состоящим из компьютера с установленным VR-приложением и гарнитуры виртуальной реальности.

Инструктор взаимодействует с веб-тьютором через браузер на любом устройстве, где имеется браузер.

Приложения позволяют инструктору и обучаемому выполнять следующие функции:

- Веб-тьютор – приложение, позволяющее инструктору формировать, редактировать, удалять и назначать задания, управлять группами пользователей, просматривать данные процесса обучения;

- VR тренажер – приложение, разрабатываемое на основе российского игрового движка Unigine, входящего в реестр Российского ПО, позволяющее пользователю выполнять задания (при этом формируя навыки работы с химическими реактивами и оборудованием) и просматривать результаты их выполнения. Разработка на основе движка Unigine позволяет не зависеть от импортных игровых движков, а также способствует импортозамещению.

VR-тренажер представляет собой средство обучения химии с использованием технологии виртуальной реальности. Оно предоставляет

пользователям возможность погрузиться в интерактивное виртуальное окружение, где они могут выполнять химические эксперименты.

В целом, систему взаимодействия с различными группами пользователей можно представить в виде DFD-диаграммы (Рис. 3).

В рамках программной системы помимо инструктора и обучаемого могут существовать такие пользователи как:

1. Служба поддержки – осуществляет поддержку организации-заказчика.
2. Администратор – администратор организации-заказчика, отвечающий за учетные записи инструкторов данной организации.

Данные приложений хранятся в следующих базах данных:

1. БД пользователей – отвечает за хранение данных инструкторов, групп обучающихся, обучающихся;
2. БД успеваемости – отвечает за хранение данных об успеваемости обучаемых, хранение статистики использования VR-приложения (во время процесса обучения).

Декомпозиция блока «VR Хим. Лаборатория» нулевого уровня DFD-диаграммы представлена на Рис. 4. На ней описаны взаимодействия групп пользователей с различными частями программного продукта.

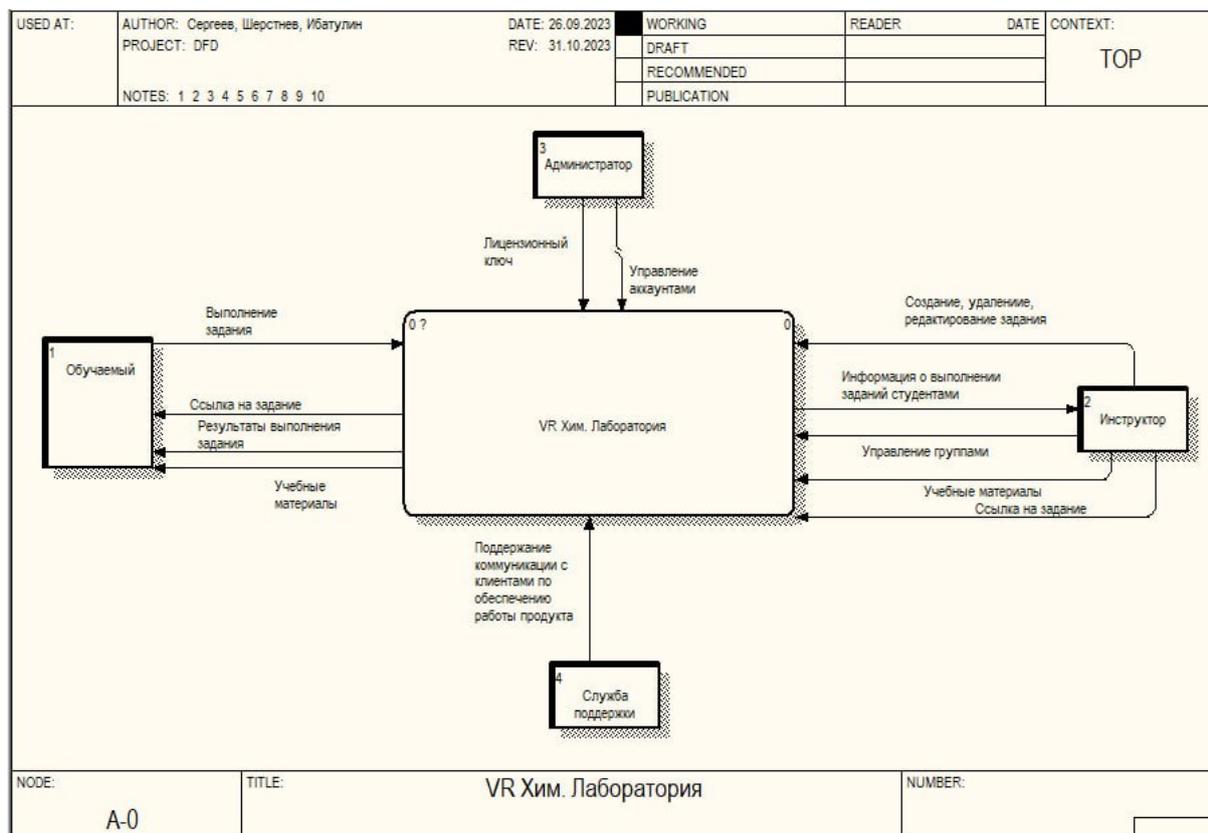


Рисунок 3 – DFD модель (0 уровень), «Обучение в виртуальной химической лаборатории»

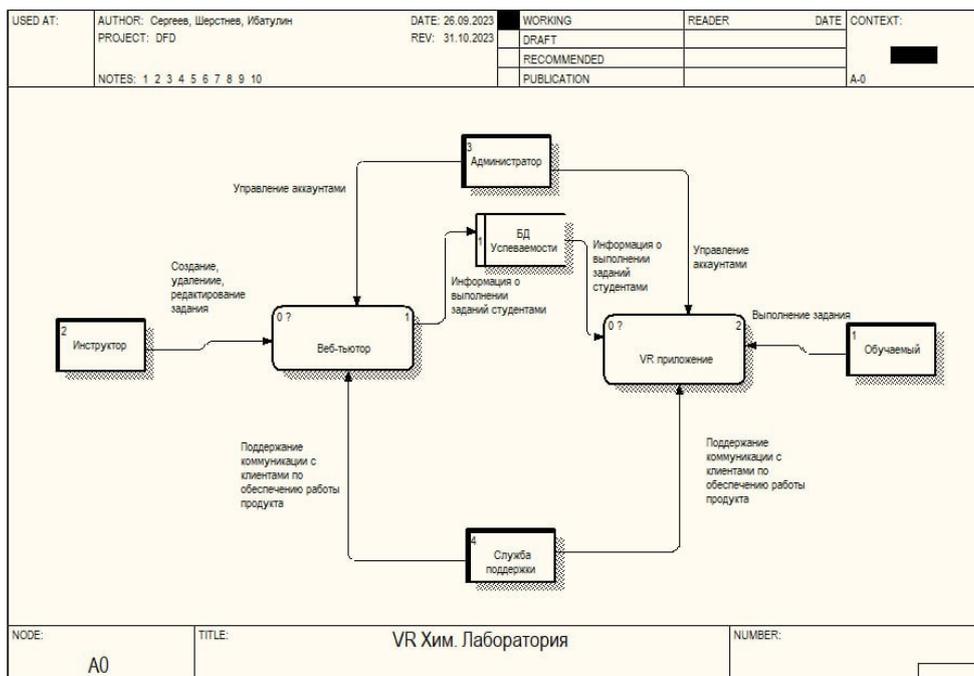


Рисунок 4 – DFD модель (1 уровень, декомпозиция блока «VR Хим. Лаборатория»), «Обучение в виртуальной химической лаборатории»

Программная система, представленная в статье, позволяет увеличить эффективность процесса обучения, а также упростить его с точки зрения взаимодействия для инструктора и обучаемого.

Рассматривая более глобально, можно сказать, что программная система решает проблемы целевой аудитории – школ и вузов, сокращая стоимость и время обучения.

На данный момент в рамках VR-приложения реализован модуль виртуальной среды, ведутся работы над модулями сценария и пользовательского интерфейса. Также начаты работы по разработке Веб-тьютора: сформированы основные концепции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложена разработка программной системы ChemVision, предназначенной для обучения химии студентов младших курсов вузов, колледжей, а также учеников школ. PC ChemVision представляет собой VR Химическую лабораторию и включает в себя подсистемы VR-тренажер и веб-тьютор. По сравнению с существующими аналогами, программная система позволяет не ограничиваться базой готовых знаний, а формировать собственные, обладает поддержкой русского языка, позволяет дать оценку работе обучаемого. Также разрабатываемая программная система дешевле аналогов при внедрении.

Библиографический список

1. Мавлютовские чтения: материалы XVI всероссийской молодежной научной конференции. – Уфа: УГАТУ, 2022. – Т.5. – С. 1024-1033.
2. Мавлютовские чтения: материалы XVI всероссийской молодежной научной конференции. – Уфа: УГАТУ, 2022. – Т.5. – С. 1057-1061.

3. Мавлютовские чтения: материалы XVI всероссийской молодежной научной конференции. – Уфа: УГАТУ, 2022. – Т.5. – С. 1066-1071.

4. Documentation - Unigine Developer: [сайт]. – URL: <https://developer.unigine.com/en/docs/latest/> (дата обращения: 20.10.2023)

5. Проектирование комплекса управления авиационно-космическими объектами на основе технологий смешанной реальности / Каримов Р.Р., Кузьмина Е.А., Арсланов Т.Р., Макаев Р.А. // Свободный полет-2018: сборник трудов всероссийской конференции. – Уфа-Жуковский, 2018. – С.73-75.

© Шерстнев П. А., Сергеев Д. С., Ибатуллин М. Р., 2023

УДК 004.946

Д.В. ШЛЁНКИН, В.А. ГЛУЩЕНКО, Ш.М. МИНАСОВ

kot.dima2011@yandex.ru, val_g_2001@bk.ru, minasov@ufanet.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доцент **Ш.М. МИНАСОВ**

Уфимский университет науки и технологий

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНТЕРФЕЙСА СИСТЕМЫ ПЛАНИРОВАНИЯ РАСПИСАНИЯ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Аннотация: рассматривается прототип интерфейса для составления расписаний в крупных учебных заведениях.

Ключевые слова: составление расписания, интерфейс, цифровизация, расписание занятий, системы поддержки принятия решений, сложные организационно-технические системы.

Введение

Проблема организации эффективного интерфейса при решении задачи составления расписания учебных занятий вуза в настоящее время объясняется появлением на рынке периферийного оборудования новых программно-технических средств, позволяющих существенно повысить оперативность ввода и корректировки информации, что особенно актуально для вузов со значительным контингентом студентов и широким спектром направлений подготовки, для осуществления обучения по которым в условиях современного законодательства требуется значительное количество специалистов из разных сфер деятельности, привлекаемых на условиях работы по совместительству.

Согласно требованиям ФГОС, объем нагрузки, выполняемый вышеупомянутым контингентом преподавателей в рамках подготовки бакалавров должен составлять не менее 10% нагрузки по каждому учебному плану, что, с учетом занятости таких преподавателей по основному месту работы, не редко становится головной болью.

Применяемые в настоящее время системы управления расписанием в части интерфейса оставляют желать лучшего как в рамках ввода исходных данных, так и в части эффективного управления изменениями.

В частности, при составлении расписания встречаются следующие коллизии:

- занятие преподавателю ставится в то время, когда он не может работать в вузе (для внешних преподавателей);
- преподавателю ставятся разные занятия в одно и то же время;
- идущие друг за другом занятия ставятся преподавателю в удаленных друг от друга локациях;
- из-за наличия праздничных дней или других причин, количество проставленных в расписание занятий не соответствует учебному плану;
- занятия в расписании ставятся в неподходящей аудитории;
- и т.д.

Отсутствие эффективного интерфейса для составления и контроля в режиме реального времени корректности расписания расписаний в вузах, приводит к тому, что в течение первых двух месяцев ни студенты, ни преподаватели не могут планировать свою работу, из-за отсутствия корректного расписания и его постоянной переработке во время осуществляемого учебного процесса.

На основании вышесказанного и многолетнего опыта работы, показывающего отсутствие каких-либо улучшений в части предоставления доступа к достоверному расписанию вуза к началу осуществления учебного процесса, можно утверждать, что затронутая тема является не только актуальной, но и жизненно необходимой, в том для решения вузовских задач, не связанных с преподаванием, но с их привлечением для научной и других видов деятельности, которыми преподаватель должен заниматься за пределами времени учебного процесса.

Обзор существующих технологий решения задачи

Текущие программные средства для составления расписания не удовлетворяют потребностям крупного и сложно-организуемого высшего учебного заведения. Сотрудники бюро расписаний делают свою работу не так эффективно, потому что интерфейс для составления расписания не достаточно удобен:

Интерфейс не предоставляет достаточного набора инструментов и функций для удобного и быстрого составления расписания.

Текущий интерфейс может быть запутанным, сложным в использовании и неудобным для навигации: непонятная структура, неинтуитивное размещение элементов управления и нечеткая визуализация данных могут затруднить работу

сотрудников и привести к ошибкам или неоптимальному использованию времени.

Для повышения эффективности работы сотрудников бюро расписаний решения по оптимизации интерфейса формируются по следующим направлениям.

1. Повышение эффективности за счет существенного сокращения количества допустимых вариантов перестановок путем учета связей, которые на протяжении последних лет явно прописываются в ученых планах и рабочих программах и неявно присутствуют в базах данных, заполненных ранее. Так, сотрудник бюро расписаний не должен запоминать то, что система сама может подсказать.

2. Сокращение в количестве позиций выпадающих списков за счет фильтрации заведомо неподходящих вариантов, исключающих возможность ошибочно назначить преподавателя для проведения занятий по неизвестной ему дисциплине в совершенно не подходящей для этих целей аудитории.

3. Применение продуманных интерфейсов и новых цифровых инструментов взаимодействия с информационными системами для оперативного ввода информации существенно повышает скорость ввода. Так, например, прокрутка больших списков пальцем по экрану позволяет в разы повысить скорость реакции системы по сравнению с «мышью возней». Еще эффективней тыкать пальцами в буквы на сенсорном экране, а не клавиатуре, когда фильтрация предоставляет набор не из 33 возможных букв алфавита, а только буквы, которые существуют на нужной позиции в списке слов доступных вариантов продолжения.

4. Оперативный контроль. По определенным направлениям подготовки заказчиками из числа стратегических партнеров университета предъявляются дополнительные требования к организации учебного процесса и преподавателям, которые должны учитываться при распределении нагрузки. При использовании ПО с открытым исходным кодом не всегда требуется вмешательство в бизнес-логику самого приложения, но всегда возможно добавить асинхронно работающий модуль, который своевременно оповестит о коллизиях, которые требуют устранения.

5. Асинхронное взаимодействие. Контроль корректности расписания занятий обычно выносится на последнюю стадию его формирования. В свою очередь вовремя полученное сообщение о некорректном значении критериев, в том числе, доли преподавателей со степенями кандидатов и докторов наук или преподавателей из числа работающих в реальном секторе экономики, прописанных в ФГОС, позволит принять решение об изменении распределения нагрузки, до того, как придется менять готовое расписание.

6. Превентивный контроль. Например, отсутствие окон в расписании студенческих групп в классике не может служить ограничением при вводе

расписания, иначе его никогда не составить, но при своевременном информировании сотрудника о такой коллизии, последняя может быть устранена сразу, а не когда расписание будет готово в целом и устранение коллизий потребует существенного пересмотра всего расписания с самого его начала.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложены новые подходы к организации эффективного интерфейса для систем автоматизированного составления расписания занятий вуза.

Рассмотрены способы повышения эффективности процесса ввода как на основе анализа и обработки информации из учебных планов и рабочих программ дисциплин, сведений, содержащихся в базах данных расписания прошлых периодов, дополнительных квалификационных требований к ППС, так и на базе применения современных инструментов на примере сенсорных экранов.

Обосновано, что применение механизмов контроля корректности выбора преподавателя или аудитории позволит исключить или как минимум сократить затраты времени на корректировку расписания в более поздние сроки, когда сетка уже будет заполнена.

Показано, что применение (несмотря на то, что оценка корректности расписания в части соблюдения его отдельных критериев возможна только для полностью внесенного расписания) интерактивного асинхронного оценивания критериев корректности позволит с более высокой вероятностью получить вариант расписания без необходимости его последующей коррекции.

Библиографический список

1. Минасов Ш.М. Модели и алгоритмы управления распределением учебной нагрузки при планировании расписания занятий в вузе // Инновационные технологии в образовании: материалы Всероссийской научно-практической конференции. 2015. С. 162–176.

2. Минасов Ш.М. Обработка больших массивов данных в веб-приложениях // 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. 49-56.

3. Скотт Б., Нейл Т. Проектирование веб-интерфейсов. – Пер. с англ. – СПб.: Символ-Плюс, 2010. – 352 с., ил.

4. Интеграция задач управления учебным процессом вуза // Клеванский Н.Н., Глазков В.П., Сапаров Е.К., Воронкова И.В. Современные наукоемкие технологии. 2020. № 8. С. 44-50.

© Шлёнкин Д.В., Глущенко В.А., Минасов Ш.М., 2023

А.В. ШУНДЕЕВ, В.А. ГЛУЩЕНКО, Д.В. ШЛЁНКИН, Д.П. САБЛИН
val_g_2001@bk.ru, artem_shundeev@mail.ru, kot.dima2011@yandex.ru
Науч. руковод. – канд. техн.наук, доцент **А.С. КОВТУНЕНКО**

Уфимский университет науки и технологий

ГЕЙМИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА ОБУЧЕНИЯ, ФОКУСИРУЮЩЕГОСЯ НА ИЗУЧЕНИИ ТЕМЫ ТОПОГРАФИЧЕСКИЕ КАРТЫ

Аннотация: рассматривается прототип программного обеспечения предназначенного для увеличения заинтересованности учащегося темой “Топографические карты и топографический план”. Данное решение предоставляет удобство и геймификацию образовательного процесса для лучшего усвоения материала обучающимися.

Ключевые слова: JavaScript; Html; CSS; React; PHP; Laravel; PostgreSQL; Unity; C#; репозиторий.

ПРОБЛЕМАТИКА

В последних исследованиях [1], [2] мы видим тенденцию в системе современного образования в России, в котором зачастую выявляются о недостаточной сформированности компетенций у обучающихся. При более детальном анализе предметных областей было выявлено, что существует тенденция к сложностям преподавания дисциплин по географии [3], [4].

Мы выдвинули гипотезу, что интерес учащихся падает к данной дисциплине, как было выявлено на основе исследований ведущих педагогов и географов в статьях [9], [10]. В качестве плохо усваиваемой темы зачастую говорят о “Топографические карты и топографический план”.

На основе вышеописанного и согласно таксономии Блума, мы выдвинули гипотезу о том, что учащиеся не усваивают большинство уровней, и именно это является причиной недостаточного качества усвоения материала. При более детальном обзоре также было выявлено, что в современных школах малое количество часов выделяемое для изучения подача не формируют желания учеников для усвоения дисциплины. Также стоит отметить, что интерактивное обучение, как показывают последние исследования [6], положительно влияет на усвоение учебного материала на всех стадиях обучения школьников.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ

Описанная выше проблематика ставит задачу упрощения усвоения учебного материала школьниками и его закрепления. Низкая мотивация обучающихся, также демонстрирует, что текущее решение не удовлетворяет как потребностям учащихся, так и потребностям общества.

Основываясь на последних исследованиях в данной отрасли мы можем выявить, что сейчас ведущую роль в потребностях играет именно умение взаимодействия с топографическими картами.

В нашей работе мы рассматриваем продукт основанной на концепции “Outcome based” таким образом, что позволяет формировать знания при малом количестве часов.

Данный аспект делает важную попытку исследования разработки решения для геймификации образовательного процесса с сохранением интереса участников системы, и улучшающих опыт взаимодействия с образовательными ресурсами.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В соответствии с вышеописанными пунктами мы проанализировали слабые и сильные стороны текущего процесса обучения и по выявленным недостаткам и наблюдая в последнее время активный интерес к системам нового поколения для образования, мы согласно предложенной стратегией, разработанная социологом Уильямом Спейди, решили реализовать продукт основываясь на данной методологии, которую активно применяли в различных странах для улучшения качества усвоения материала [8].

В рамках данной работы сформулированы следующие задачи:

1. Проектирование Базы Данных, создание устойчивой и гибкой архитектуры
2. Реализация REST API сервиса для эффективного взаимодействия с базой данных
3. Организация структуры проекта веб-сайта на React
4. Бизнес-логика в веб-приложении
5. Разработка дизайн игровой среды для проекта в Unity
6. Сборка проекта Unity через WebGL и интеграция с веб-сайтом

На основе описанной выше методологии, мы проектируем разработку инструмента с элементами геймификации, для завершеного 4-стадийного усвоения материала процесса по изучению наиболее сложных по мнению учеников темы “Топографические карты и топографический план” для учеников 7-9 классы.

ПРЕДЛОЖЕННОЕ РЕШЕНИЕ

Создать платформу с тщательно разработанной бизнес-логикой и двумя игровыми приложениями, которая может быть легко интегрирована в уже существующие системы дистанционного обучения.

Сценарий первой игры

Пользователь имеет доступ к топографической карте, которая содержит информацию о требуемом рельефе. На основе информации, указанной в описании, пользователь должен определить местоположения объектов на карте и переместить элементы из боковой панели (постройки, деревья, транспортные средства) в соответствующие позиции на карте.

Сценарий второй игры

Обучающийся начинает игру в качестве начинающего картографа, перед которым стоит задача создать точную топографическую карту текущей местности.

Мир игры представляет собой открытый трехмерный виртуальный аналог нашей Земной поверхности, где игрок может свободно перемещаться, исследовать различные локации и рисовать их на топографических картах.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ, СОЗДАНИЕ УСТОЙЧИВОЙ И ГИБКОЙ АРХИТЕКТУРЫ

Для backend-составляющей продукта был использован php фреймворк laravel, данные хранились в postgresSQL и в файловой системе компьютера.

Первым решением была идея следующих правил:

1. На сайте можно создавать уроки: страница с текстом, в который можно вставить картинку, файл и т.д. для наглядности
2. Все уроки группируются по своим предметам по типу: география 8 класс, физика 9 класс и т.д.
3. Учитель может создавать предметы и уроки
4. Ученики сгруппированы по своим классам
5. Администратор может привязать класс к предмету
6. Учитель может открывать доступ к уроку для каждого класса отдельно
7. Каждый ученик может просматривать доступные уроки и выполняя домашнее задание прикреплять его к конкретному уроку
8. Учитель может смотреть домашние задания своих учеников и выставлять оценки

Для этих правил была спроектирована следующая архитектура база данных (отображены только основные сущности и поля для визуализации связей между сущностями).

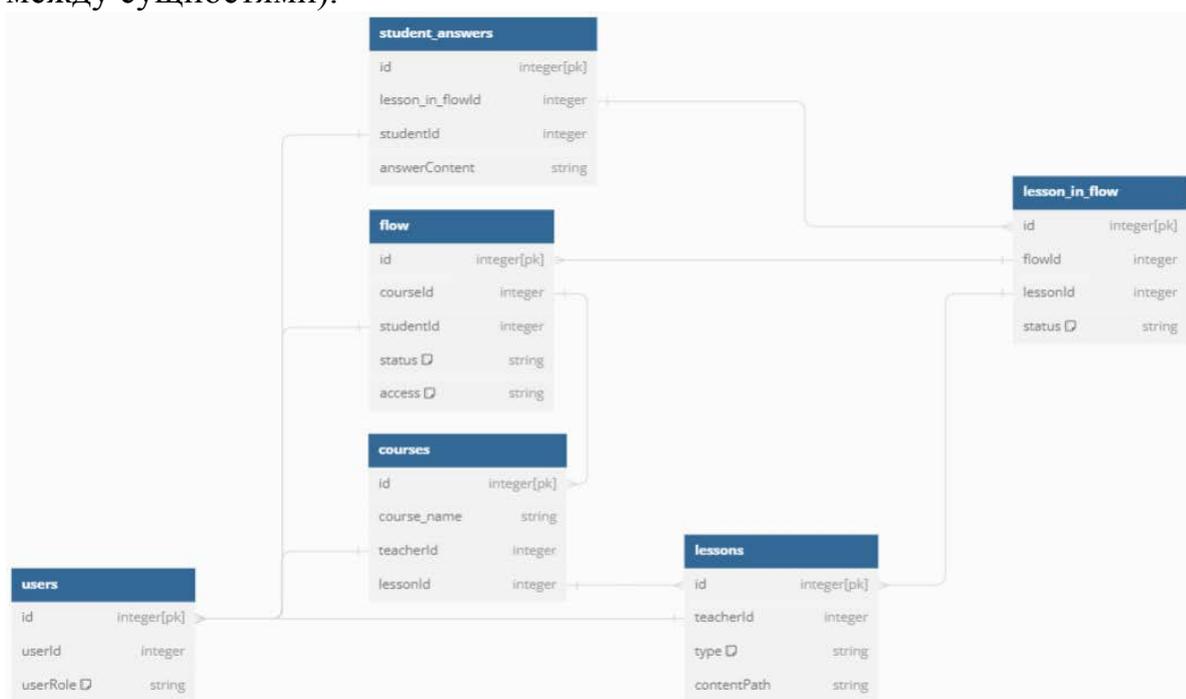


Рис. 1. Первоначальный вид базы данных

В дальнейшем в рамках хакатона была реализована упрощённая структура базы данных со следующими правилами:

1. Один урок - одно задание на размещение различных предметов на карту
2. Каждый учитель может создать множество уроков
3. Ученики сгруппированы по своим классам
4. Каждый ученик может просматривать доступные уроки и выполнять домашнее задание

Итоговая структура базы данных:

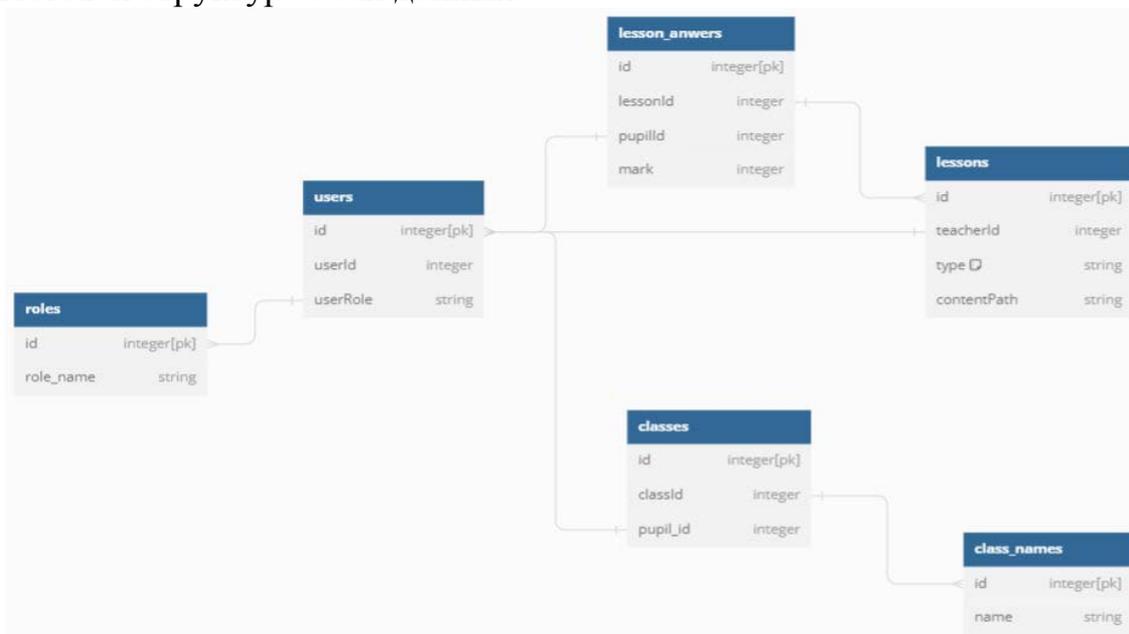


Рис. 2. Конечный вид базы данных

РЕАЛИЗАЦИЯ REST API СЕРВИСА ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С БАЗОЙ ДАННЫХ

Клиент общался с сервером при помощи REST API запросов.

Логика обработки запросов была написана на php фреймворке laravel.

Для безопасного общения клиента и сервера был внедрён JWT-токен (JSON Web Token), который шифрует передаваемые данные.

Для ограничения возможностей ролей для всех маршрутов был реализован посредник(middleware): `userRole`, который по id авторизованного пользователя определяет его роль в системе и блокирует выполнение основного запроса, если роль не соответствует требуемой.

ОРГАНИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ ПРОЕКТА ВЕБ-САЙТА НА REACT

Организация структуры проекта веб-сайта на React – это крайне важный этап разработки, определяющий понятность, эффективность и масштабируемость приложения. Для достижения оптимальной структуры разработчики выделяют компоненты и страницы в отдельные модули. Страницы, представляющие собой отдельные разделы веб-сайта, также имеют свои собственные компоненты, управляющие бизнес-логикой и взаимодействием с API.

Данное разделение обеспечивает ясность и удобство в разработке, позволяя каждому компоненту и странице быть независимыми и легко заменяемыми, что упрощает сопровождение проекта и повышает его гибкость.

Ниже представлена структура веб-сайта по геймификации образовательного процесса.

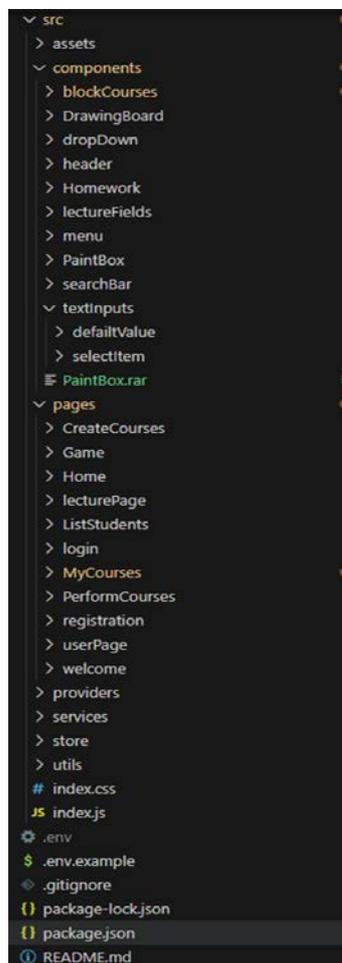


Рис. 3. Структура веб-сайта

БИЗНЕС-ЛОГИКА В ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИИ

При авторизации система проводит выделение пользователей на две основные категории: студенты и преподаватели.

Студенты, пройдя этап аутентификации, переходят на главную страницу, где предложены структурированные и образовательно насыщенные задания в соответствии со сценарием № 1. Эти задания представляют собой систематизированный подход к обучению, включая в себя задачи, стимулирующие креативное и аналитическое мышление студентов.

Преподавателям доступна уникальная функциональность, включающая переход на страницу администрирования заданий. На данной странице преподаватели имеют возможность создавать, редактировать и удалять задания, каждое из которых автоматически ассоциируется с определенным преподавателем-инициатором. Этот механизм обеспечивает строгий контроль и

структурирование обучающего процесса в рамках курса, что способствует повышению качества образования.

Кроме того, преподаватели могут управлять классами и учениками, что позволяет им активно взаимодействовать с аудиторией и оказывать индивидуальное воздействие на процесс обучения.

Каждому пользователю доступна уникальная Unity-игра, представляющая второй сценарий, который обогащает образовательный опыт и стимулирует активное участие.

РАЗРАБОТКА ДИЗАЙН ИГРОВОЙ СРЕДЫ ДЛЯ ПРОЕКТА В UNITY

Создание игрового уровня Terrain в Unity — это процесс разработки трехмерного местности ландшафта для игровых проектов с использованием Unity, одного из самых популярных движков.

Основная цель игрового уровня Terrain - создание реалистичного и привлекательного игрового мира. Для этого используется инструмент Terrain в Unity, который предоставляет широкие возможности для моделирования и текстурирования местности.

Первым шагом при создании игрового уровня Terrain является создание самого Terrain объекта в сцене Unity. Для этого можно использовать мастер создания Terrain, который позволяет настроить основные параметры уровня, такие как его размеры, детализация, разрешение текст т.д.

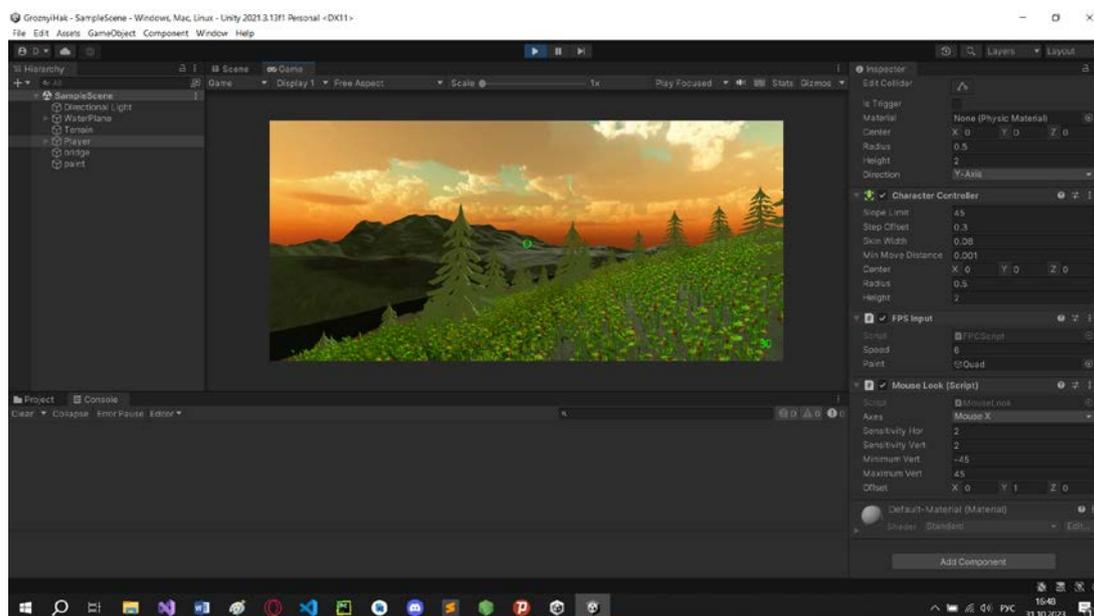


Рис. 4. Сцена игры

СБОРКА ПРОЕКТА UNITY ЧЕРЕЗ WEBGL И ИНТЕГРАЦИЯ С ВЕБ-САЙТОМ

Для многих разработчиков игровых проектов на Unity, возможность распространения и запуска своей игры в веб-браузере является важной задачей. С помощью WebGL, можно сделать проект в формате, который может быть

запущен непосредственно в браузере без необходимости установки дополнительного программного обеспечения.

Одним из популярных способов интеграции игрового проекта на Unity с веб-сайтом на React является использование WebGL. WebGL является спецификацией API для 3D-графики в веб-браузерах, которая позволяет работать с аппаратным ускорением граф прямо в браузере.

Для начала процесса сборки проекта Unity через WebGL, вам потребуется установить модуль для WebGL в вашей среде разработки Unity. Вы можете найти далее "Build Settings" вашего проекта. В этом модуле вы сможете настроить различные параметр, такие как разрешение экрана, качество графики и другие.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Поставленные в работе задачи выполнены. Разработан инструмент с элементами геймификации. Результаты работы могут быть использованы в образовательном процессе школьников.

Библиографический список

1. Koutsopoulos, K.C., (2019). The problems of learning geography: overview of foreign studies. ResearchGate. (Дата обращения 07.10.23) URL: https://www.researchgate.net/publication/332102386_The_problems_of_learning_geography_overview_of_foreign_studies
2. Kuznetsov, A., & Ivanova, A. (2015). Education in Russia: Current State, Problems and Prospects. ResearchGate. (Дата обращения 09.10.23) URL: https://www.researchgate.net/publication/273865713_Education_in_Russia_Current_State_Problems_and_Prospects
3. Sidorov, P., & Petrov, V. (2019). Actual Problems of Education and Science in Russia. ResearchGate. (Дата обращения 10.10.23) URL: https://www.researchgate.net/publication/336309726_Actual_Problems_of_Education_and_Science_in_Russia
4. Balsamo, G., & Tani, S. (2014). Problem-based Learning in Geography: Towards a Critical Assessment of its Purposes, Benefits and Risks. ResearchGate. (Дата обращения 11.10.23) URL: https://www.researchgate.net/publication/263234619_Problem-based_Learning_in_Geography_Towards_a_Critical_Assessment_of_its_Purposes_Benefits_and_Risks
5. Korucu, A.T., & Alkan, A. (2019). Identifying the Factors Affecting Science and Mathematics Achievement Using Data Mining Methods. SpringerOpen. (Дата обращения 14.10.23) URL: <https://slejournal.springeropen.com/articles/10.1186/s40561-019-0098-x>
6. Nurhayati, D., & Hartono, R. (2019). The Effect of Interactive Learning Media on Students' Science Learning Outcomes. ResearchGate. (Дата обращения 16.10.23) URL: https://www.researchgate.net/publication/333528823_The_Effect_of_Interactive_Learning_Media_on_Students'_Science_Learning_Outcomes
7. <https://slejournal.springeropen.com/articles/10.1186/s40561-019-0098-x>
8. https://www.researchgate.net/publication/333528823_The_Effect_of_Interactive_Learning_Media_on_Students'_Science_Learning_Outcomes
9. https://www.researchgate.net/publication/333528823_The_Effect_of_Interactive_Learning_Media_on_Students'_Science_Learning_Outcomes

10. 8. Papadakis, S., & Kalogiannakis, M. (2020). The impact of interactive technology on learning in primary education: Case Study. ResearchGate. (Дата обращения 17.10.23) URL: https://www.researchgate.net/publication/338480049_The_impact_of_interactive_technology_on_learning_in_primary_education_Case_Study

11. 9. Krasilnikov, A., & Ivanova, S. (n.d.). Образование, основанное на стандартах. Cyberleninka. (Дата обращения 18.10.23) URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obrazovanie-osnovannoe-na-standartah>

12. 10. Shah, M., & Khan, M. (2019). Main challenges in front of the teachers to teach geography more effectively: A phenomenological research. ResearchGate. (Дата обращения 19.10.23) URL: https://www.researchgate.net/publication/330079429_Main_challenges_in_front_of_the_teachers_to_teach_geography_more_effectively_A_phenomenological_research

13. 11. Robinson, A., & Martin, L. (2019). Challenges in Geography Education - A Review of Research Problems. ResearchGate. (Дата обращения 20.10.23) URL: https://www.researchgate.net/publication/332136028_Challenges_in_Geography_Education_-_A_Review_of_Research_Problems

© Шундеев А.В., Глущенко В.А., Шлёнкин Д.В., Саблин Д.П., 2023

УДК 004.67

Д.С. СИДОРОВ

s2d02@mail.ru

Науч. рук. – канд. техн. наук, доцент **В.С. САУБАНОВ**

Уфимский университет науки и технологий

СИСТЕМА ПОДБОРА СПРАВОЧНЫХ ДАННЫХ И КЛАССИФИКАТОРОВ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТОВ ФИТИНГОВ

Аннотация: в статье рассматривается проблема подбора справочных данных и классификаторов при расчете фитингов в проектировании трубопроводных сетей. Обсуждается актуальность создания базы данных с информацией о фитингах и материалах, а также алгоритмов для автоматического подбора данных. Предлагается решение в виде системы автоматизированного подбора для упрощения и улучшения процессов расчетов.

Ключевые слова: справочные данные, классификаторы, расчеты, фитинги, трубопроводные сети, автоматизированный подбор, база данных.

Описание проблемы

Проблема подбора справочных данных и классификаторов при выполнении расчетов фитингов является актуальной задачей для специалистов в

области проектирования и монтажа трубопроводов. Фитинги представляют собой элементы трубопроводных сетей, которые используются для соединения труб, изменения их диаметра или направления. При проектировании и расчете трубопроводов с использованием фитингов необходимо учитывать множество различных факторов, таких как материал труб, рабочее давление, температура, свойства транспортируемой среды и другие параметры.

Для выполнения расчетов фитингов требуется использование справочных данных, описывающих свойства материалов, из которых изготовлены трубы и фитинги, а также классификаторов, определяющих типы и размеры фитингов. Справочные данные могут включать в себя физические свойства материалов, а также данные о механических характеристиках фитингов.

Однако, подбор справочных данных может быть затруднительным, поскольку существует множество различных типов фитингов и материалов, каждый из которых имеет свои уникальные характеристики. Кроме того, справочные данные могут быть устаревшими или неполными, что может привести к ошибкам в расчетах и неправильному подбору фитингов.

Решение проблемы

Одним из решений данной проблемы может быть разработка системы автоматизированного подбора справочных данных и классификаторов. Такая система должна включать в себя базу данных, содержащую информацию о различных типах фитингов, материалов и их свойствах, а также алгоритмы, позволяющие автоматически подбирать подходящие справочные данные и классификаторы на основе введенных пользователем параметров.

Еще одним решением может быть создание стандартизированных методик и рекомендаций по подбору справочных данных и классификаторов, которые будут учитывать все возможные варианты и сочетания параметров фитингов и трубопроводов. Это позволит специалистам в области проектирования и монтажа трубопроводов сократить сроки выполнения проектов за счет использования точных и проверенных справочных данных, что в свою очередь повысит качество и надежность проектируемых систем.

Про решение

Система подбора справочных данных и классификаторов для выполнения расчетов фитингов - это автоматизированный инструмент, предназначенный для облегчения и ускорения процесса подбора и расчета различных видов фитингов. Данная система обеспечивает возможность быстрого и точного определения необходимых параметров и характеристик фитингов, а также их стоимости.

Система включает в себя обширную базу данных, содержащую информацию о различных типах фитингов (отводы, тройники и т.д.), их размерах и материалах изготовления.

Основные функции системы:

- Подбор фитингов по заданным параметрам: угол поворота, диаметр присоединяемой трубы, толщина стенки присоединяемой трубы и др.
- Автоматическое формирование спецификации фитингов с указанием их характеристик.

– Возможность сравнения различных типов и размеров фитингов между собой по заданным критериям.

Рекомендация к разработке

Как рекомендацию к разработке, можно предложить создание веб-приложения для автоматизированного подбора справочных данных и классификаторов фитингов. Вот некоторые ключевые особенности, которые могут быть реализованы в таком приложении:

– База данных: приложение должно иметь базу данных, содержащую подробную информацию о различных типах фитингов, материалах и их свойствах. База данных должна регулярно обновляться и дополняться для обеспечения актуальности справочных данных.

– Алгоритмы подбора: приложение должно включать алгоритмы, которые позволяют автоматически подбирать подходящие справочные данные и классификаторы на основе параметров, введенных пользователем.

– Удобный интерфейс: интерфейс приложения должен быть простым и понятным для пользователя, позволяя ему быстро и легко находить нужную информацию.

– Стандартизация методик: приложение может включать стандартизированные методики и рекомендации по подбору справочных данных и классификаторов, учитывающие все возможные сочетания параметров фитингов и трубопроводов.

Заключение

Разработка системы автоматизированного подбора справочных данных и классификаторов может существенно облегчить работу специалистов в области проектирования и монтажа трубопроводов, повысить точность и надежность расчетов. Создание веб-приложения с базой данных, алгоритмами подбора, удобным интерфейсом, интеграцией с другими системами, контролем качества данных и стандартизацией методик может стать эффективным решением данной проблемы.

Библиографический список

1. Андреева, Е.И., Андриянов, Д.Е. Унифицированная система описания и кодирования товаров: перспективы международной торговли – Люберцы, 2021. – 10 с.

2. Виноградов, К.А., Никитина М.И., Жучков, Д.В. Система ведения базы данных нормативно-справочной информации – Красноярск, 2004.

3. Лукоянова, П.М., Беляев, И.И. – Стандарты для производства труб – Екатеринбург, 2019 – 64 с.

© Сидоров Д.С., 2023

СЕКЦИЯ 5.9. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

УДК 004.94

И.А. АБДУЛОВ

ily4s.abdulov@yandex.ru

Науч. руковод. – канд. физ.-мат. наук, доцент **Т.Г. КАЗАКОВА**

Уфимский университет науки и технологий

ТРИАНГУЛЯЦИЯ С УЧЕТОМ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ РЕБЕР

Аннотация: в статье рассматриваются подходы построения триангуляции с учетом дополнительных ребер и их преимущества.

Ключевые слова: триангуляция; триангуляция Делоне; ограниченная триангуляция.

Большинство приложений вычислительной геометрии: разбиение поверхности, моделирование твёрдого тела, численная симуляция и другие области требуют разложения сложных геометрических объектов на более мелкие подобные части для дальнейшей обработки. Например, в методе конечных элементов, планарная область делится на сетку элементов, обычно треугольную или четырехугольную. В большинстве приложений на численную стабильность и сходимость влияет форма элементов, например, излишне длинные элементы могут привести к нежелательному поведению. В данной работе изучены подходы оптимизации треугольной сетки с учетом дополнительных ребер, а также рассмотрены их преимущества.

1. Триангуляция Делоне

Триангуляцией называется разбиение плоской области на треугольники.

Треугольник удовлетворяет условию Делоне, если внутри окружности, описанной вокруг треугольника, не попадает ни одна из заданных вершин триангуляции.

Триангуляция удовлетворяет условию Делоне, если все треугольники триангуляции удовлетворяют условию Делоне.

Триангуляция называется триангуляцией Делоне, если она удовлетворяет условию Делоне.

Есть много различных алгоритмов триангуляции Делоне, но наиболее часто используемым является алгоритм Боуэра-Ватсона (рис. 1). Алгоритм Боуэра-Ватсона [1] является итеративным алгоритмом. На каждой его итерации вставляется вершина, затем удаляются все треугольники, не удовлетворяющие

условию Делоне, и соединяются все вершины контура нетриангулированной области с текущей вершиной.

Треугольники триангуляции Делоне наиболее похожи на правильные, и их размеры стремятся быть одинаковыми. Именно поэтому при аппроксимации различных областей используются конструкции, связанные с триангуляциями Делоне. Но треугольники могут быть не достаточно хорошими для расчетов методом конечных элементов или не соблюдать необходимые границы, поэтому часто требуется перестраивать или достраивать триангуляцию.

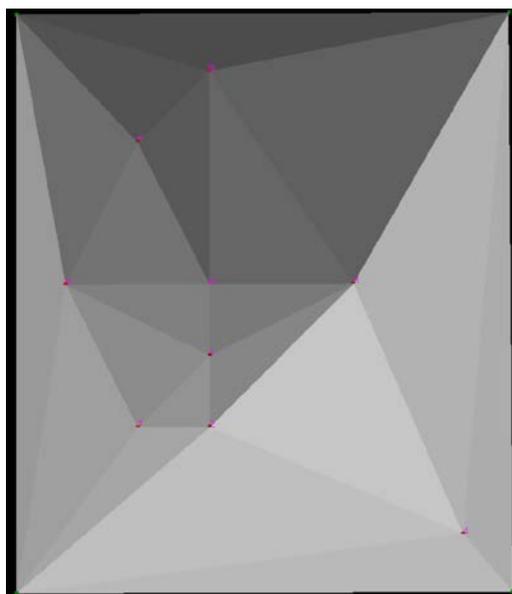


Рис. 1. Пример работы программной реализации алгоритма Боуэра-Ватсона

2. Ограниченная триангуляция Делоне

В этом подходе [2] осуществляется вставка необходимых ребер так, чтобы не происходило глобальных перестроений.

Сегментами триангуляции называются ребра, которые гарантированно должны присутствовать в триангуляции.

Две вершины называются видимыми относительно друг друга, если отрезок, соединяющий эти вершины, не пересекается с ни одним сегментом.

Ограниченная триангуляция Делоне (рис. 2) – это такая триангуляция, в которой все треугольники триангуляции удовлетворяют условию Делоне на вершинах, видимых относительно вершин треугольника.

Для его построения необходимо последовательно добавлять сегменты в триангуляцию. Для того чтобы вставить сегмент в триангуляцию необходимо удалить все треугольники, ребра которых пересекаются с сегментом, а затем триангулировать полученные пустые области, находящиеся в противоположных сторонах относительно сегмента.

Результатом является ограниченная триангуляция Делоне. Заметим, что в результате триангуляция не будет удовлетворять условию Делоне на множестве вершин триангуляции.

Алгоритм не так сложен, не требует большого количества дополнительной памяти, выполняется быстро и всегда завершается. Но если сегменты будут длинными, то полученная триангуляция будет иметь вытянутые треугольники и размеры треугольников получатся разными. В результате применения алгоритма получаем триангуляцию, не удовлетворяющую условию Делоне, а это значит, что треугольники триангуляции имеют слабую схожесть с равносторонними треугольниками. В такой триангуляции сложно улучшать формы треугольников добавлением вершин, потому что приходится учитывать дополнительные критерии, что сильно усложняет реализацию. Такой алгоритм пригоден для триангуляций, дополнительные ребра которых достаточно недлинные, или если просто необходимо триангулировать область без каких-либо особых требований, помимо добавления сегментов.

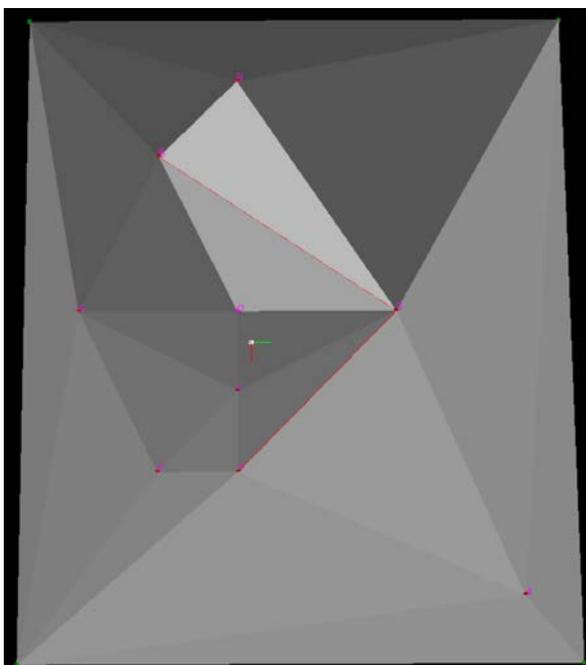


Рис. 2. Пример работы программной реализации ограниченной триангуляции Делоне

3. Согласование Делоне

В этом подходе [3] осуществляется вставка новых вершин так, чтобы сегменты появились в триангуляции, и триангуляция оставалась триангуляцией Делоне.

Вершину будем называть «вторгающейся» на сегмент, если она лежит внутри круга с центром в центре сегмента и радиусом в половину длины сегмента.

Идея данного подхода в том, чтобы разбивать сегменты, имеющие «вторгающиеся» вершины, новыми вершинами, находящимися в серединах сегментов, и добавлять их в триангуляцию до тех пор, пока все сегменты не

появятся в триангуляции. Тогда все сегменты будут присутствовать в триангуляции, и она будет удовлетворять условию Делоне. Так как нет особых дополнительных требований, то без особых трудностей можно добавить ещё вершины в триангуляцию Делоне для улучшения форм треугольников. Для того, чтобы определить «плохие» треугольники, определяем минимальный допустимый угол α между ребрами в триангуляции. Находим «плохие» треугольники, добавляем центры их описанной окружности в триангуляцию, что приводит к улучшению триангуляции.

В отличие от предыдущего подхода результатом этого подхода является триангуляция Делоне.

Данный алгоритм сложен, а также время работы алгоритма не предсказуемо. Преимуществом данного алгоритма является то, что треугольники триангуляции будут иметь сопоставимые размеры и триангуляция будет соблюдать условие Делоне, это значит, что не будет излишне вытянутых треугольников. Есть возможность устанавливать минимальный угол треугольникам триангуляции. Недостаток алгоритма в том, что если есть смежные сегменты, образующие малый угол, то алгоритм может и не остановиться. Для того чтобы избежать такого случая, необходимо добавить какой-нибудь дополнительный критерий, чтобы останавливать заикленные разбиения. Например, вместо того, чтобы вставлять вершину в центр сегмента, вставлять чуть дальше или чуть ближе от некоторого конца сегмента, тогда заикленность будет прерываться. Это можно реализовать, если серединную точку представить, как некоторую степень двойки, умноженную на какую-нибудь константу, например 0.01, где степень двойки округляется до ближайшего целого числа, и вставлять новую вершину на найденную точку сегмента. На рис. 3 приведен пример работы программной реализации алгоритма, в котором сегменты имеют достаточный угол между собой. На рис. 4 – пример работы программной реализации алгоритма, в котором есть сегменты имеющие недостаточно большой угол между собой.

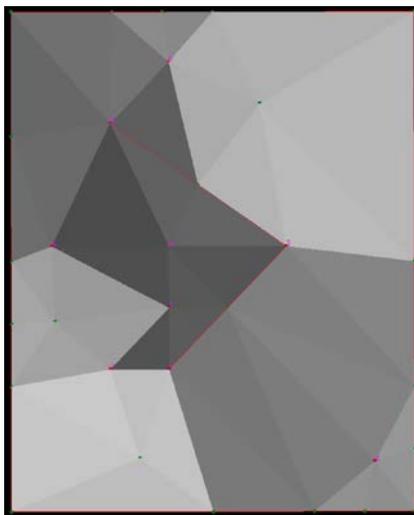


Рис. 3. Пример работы программной реализации согласования Делоне

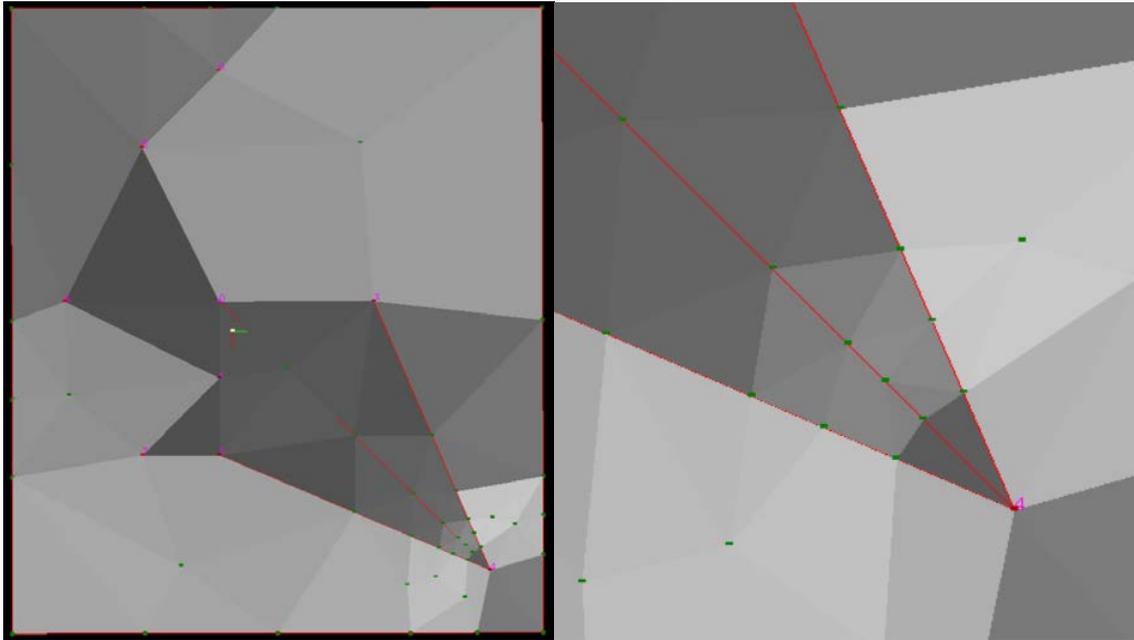


Рис. 4. Пример работы программной реализации согласования Делоне с сегментами, имеющими недостаточно большой угол между собой

Рассмотрены подходы для перестроения триангуляции с учетом дополнительных ребер. Эти методы обладают своими преимуществами, на что нужно обратить внимание при учете дополнительных ребер, так как это сильно скажется на конечном результате. Конечный результат может быть и не получен.

Библиографический список

1. Скворцов А.В., Мирза Н.С. Алгоритмы построения и анализа триангуляции. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2006. – 168 с.
2. M.V. Anglada, An improved incremental algorithm for constructing restricted Delaunay triangulations, *Comput. Graph.* 21 (1997) 215-223.
3. J. Ruppert, A Delaunay refinement algorithm for quality 2-dimensional mesh generation, *J. Algorithms* 18 (3) (1995) 548–585.

© Абдулов И.А., 2023

Р.Д. АЛЛАЯРОВ

allayarov.rus@list.ru

Науч. руковод. – канд. техн.наук, доцент **М.Н. ДАВЫДОВ**

Уфимский университет науки и технологий

ЦИФРОВОЕ ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

Аннотация: представлен метод, направленный на предупреждение возможных проблем, влекущих потери производственного времени, лишние расходы, срыв производственного плана и как следствие потерю репутации. Проводится описание нового «инструмента», применяемого в ПАО «ОДК-УМПО» при проектировании и создании новых производственных подразделений.

Ключевые слова: производственная система; имитационное моделирование; загрузка оборудования.

Сотрудникам ПАО «ОДК-УМПО» предстояло изучить термин «имитационное моделирование производственных систем» (далее ИМ ПС), его структуру и техническую документацию. Что же это такое ИМ ПС, и почему руководство предприятий в контуре АО «ОДК» возлагает большие надежды на широкое внедрение этого процесса в производственные процессы?

Имитационное моделирование – это метод исследования, при котором изучаемая производственная система заменяется математической моделью, описывающей ее с достаточной степенью приближения, с которой проводятся эксперименты для получения информации об этой системе [1]. Исходя из определения, ИМ ПС применяется для изучения потерь в производственных подразделениях (участков, цехов, предприятий) путем создания их цифровых двойников в специальном программном обеспечении и проведения симуляции их работы в плановом и экспериментальном вариациях. В ПАО «ОДК-УМПО» для этих целей применяется ПО *Siemens Tecnomatix Plant Simulation* [2]. Фрагмент интерфейса ПО *Tecnomatix Plant Simulation* представлен на рис. 1.

При проектировании нового производства или модернизации существующего необходимо понимать, сможет ли оно обеспечить требуемый уровень выпуска продукции в соответствии с заданной программой, а также какой парк оборудования, и в каком количестве потребуется для этого. Ответив на данные вопросы средствами расчета в ИМ ПС, можно понять, какой объем инвестиций потребуется и в какие сроки, каким будет срок окупаемости проекта, и, наконец, стоит ли вообще реализовывать проект и вкладывать инвестиции [3].

Имитационные модели представляют собой очередной этап развития информационных систем управления производством, в ИМ ПС по средствам

разработки соответствующих модулей автоматизируются следующие основные процессы [1]:

- 1) Оперативное планирование производства;
- 2) Диспетчеризация производства;
- 3) Технологические процессы изготовления и сборки ДСЕ.

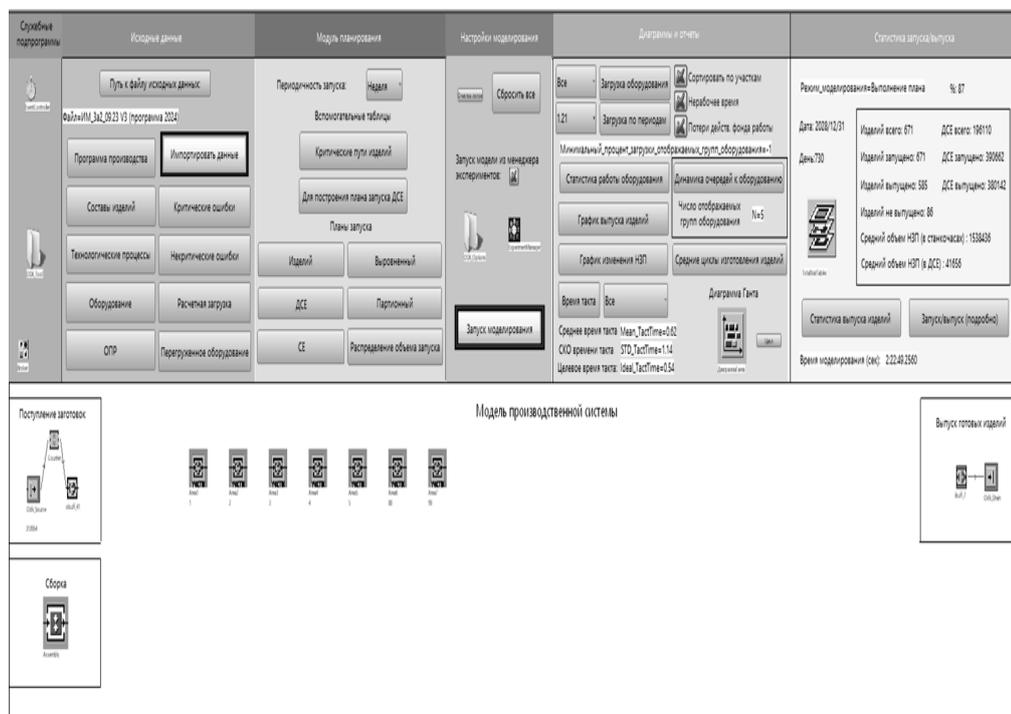


Рис. 1. Фрагмент интерфейса Универсальной имитационной модели *Tecnomatix Plant Simulation*

Наиболее трудоемкими этапами стали разработка и апробирование модели на различных данных, так как чем больше требований закладывается в модель, тем сложнее добиться приближения к реальной производственной ситуации. Наиболее сложным было разработать и реализовать логику поведения модели для разных видов производств [3]. В ПАО «ОДК-УМПО» существуют заготовительные, механосборочные, сборочные и цеха специальных процессов, как с дискретным, так и с рецептурным и непрерывным видами производств. Правила управления в каждом из них существенно отличаются, ведь на участке термообработки, например, нужно принимать решение, в какой момент целесообразно загружать партию в печь для проведения термообработки на длительный период, если она не полностью скомплектована. В механосборочных и сборочных цехах при обработке и сборке разных узлов, имеющих в составе одинаковые детали, необходимо принимать решение, какой из них нужно укомплектовать этими деталями раньше для достижения выполнения поставленных целей. Необходимо реализовать это в имитационной модели, причем так, чтобы решения принимались логикой заложенной в программе и были с точки зрения человека приемлемыми. Подтверждение «реальности»

модели к существующей системе выполняется как расчетами, так и заключением руководителей моделируемых производственных подразделений, а так же сходство с системами мониторинга промышленного оборудования.

В результате удалось создать универсальное решение для различных типов производств, с помощью которого можно провести оценку уровня пропускной способности и получить расчётные характеристики всех основных показателей для оценки целесообразности реализации инвестиционных проектов по модернизации производства.

Ниже приведена часть формул, применяемых в ПАО «ОДК-УМПО» при проектировании и создании новых производственных подразделений до применения имитационного моделирования производственных систем. Ранее при проектировании новых производственных подразделений затрачивалось значительное количество ресурсов (время, персонал, оплата труда и др.), что сказывалось на достоверности данных и сроках окупаемости этих проектов и при этом не было способа оценить уровень возможного незавершенного производства и возникающие очереди из ДСЕ перед оборудованием.

Расчётное количество механообрабатывающего оборудования, не работающего в принудительном ритме, вычисляется по формуле [5]:

$$Q_p = \frac{C_{\text{станк.}} * k}{\Phi_{\text{э}}},$$

Где Q_p – расчетное количество единиц оборудования, ед.;

$C_{\text{станк.}}$ – суммарная станкоёмкость механической обработки годового выпуска продукции по данной группе (типу, модели) оборудования, с/ч;

$\Phi_{\text{э}}$ – эффективный годовой фонд времени, ч;

k – коэффициент запаса производственной мощности, %.

Расчётный коэффициент загрузки оборудования рассчитывается отношением расчётного количества единиц технологического оборудования к фактически принятому [5]:

$$K_{\text{загр.р.}} = \frac{Q_p}{Q_{\text{п}}},$$

где: $K_{\text{загр.р.}}$ – коэффициент загрузки оборудования расчетный, %;

Q_p – расчетное количество оборудования, ед.;

$Q_{\text{п}}$ – принятое количество оборудования, ед.

Проведение имитационного моделирования производственных и технологических процессов позволяет на этапе проектирования определить загрузку оборудования по видам работ (рис. 2), длительность производственного цикла изготовления и сборки ДСЕ, а также изменение этих показателей в течение заданного периода имитации работы производственного подразделения [4].

При технологическом проектировании с применением имитационного моделирования определяется возможность достижения оптимальных показателей работы подразделения и возможно управление такими параметрами

как размер партии ДСЕ, ритмичность запуска ДСЕ, загрузка оборудования и т.д. [4].

Имитационное моделирование производственной системы позволяет оценить «узкие места» производства по скоплению ДСЕ перед оборудованием и работать непосредственно над расшивкой такого места [4].

К примеру, на графике (рис. 3) можно увидеть, что идет значительное увеличение очереди из ДСЕ перед оборудованием (станки №1) и, как следствие, сдерживание производства, т.е. станки № 1 являются «узким местом» в производственном подразделении.

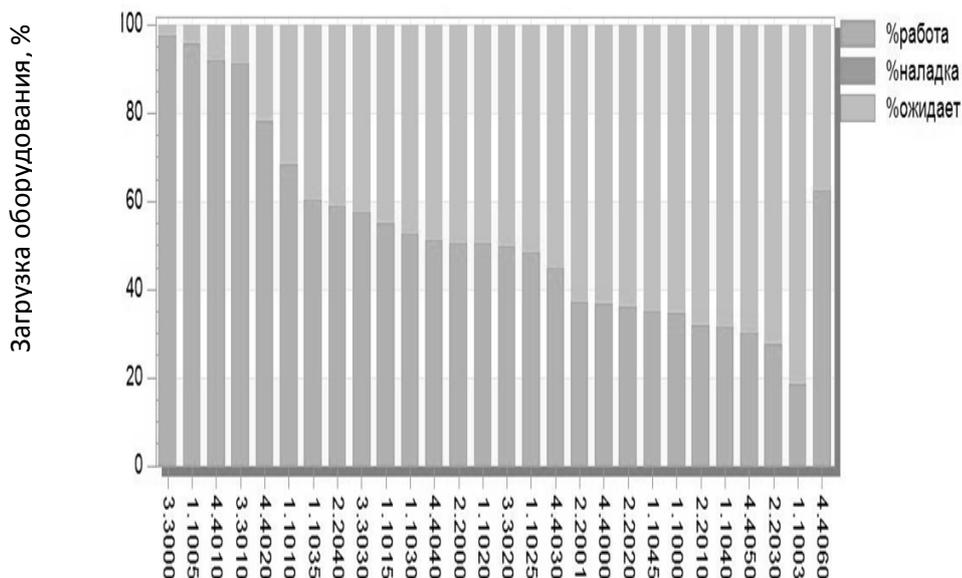


Рис. 2. Загрузка оборудования

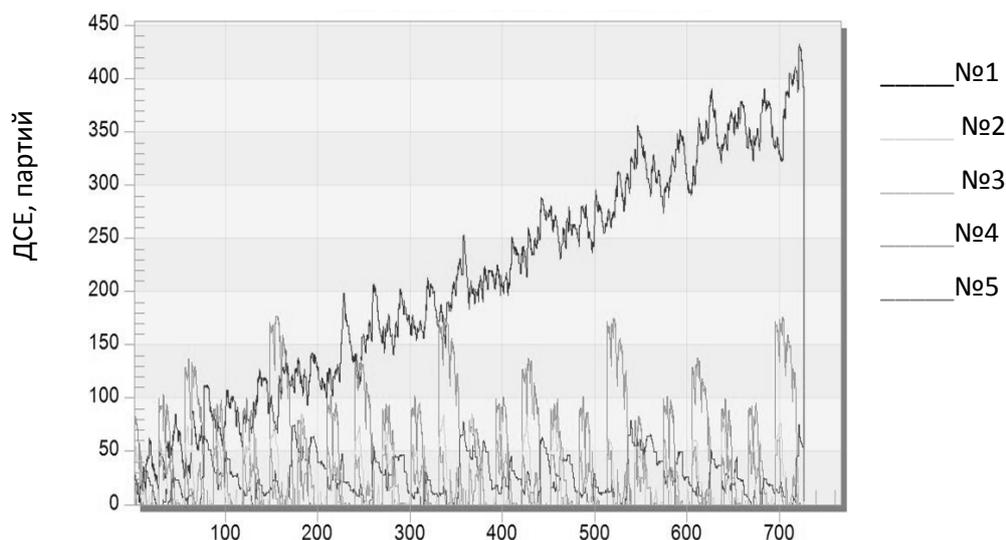


Рис. 3. Диаграмма очереди к оборудованию, отражающая «узкое» место, не позволяющее выполнить производственный план

При разгрузке «узкого места» в рамках одного производственного подразделения и перемещении изготовления ДСЕ с одного типа оборудования на другое автоматически увеличивается загруженность последнего и изменяется картина по выпуску продукции по подразделению в целом.

Проведя несколько итераций, можно добиться оптимального баланса «загрузка – производственная мощность» и только после этого переходить к внедрению мероприятий непосредственно в производстве.

Объединяя имитационные модели подразделений, можно создать модель всей производственной системы предприятия в целом и провести на ней испытания в формате «что если» задолго до реального воплощения (например, для проверки возможности выполнения производственного плана), на ранних стадиях проектирования.

Результатами имитационного моделирования являются:

- подтверждение возможности выполнения производственным подразделением заданной производственной программы выпуска по заданной номенклатуре ДСЕ;
- подтверждение требуемого количества ресурсов (основного и вспомогательного оборудования, персонал);
- подтверждение заданного цикла изготовления;
- ритмичности выпуска;
- лимита инвестиций и т.п.

Библиографический список

1. Plant Simulation Basic, Methods, and Strategies, Student Guide, PLT01-Version 10.1. 2. 2012. – 10 с.
2. Tecnomatix Plant Simulation, Modeling and Programming by Means of Examples, Second Edition: 2012. – 15 с.
3. Соколов И.Л. Цифровое имитационное моделирование производственных систем // Вектор развития № 3, 2021. «ОДК». С. 20-23
4. Конаков Д.И. Цифровизация и LEAN – имитационное моделирование на ПАО «ОДК-УМПО» // Вектор развития №4 2021. «ОДК». С 29 –31.б

© Аллаяров Р.Д., 2023

А.И. БАДРЕТДИНОВ

arthur.badretdinov@mail.ru

Науч. руковод. – канд. физ.- мат. наук, доцент **А.А. КАСАТКИН***Уфимский университет науки и технологий***ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ДРОБНО-ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО
УРАВНЕНИЯ КОРТЕВЕГА-ДЕ ФРИЗА-БЮРГЕРСА**

Аннотация: была реализована программа на языке C++, решающая начально-краевую задачу с уравнением КдФ-Бюргерса с дробной производной по времени. Для аппроксимации производной Герасимова-Капуто использован метод Любича. Проведено сравнение численного решения с известным аналитическим, подтвержден предсказанный порядок оценки погрешности. Второй порядок по пространству легко наблюдается в численных экспериментах, однако подтверждение высокого порядка аппроксимации производной по времени затруднено из-за влияния упрощенной дискретизации нелинейного слагаемого.

Ключевые слова: разностные схемы; дробные производные; краевые задачи; уравнение Кортевега-де Фриза-Бюргерса; метод Любича.

Дробные дифференциальные уравнения в последнее время используются в различных областях науки: различные важные явления в электромагнетизме, вязкоупругости, механики жидкости, электрохимии, модели биологических популяций, обработка сигналов. Дифференциальные операторы дробного порядка являются отличным инструментом для описания памяти и наследственных свойств различных математических, физических и инженерных процессов.

Дробная производная Капуто

В 1967 году была опубликована статья [1] М. Капуто, который дал новое определение дробной производной, которая сегодня называется дифференциальной производной Герасимова-Капуто. Пусть $\alpha \in \mathbb{R}_+$ и $n = [\alpha]$. Оператор D_{*a}^α , определяемый формулой

$$D_{*a}^\alpha f(x) = J_a^{n-\alpha} D^n f(x) = \frac{1}{\Gamma(n-\alpha)} \int_a^x (x-t)^{n-\alpha-1} \left(\frac{d}{dt}\right)^n f(t) dt \quad (1)$$

для $a \leq x \leq b$, называется дифференциальным оператором Герасимова-Капуто порядка α .

Начально-краевая задача с уравнение Кордевега-Де Фриза-Бюргерса

Рассмотрим начально-краевую задачу с уравнением Кордевега-Де Фриза-Бюргерса (КдФ-Бюргерса) с дробной временной переменной. Пусть $\alpha > 0, \alpha \notin \mathbb{N}, n = [\alpha], L > 0, T > 0, A = (0, L)$.

$${}^c D_t^\alpha u(t, x) + \lambda_1 u(t, x) \frac{\partial u(t, x)}{\partial x} + \lambda_2 \frac{\partial^2 u(t, x)}{\partial x^2} + \lambda_3 \frac{\partial^3 u(t, x)}{\partial x^3} = f(t, x), \quad (2)$$

$x \in A, \quad 0 < t \leq T$

с соблюдением начальных и граничных условий:

$$\begin{aligned} D^k u(0, x) &= g_k(x), \quad x \in A, \quad k = 0, 1, \dots, n-1. \\ u(t, 0) &= l_1(t), \quad \frac{\partial u(t, 0)}{\partial x} = l_2(t), \quad u(t, L) = r_1(t), \quad 0 < t \leq T. \end{aligned} \quad (3)$$

Нас интересует решение $u(t, x)$ в интервалах $x \in [0, L]$ и $t \in [0, T]$. Численные методы должны давать решение на заданном наборе узлов на данных интервалах. Предполагаем, что узлы расположены равномерно внутри интервала $[0, L]$ и на его границах с заданным шагом h и равномерно внутри интервала $[0, T]$ и на его границах с заданным шагом τ . Узлы полученной сетки обозначим как $u_i^n = u(t_n, x_i)$, где $t_n = n\tau$, $x_i = ih$, $n = 0, 1, \dots, K$, $K = \frac{T}{\tau}$ и $i = 0, 1, \dots, N$, $N = L/h$.

Аппроксимация дробной производной по времени

Рассмотрим аппроксимацию высокого порядка – метод Любича, который был впервые представлен в ряде работ Любича [2–5]. Пусть $\alpha \geq 0$, $n-1 < \alpha < n$, $n \in \mathbb{N}$. Дробную производную типа Капуто аппроксимируем дробным дифференциальным методом Любича порядка $p \in \{1, \dots, 6\}$:

$${}^c D_t^\alpha u(t_n, x_i) \approx \frac{1}{\tau^\alpha} \left(\sum_{j=0}^n \omega_{n-j} u_i^j + \sum_{j=0}^s w_{n,j} u_i^j \right) - D^\alpha T_{n-1}[y; 0](t_n) \quad (4)$$

для $i = 0, 1, \dots, N$, $n = 0, 1, \dots, K$, где веса свертки ω_n задаются коэффициентами ряда Тейлора функции $\omega^\alpha(\xi) = \left(\sum_{k=1}^p \frac{1}{k} (1-\xi)^k \right)^\alpha$, начальные веса $w_{n,j}$ задаются решением системы линейных уравнений следующего вида

$$\sum_{j=0}^s w_{n,j} j^\gamma = \frac{\Gamma(1+\gamma)}{\Gamma(1+\gamma-\alpha)} n^{\gamma-\alpha} - \sum_{j=1}^n \omega_{n-j} j^\gamma, \quad \gamma \in A, \quad (5)$$

$$A = \{\gamma = k + j\alpha; k, j \in \mathbb{N}_0, \gamma \leq p-1\}, \quad \text{card } A = s+1.$$

Здесь $D^\alpha T_{n-1}[y; 0](t_n)$ – дробная производная от многочлена Тейлора, где $\alpha \geq 0$, $n-1 < \alpha < n$, $n \in \mathbb{N}$, предположим, что $D_a^\alpha f$ существует и f обладает $(n-1)$ производными в точке a , и вычисляется как:

$$D^\alpha T_{n-1}[f, x_0](x) = \sum_{k=0}^{n-1} \frac{(x-x_0)^{k-\alpha}}{\Gamma(k+1-\alpha)} D^k f(x_0). \quad (6)$$

Эта аппроксимация имеет порядок $O(\tau^{p-\varepsilon})$ с малым $\varepsilon \geq 0$ для всех фиксированных узлов сетки u_i^n .

Веса свертки ω_n можно вычислить рекурсивно по формуле:

$$\omega_n = \frac{1}{nu_0} \sum_{j=0}^{n-1} [\alpha(n-j) - j] \omega_j u_{n-j}. \quad (7)$$

Значения u_n , $n = 0, 1, \dots$ обозначают коэффициенты разложения Тейлора производящей функции $\omega(\xi)$.

Реализация метода

Решается начально-краевая задача с уравнением КдФ-Бюргера (2–3) с дробной временной производной Капуто (1), используя метод Любича (4) для аппроксимации дробной временной производной. Для решения начально-краевой задачи была разработана программа на C++, которая решает систему линейных алгебраических уравнений с помощью библиотеки GSL. Эта библиотека позволяет нам решать системы с ленточными матрицами. Программа позволяет ввести количество узлов по времени и пространству и выводит максимальную разность между числовым решением и аналитическим и графики решения и ошибки.

Сравним результаты работы численного метода с известным аналитическим решением.

Пример

$$\begin{aligned}
 {}^C D_t^\alpha u + 3uu_x - u_{xxx} &= f(t, x), & 0 \leq x \leq X, & \quad 0 < t \leq T, & \quad 0 < \alpha < 1, \\
 u(0, x) = 0, u(t, 0) = 0, u_x(t, 0) = 0, u(t, L) = 0, \\
 f(t, x) &= (\Gamma(1 + \alpha) + \Gamma(2 + \alpha)t)x^2(1 - x)^2 - 12(t^\alpha + t^{1+\alpha})(2x - 1) \\
 &\quad + 6(t^\alpha + t^{1+\alpha})x^3(x - 1)^3(2x - 1). \\
 T = 1, L = 1, \alpha &= 0.5.
 \end{aligned}$$

Аналитическое решение:

$$u(t, x) = (t^\alpha + t^{1+\alpha})x^2(1 - x)^2.$$

Пусть N и K – количество узлов по пространству и времени соответственно.

1) $N = K = 16, 32, \dots$

Оценим погрешность метода Любича порядка $p = 1, 2, 3$ ($Lp1, Lp2, Lp3$) при различных N и K . Результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1

Погрешность при $N = K$

N	K	$Lp1$	$Lp2$	$Lp3$
16	16	0,00389299	0,0038458	0,00384568
32	32	0,000996923	0,000974048	0,000974032
64	64	0,00026121	0,000249863	0,000249861
128	128	7,13976E–05	6,56644E–05	6,56642E–05
256	256	2,09221E–05	1,80139E–05	1,80139E–05
512	512	7,56302E–06	5,30265E–06	5,30264E–06

Как видно из таблицы 1, при увеличении N в два раза, погрешность уменьшается в четыре раза, что подтверждает ошибку $O(h^2)$.

2) возьмем большое N такое, чтобы $h^2 \ll \tau^p$. Пусть $N = 10000$ и $K = 16, 32, \dots$. Оценим погрешность метода Любича порядка $p = 1, 2, 3$ при различных K . Результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2

Таблица погрешностей при $N = 10000$

N	K	$Lp1$	$Lp2$	$Lp3$
10000	16	0,0037916	0,00379152	0,00379152
10000	32	0,000948343	0,00094827	0,00094827
10000	64	0,000237222	0,000237149	0,000237149
10000	128	5,94309E-05	5,93598E-05	5,93598E-05
10000	256	1,49728E-05	1,49014E-05	1,49014E-05
10000	512	3,85855E-06	3,78674E-06	3,78675E-06

Как видно из табл. 2, при увеличении N в два раза, погрешность уменьшается в четыре раза, что подтверждает ошибку $O(h^2)$.

3) возьмем большое K такое, чтобы $\tau^p \ll h^2$. Пусть $K = 10000$ и $N = 16, 32, \dots$. Оценим погрешность метода Любича порядка $p = 1, 2, 3$ при различных N . Результаты представлены в табл. 3. Погрешность уменьшается всего в два раза для каждого из методов при увеличении N , что, видимо, связано с влиянием неточной аппроксимации нелинейного слагаемого.

Таблица 3

Таблица погрешностей при $K = 10000$

N	K	$Lp1$	$Lp2$	$Lp3$
16	10000	9,92024E-05	5,03777E-05	5,03288E-05
32	10000	4,97637E-05	2,53729E-05	2,53664E-05
64	10000	2,49782E-05	1,2725E-05	1,2758E-05
128	10000	1,61114E-05	6,39608E-06	6,37675E-06
256	10000	1,1862E-05	3,19292E-06	3,21923E-06
512	10000	7,56288E-06	1,63019E-06	1,60892E-06

Библиографический список

1. Caputo, Linear models of dissipation whose Q is almost frequency independent II [Текст] / Caputo // Geophys. J. Royal astr. Soc. – 1967. – V.13. – P. 529–539.

2. Lubich, C. On the stability of linear multistep methods for Volterra convolution equations [Текст] / С. Lubich // IMA J. Numer. Anal. – 1983 – V.3 (4). – P.439–465.
3. Lubich, C. Fractional linear multistep methods for Abel-Volterra integral equations of the second kind [Текст] / С. Lubich // Math. Comp. – 1985 – V.45 (172) – P.463–469.
4. Lubich, C. Discretized fractional calculus [Текст] / С. Lubich // SIAM J. Math. Anal. – 1986. – V.17 (3). – P. 704–719.
5. Lubich, C. A stability analysis of convolution quadratures for Abel-Volterra integral equations [Текст] / С. Lubich // IMA J. Numer. Anal. – 1986. – V.6 (1) – P. 87–101.

© Бадретдинов А.И., 2023

УДК 519.252

Р.Р. ГИМАТОВА

gimatovaaa.r@gmail.com

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доцент **И.А. ЛАКМАН**

Уфимский университет науки и технологий

ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ С КОНКУРИРУЮЩИМИ СОБЫТИЯМИ НА ПРИМЕРЕ РЕСТЕНОЗА СОСУДОВ

Аннотация: рассматривается задача поиска модели факторов влияния на наступление рестеноза при условии наличия конкурирующих событий, регрессионная модель Файн-Грея, функция кумулятивной инцидентности.

Ключевые слова: событийный анализ; функция CIF; регрессионная модель Файн-Грея; рестеноз.

В медицинских исследованиях часто встречаются данные о конкурирующих событий. Рестеноз стента – это повторное сужение просвета сосуда после проведенного чрескожного вмешательства. Осложнение в основном возникает при сопутствующих метаболических и сердечно-сосудистых болезнях, использовании устаревших моделей стентов, нарушении техники выполнения манипуляции. Необходимо понимать, какие факторы пациента и факторы стента повлияют на конечное событие – это рестеноз или смерть. Трепетание предсердия является конкурирующим событием, которое влияет на конечное событие, поэтому его необходимо правильно учитывать при построении модели.

$f_j(t) = \lim_{dt \downarrow 0} \Pr\{T \in (t, t + dt) \text{ и } J = j\} / dt$ – плотности, зависящие от конкретного фактора, которые обладают свойством суммироваться с общей плотностью $f(t) = \sum_j f_j(t)$.

Интеграл

$$I_j(t) = \int_0^t f_j(u) du = \Pr\{T \leq t \text{ и } J = j\}$$

называется *кумулятивной функцией инцидентности* (CIF) и представляет вероятность того, что событие типа j произошло к моменту времени t .

Функция рисков, связанных с конкретными факторами, представляющая (условную) частоту возникновения событий типа j в момент времени t среди выживших пациентов к этому времени:

$$\lambda_j(t) = \lim_{dt \downarrow 0} \Pr(T \in (t, t + dt) \text{ и } J = j | T > t) / dt.$$

Плотность, зависящая от конкретного фактора, может быть записана:

$$f_j(t) = S(t)\lambda_j(t).$$

Для того, чтобы пережить событие типа j в момент времени t , пациент сначала должен дожить до времени t , а затем пережить событие типа j при условии, что дожил до времени t .

Это представление приводит к непараметрической оценке кумулятивной функции частоты, которая расширяет оценку Каплана-Мейера. При различном времени отказа $0 < t_{(1)} < \dots < t_{(m)} < \infty$ оценка равна

$$\hat{I}_j(t) = \sum_{i:t_{(i)} \leq t} \hat{S}(t_{(i)}) d_{ij} / n_i,$$

где d_{ij} – количество событий типа j в момент времени $t_{(i)}$, n_i – общее количество наблюдений, подверженных риску в момент времени $t_{(i)}$, $\hat{S}(t_{(i)})$ – стандартная оценка выживаемости Каплана-Мейера к моменту времени $t_{(i)}$.

Это пошаговая функция с приращениями, которые происходят каждый раз, когда происходит событие типа j . Если добавить совокупную частоту всех типов отказов, то получится дополнение к оценке Каплана-Мейера:

$$\sum_j \hat{I}_j(t) = 1 - \hat{S}(t).$$

То есть в любой момент времени t наблюдения либо все еще находятся в риске с вероятностью $\hat{S}(t)$, либо пережили событие типа j с вероятностью $\hat{I}_j(t)$ для некоторого j . Пациент либо жив, либо скончался от причины смерти j .

Регрессионная модель Файн-Грея применяется для оценки частоты исходов (конечных событий) с течением времени при наличии конкурирующих рисков. Она связывает факторы с кумулятивной функцией инцидентности (CIF), при этом конкурирующие события оказывают влияние на факторы. В данной модели пациенты, у которых произошло конкурирующее событие, не выпадают

из модели, а сохраняются для дальнейшего анализа. Подраспределение риска события j определяется как вероятность того, что событие произойдет для пациента в бесконечно малом промежутке времени среди пациентов, у которых событие не произошло или произошло конкурирующее событие.

Модель пропорциональных рисков Кокса является более структурной и фокусируется на ковариантах риска каждого типа событий. Модель Файн-Грея является более описательной и фокусируется на вероятности каждого типа событий. Коварианта может увеличивать частоту событий определенного типа просто за счет снижения частоты возникновения событий других типов, даже если это не оказывает никакого влияния на частоту возникновения рассматриваемого события. Так как модель конкурирующих рисков может дать точный индивидуальный прогноз, учитывая факторы пациента, это дает ей преимущество над моделью регрессии Кокса.

Пусть $I_j(t, x)$ – кумулятивная функция частоты событий типа j , заданная вектором ковариант x . CIF можно рассматривать как функцию выживания и вычислить лежащий в основе риск. Тогда функция суб-риска для фактора j :

$$\lambda_j(t, x) = -\frac{d}{dt} \log_{10} (1 - I_j(t, x)) = \frac{f_j(t)}{1 - I_j(t)},$$

$$\lambda_j(t, x) = \lambda_{j0}(t) \exp\{x' \beta_j\},$$

где $\lambda_{j0}(t)$ – базовый суб-риск для события j , $\exp\{x' \beta_j\}$ – относительный риск, связанный с ковариантами x .

$$\lambda_j(t) = \lim_{dt \downarrow 0} \Pr\{T \in (t, t + dt) \text{ и } J = j \mid T > t \text{ или } T \leq t \text{ и } J \neq j\} / dt$$

Подсчитываем события типа j за небольшой интервал $(t, t + dt)$, рассматриваем тех, кто выжил в момент t , и тех, кто не дожил до момента времени t , по факторам, отличным от j .

Поскольку единицы, пережившие событие какого-либо другого типа до времени t , на самом деле не подвержены риску пережить событие типа j в момент t , риски являются «неестественными».

Чтобы рассчитать стандартные риски, нужно представить величину $T^* = T_j$, если происходит событие типа j , и равно бесконечности, если событие другого типа.

Таким образом, эффект ковариат заключается в смещении преобразованного CIF вверх или вниз на величину, зависящую от коэффициентов. Поскольку преобразование является монотонным, понятно, что положительные коэффициенты указывают на увеличение CIF, а отрицательные – на уменьшение.

Библиографический список

1. Чон Хен Чжон, Джейсон П. Файн Параметрическая регрессия по функции кумулятивной заболеваемости / Биостатистика, Изд-во Оксфордского университета, т. 8, вып. 2, 2007, 184 – 196 с.
2. Ален О.О. Непараметрический вывод для семейства процессов подсчета, Статистический анализ, т. 6, 1978. – 701 с.
3. Брайант Джей, Дигнам Джей Джей Полупараметрические модели для функций кумулятивной заболеваемости / Биометрия, т. 60, 2004, С. 182 – 190.

© Гиматова Р.Р., 2023

УДК 621.391

М.А. ГОРЯЧЕВ

mihail_goryachev100@mail.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доцент **Г.С. ВОРОНКОВ**

Уфимский университет науки и технологий

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЙ КОДЕК НЕСТАЦИОНАРНЫХ СИГНАЛОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Аннотация: в статье рассматривается одноканальный кодек с применением нейронных сетей, а также актуальность разработки такой системы.

Ключевые слова: машинное обучение; нейронная сеть; сеть долгой краткосрочной памяти; long short-term memory; LSTM; одноканальный; энергосбережение.

Активное распространение высокопроизводительных инфокоммуникационных систем приводит к быстрому росту их энергопотребления. При этом до 20% потребляемой ими энергии тратится на обеспечение передачи большого объема данных. В связи с этим уменьшение энергопотребления оборудования связи без ухудшения качества передачи является важной и актуальной задачей, особенно для систем мобильной связи, так как позволяет продлить время работы беспроводных элементов.

Перспективным решением этой задачи является разработка дифференциального (разностного) кодека, позволяющего уменьшить динамический диапазон первичных сигналов и снизить за счет этого разрядную сетку аналого-цифрового преобразователя и, следовательно, длину кодового слова, передаваемого по каналу связи [1, 2]. На рис. 1 изображена структура многоканальной системы, построенная на основе данного алгоритма. Суть её

работы заключается в предсказании последовательности сигналов на передатчике, нахождения разности между реальными и предсказанными значениями последовательности, передача полученной разности по каналам связи, а затем восстановление из переданной разницы реальной последовательности сигналов на приемнике.

Матрица координирующего блока построена на расчете коэффициента корреляции каналов между собой, из чего вытекает существенный недостаток данной системы: для нестационарных сигналов необходимо периодически пересчитывать матрицу. Также параметры матрицы должны быть известны на приеме, то есть их необходимо передавать по каналам связи. При быстром изменении свойств нестационарной системы матрицу необходимо пересчитывать часто, следовательно, частая передача новых параметров по каналам связи сокращает пропускную способность канала в целом и снижает эффективность системы.

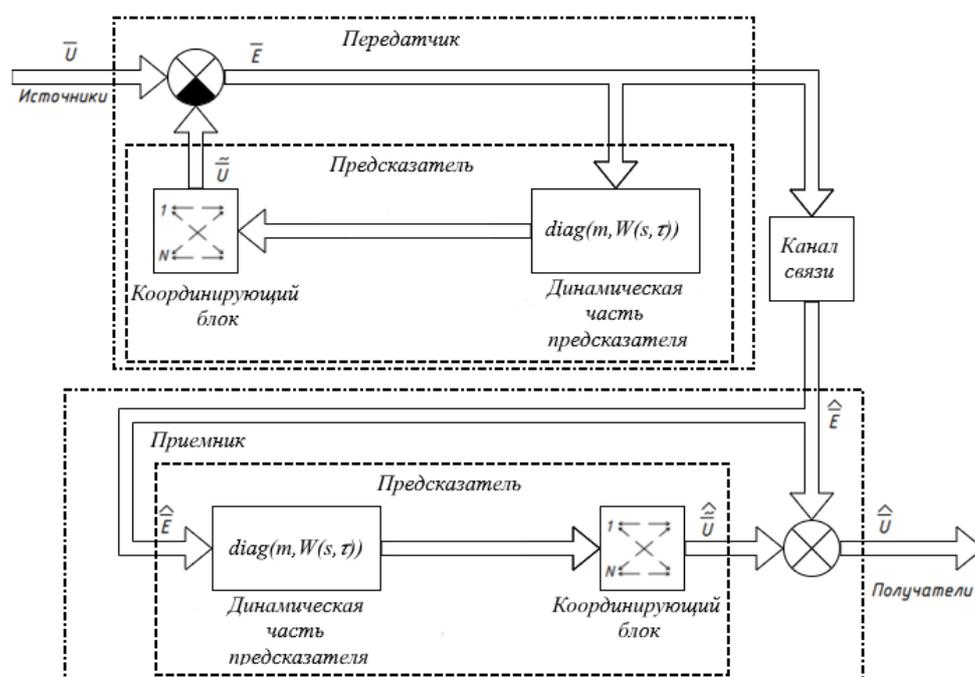


Рис. 1. Структура системы синтеза нестационарного координированного многоканального кодека

Одним из решений данной проблемы является замена как динамической части предсказателя, так и координирующего блока на нейронную сеть. Такая замена будет проводиться и на передатчике, и на приемнике.

В данной работе будет рассматриваться одноканальная система. В качестве обрабатываемых данных будут рассматриваться сигналы, снимаемые с датчиков, а именно значения температуры из набора данных о климате Йены, записанный Институтом биогеохимии Макса Планка [3]. Данные представляют собой временной ряд. Следовательно, лучше всего использовать в качестве нейронных сетей разновидность архитектуры рекуррентных нейронных сетей – сети долгой

краткосрочной памяти (long short-term memory, или LSTM). Сети LSTM очень хорошо приспособлены к задаче прогнозирования временных рядов.

Структура нейронной сети на передатчике и приемнике одинакова: входной слой, принимающий последовательность, размер которой равен 20 значениям, два LSTM слоя, первый размер 50 нейронов, второй 25 нейронов, и выходной слой, состоящий из 20 нейронов. Таким образом размеры входной и выходной последовательностей одинаковы.

Нейронная сеть передатчика на основе поступающих реальных данных предсказывает их будущие значения. После этого из реальных значений вычитаются предсказанные, и получившаяся разность (сжатые данные) подается на вход нейронной сети приемника, генерирующей на выходе восстановленные реальные данные. Для повышения точности восстановления данных вместе с массивом сжатых данных будут передаваться по служебному каналу максимальное и минимальное значения аналогичного массива реальных значений. Каждому элементу массива сжатых данных будет соответствовать максимальное и минимальное значение, таким образом, в отличие от нейронной сети передатчика, где размер признаков подаваемых на вход значений равен 1, на нейронной сети приемника размер признаков будет равен 3. На рис. 2 показана схема системы синтеза нестационарного координированного одноканального кодека с применением нейронных сетей.

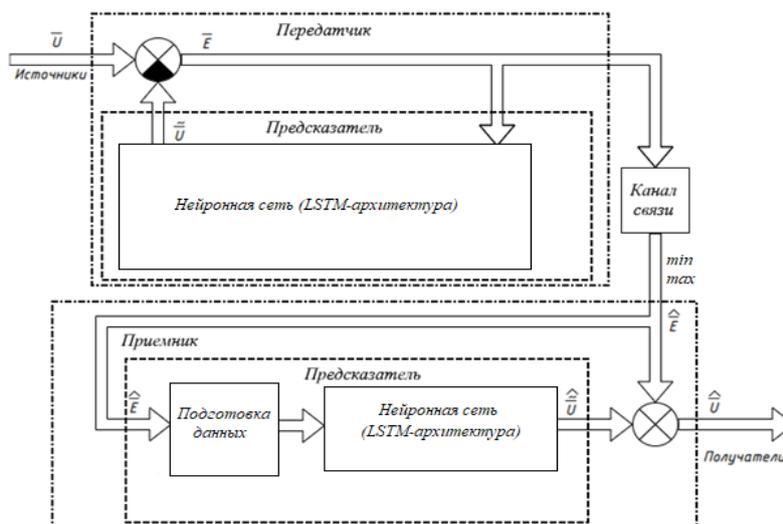


Рис. 2. Схема системы синтеза нестационарного координированного одноканального кодека с применением нейронных сетей

Для обучения и тестирования нейронных сетей данные необходимо отмасштабировать, расположив их в промежутке от 0 до 1.

Обучение нейронных сетей на приемнике и передатчике длилось по 20 эпох. На рис. 3 приведены график изменения ошибки на тренировочной и на тестовой выборке данных для сети передатчика (а) и приемника (б).

Для создания массива предсказанных последовательностей на передатчике использовался массив данных размерностью 84069 элементов. Время работы (предсказание) нейронной сети передатчика равно 20,56 секундам. Корень

среднеквадратической ошибки (RMSE) равен 0,023. На приемнике использовался массив размером 8405 элементов. Время работы (предсказание) нейронной сети приемника равно 2,83 секундам. Корень среднеквадратической ошибки (RMSE) равен 0,00699.

Рассмотрим эффективность сжатия и восстановления данных с помощью нейронных сетей. На рис. 4 приведено сравнение реальных и предсказанных данных, а также данные в сжатом виде. Диапазон передаваемых в канал значений уменьшился в среднем на 66,92 %, следовательно, система хорошо справляется с задачей сжатия данных. На рис. 5 приведено сравнение между реальными и восстановленными данными, а также разность между ними, в качестве демонстрации разницы в значениях. Различия между восстановленными и реальными значениями в среднем равны 0,097 %, то есть отличия между данными минимальны.

Таким образом, в работе предложена архитектура кодека на основе нейросети для самоподобных (высококоррелированных) сигналов. Кодек показывает эффективность с точки зрения сжатия данных и снижения энергопотребления, однако его быстродействие на текущем этапе оказалось невысоким, что ограничивает его применимость системами, в которых задержки являются допустимыми (телеметрия низкоприоритетных данных). Для применения в системах реального времени в дальнейших исследованиях будут рассмотрены методы повышения быстродействия кодека.

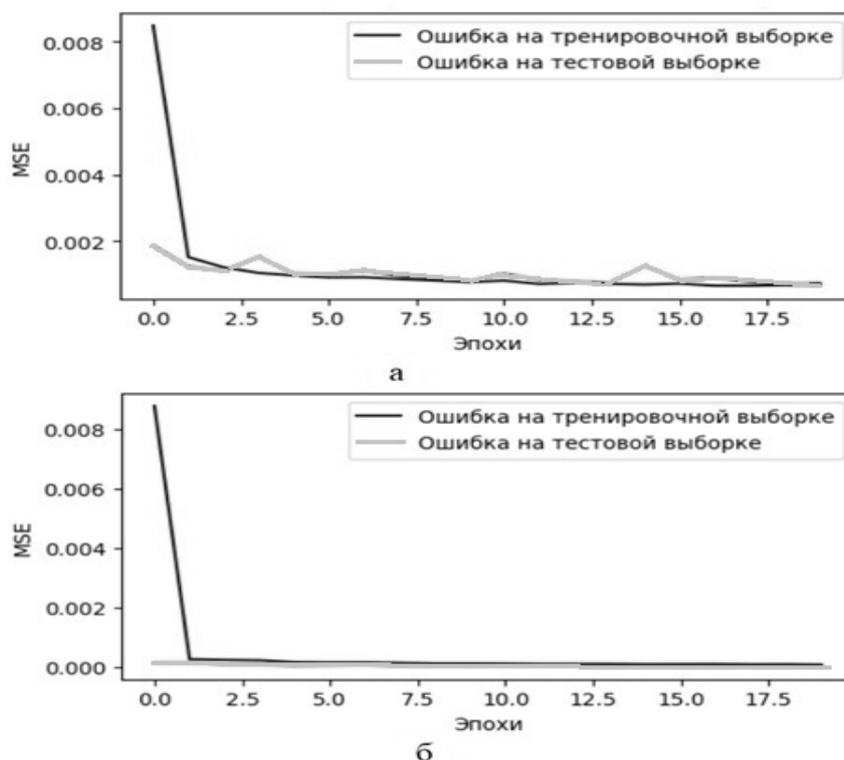


Рис. 3. График изменения ошибок на тренировочной и тестовой выборках данных нейронной сети передатчика (а) и приемника (б)

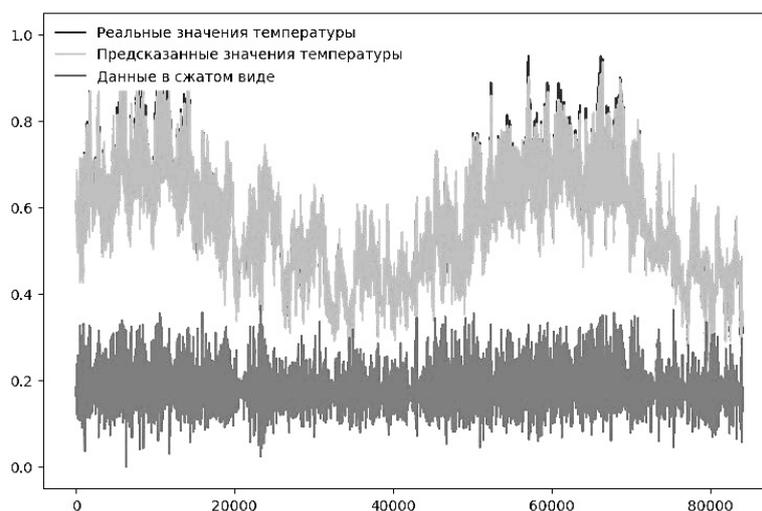


Рис. 4. Сравнение предсказанных и реальных данных, представление сжатых данных

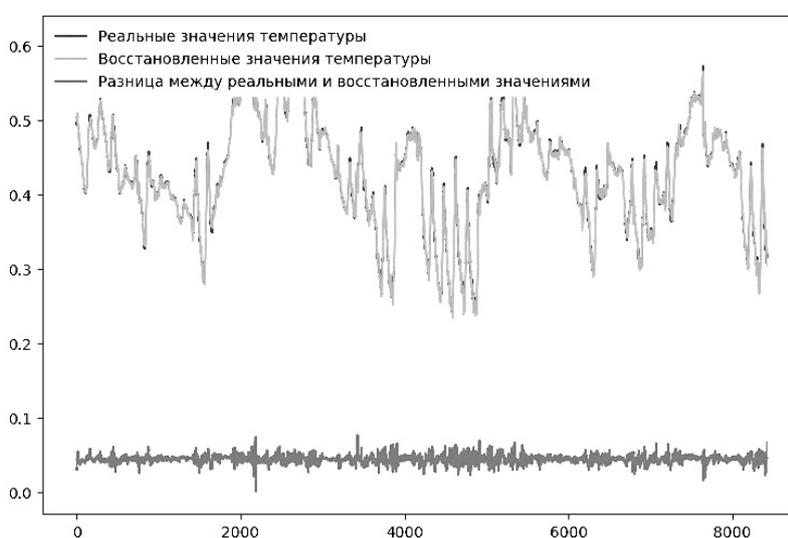


Рис. 5. Сравнение восстановленных и реальных данных, разница между ними

Библиографический список

1. Ivanov V.V. et al. Efficiency Evaluation of Group Signals Transformation for Wireless Communication in V2X Systems // 2022 Ural-Siberian Conference on Biomedical Engineering, Radioelectronics and Information Technology (USBREIT). Yekaterinburg, Russian Federation: IEEE, 2022. P. 167–170.
2. Ivanov V.V. et al. Coordinated Group Codec for Systems with Highly Correlated Signals on the ESP32 Microcontroller // 2023 IEEE Ural-Siberian Conference on Biomedical Engineering, Radioelectronics and Information Technology (USBREIT). 2023. P. 174–177.
3. Jena Climate Dataset [Электронный ресурс]. URL: <https://www.kaggle.com/datasets/mnassrib/jena-climate> (Дата обращения: 24.10.2023).

© Горячев М.А., 2023

И.И. ГУМЕРОВ

gumerovilsur618@gmail.com

Науч. руковод. – канд. физ.-мат. наук, доцент **А.А. КАСАТКИН***Уфимский университет науки и технологий***КВАНТОВЫЙ АЛГОРИТМ ПРИБЛИЖЕННОЙ ОПТИМИЗАЦИИ**

Аннотация: квантовый алгоритм приближенной оптимизации (QAOA) представляет собой вариационный квантовый алгоритм, который использует принципы квантовой механики для решения задач оптимизации. В работе будет проведена практическая реализация этого алгоритма для задачи максимального разреза графа (MaxCut) и для задачи квадратичной оптимизации без ограничений (QUBO) на языке программирования Python.

Ключевые слова: квантовые вычисления; задачи оптимизации; максимальный разрез графа; квадратичная оптимизация.

Вместе с развитием квантовых вычислений появляются новые возможности для решения сложных задач оптимизации. Одним из перспективных направлений в этой области является квантовый алгоритм приближенной оптимизации. Его предложил Эдвард Фархи в 2014 году [1].

Эволюция квантовой системы, описываемой гамильтонианом H [2]:

$$U(H, t) = e^{-\frac{iHt}{\hbar}}$$

\hbar – постоянная Планк, i – мнимая единица, U – оператор временной эволюции.

Если гамильтониан зависит от времени, необходимо разделить матрицу эволюции временного состояния на дискретные временные шаги:

$$U(t, t_0) \approx U(t, t_n)U(t_n, t_{n-1}) \dots U(t_1, t_0)$$

Используя разложение Судзуки-Троттера и следствие из теоремы адиабаты [3], [4] можно получить следующее выражение:

$$U \approx (e^{-i\beta H_B} e^{-i\gamma H_C})^p,$$

глубина p задается произвольно, параметры γ и β не являются фиксированными, $U(H_B, \beta) = e^{-i\beta H_B}$, $U(H_C, \gamma) = e^{-i\gamma H_C}$ – операторы, соответствующие эволюции с помощью гамильтонианов H_B, H_C на время β, γ , H_C – стоимостный гамильтониан (определяется через функцию стоимости), H_B – смешанный гамильтониан (он необходим для того, чтобы решение не оставалось в состоянии, являющейся собственным состоянием H_C).

Тогда финальное состояние системы запишется в виде:

$$|\psi_t\rangle = e^{-i\gamma_1 H_C} e^{-i\beta_1 H_B} \dots e^{-i\gamma_p H_C} e^{-i\beta_p H_B} |\psi_0\rangle.$$

Задача оптимизации в таком случае будет записана в следующей форме:

$$\arg \min_{\gamma_1, \dots, \gamma_p, \beta_1, \dots, \beta_p} \langle \Psi_t | H_C | \Psi_t \rangle.$$

Задача о максимальном разрезе графа является одной из классических проблем комбинаторной оптимизации. Цель заключается в поиске такого разбиения вершин графа на две непересекающиеся части, чтобы количество ребер, соединяющих вершины из разных частей, было максимальным. Эта задача является NP-трудной, то есть в общем случае нет известного эффективного алгоритма полиномиальной сложности для ее решения.

Функция стоимости может быть записана в терминах спинов как:

$$C(z) = \frac{1}{2} \sum_{\langle i, j \rangle} (1 - z_i z_j), \quad z_i \in \{-1, 1\}^n.$$

Здесь значения z_i определяют, к какой из двух частей графа относится вершина, а сумма идет по ребрам $\langle i, j \rangle$. Если спины имеют одинаковые значения (то есть вершины принадлежат одному множеству), то слагаемое $(1 - z_i z_j)$ обнуляется. Операторы $U(H_C, \gamma)$, $U(H_B, \beta)$ примут вид:

$$U(H_C, \gamma) = \prod_{a=1}^m e^{-\frac{1}{2}i\gamma(I - Z_i Z_j)},$$

$$U(H_B, \beta) = \prod_{j=1}^n e^{-i\beta X_j}.$$

Для примера будем запускать программу на графе, который изображен на рис. 1:

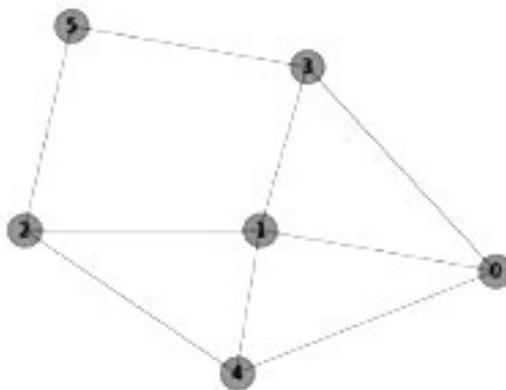


Рис. 1. Граф из 6 вершин для поиска максимального разреза

Начальные значения для параметров γ_0 , β_0 выбираются случайно. В качестве классического алгоритма оптимизации использовалась функция AdagradOptimizer из библиотеки PennyLane.

Результаты работы программы приведены на рис. 2 и рис. 3. Видно, что при увеличении числа операторов (то есть p), решения становятся более точными. Чаще всего встречающиеся битовые строки:

$|001110\rangle, |010011\rangle, |101100\rangle, |110001\rangle$.

Первая и четвертая, а также вторая и третья строки описывают одинаковое распределение вершин на множества. Таким образом, найдено два способа разбить исходный граф.

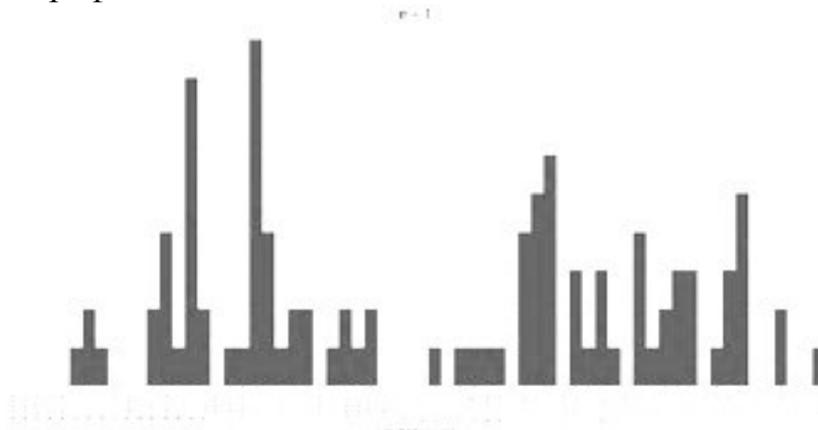


Рис. 2. Распределение решения для $p = 1$

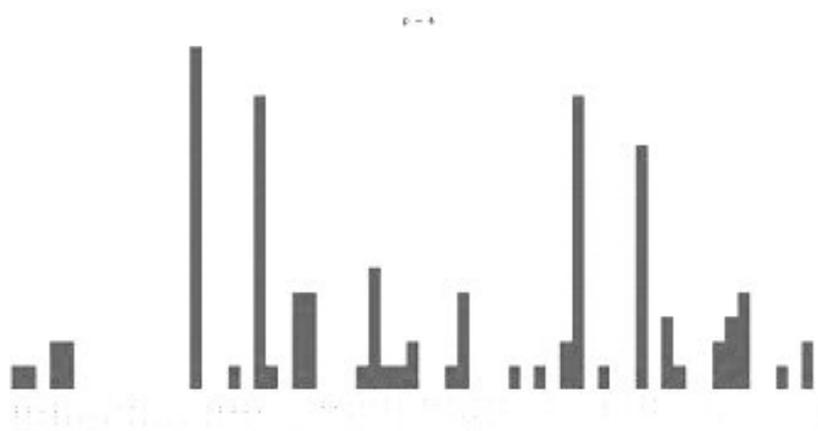


Рис. 3. Распределение решения для $p = 4$

QUBO – это класс задач оптимизации, которые могут быть сформулированы с использованием бинарных переменных и квадратичных целевых функций. В задачах QUBO требуется найти значения бинарных переменных, которые минимизируют квадратичную целевую функцию.

Обычно функция стоимости в QUBO имеет следующий вид:

$$E(x) = \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} d_{ij} x_i x_j, \quad x_i \in \{0,1\},$$

где x_i, x_j – бинарные переменные, d_{ij} – коэффициенты, N – количество бинарных переменных.

Так как существует взаимно однозначное отображение между битовыми цепочками $(0,1)$ и спинами $(-1,1)$, операторы $U(H_C, \gamma)$ и $U(H_B, \beta)$ можно записать в виде:

$$U(H_C, \gamma) = \prod_{i=1}^{N-1} \prod_{j=1}^{N-1} e^{-\frac{d_{ij}}{4} i \gamma (2I - Z_i)(2I - Z_j)},$$

$$U(H_B, \beta) = \prod_{j=1}^n e^{-i \beta x_j}.$$

Для примера будем запускать алгоритм для функции:

$$E(x) = 2x_1x_2 + 2x_1x_3 - 2x_1 - x_2 - x_3 + 1.$$

После перехода $x_i \rightarrow \frac{1-Z_i}{2} \rightarrow \frac{I-Z_i}{2}$, получаем:

$$E(Z) = Z_1Z_2 + Z_1Z_3,$$

где Z_i – операторы Паули-Z.

Зависимость целевой функции от битовой строки x показаны на рис. 4.

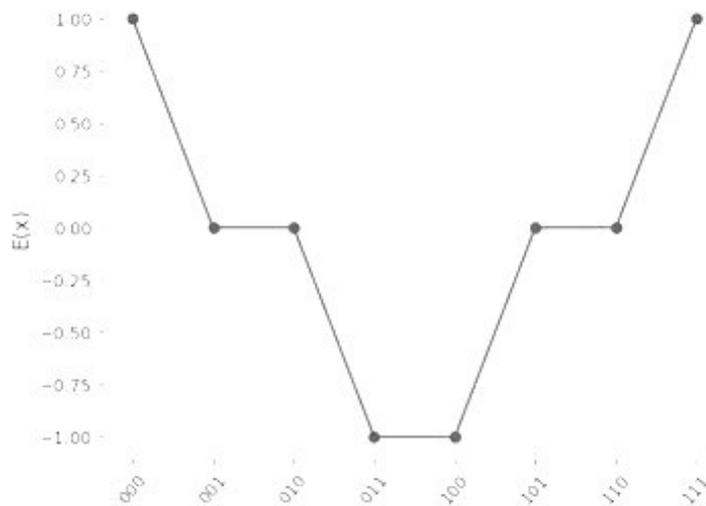


Рис. 4. График зависимости $E(x)$ от x

Из рис. 4 видно, что функция принимает наименьшие значения на строках $|011\rangle$ и $|100\rangle$.

Результаты работы программы приведены на рис. 5 и рис. 6:

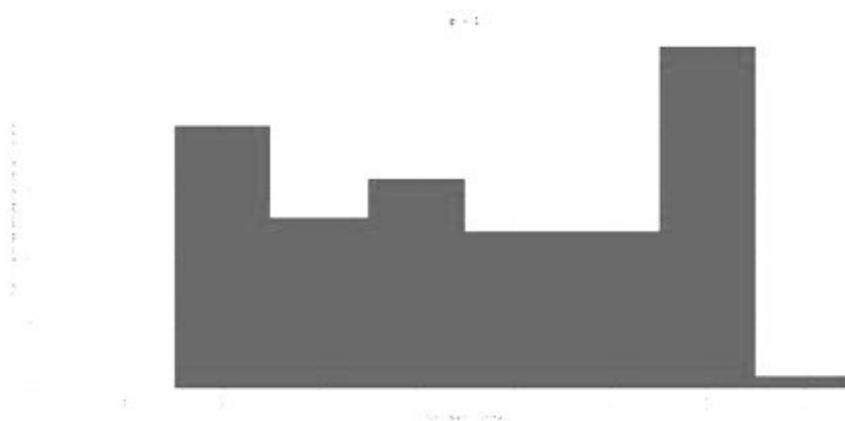


Рис. 5. Распределение решения при $p = 1$

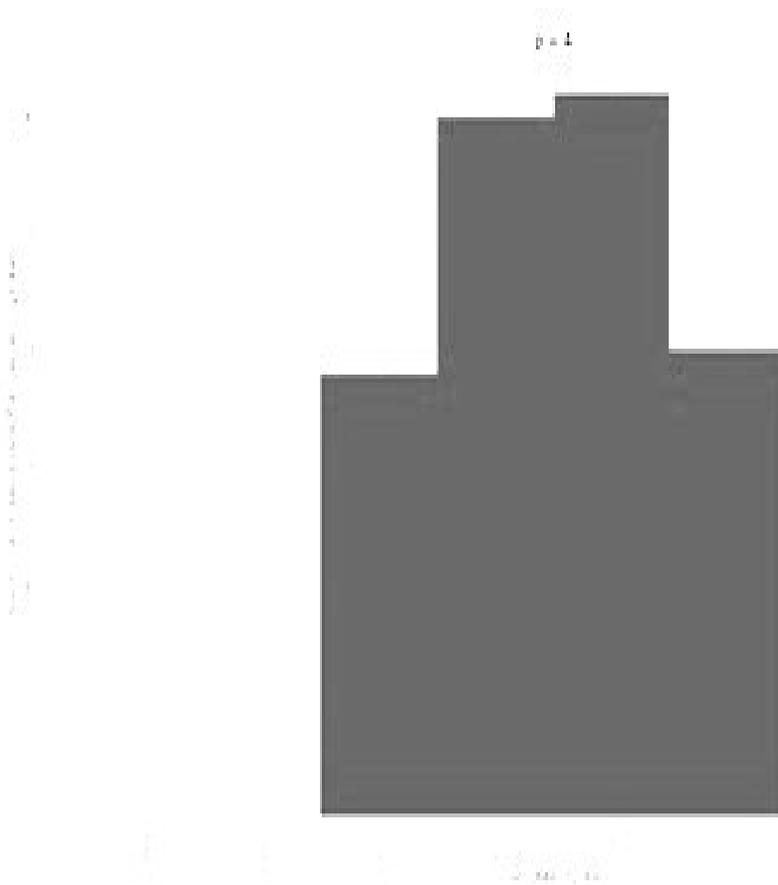


Рис. 6. Распределение решения при $p = 4$

С увеличением числа параметров частота правильных решений увеличивается.

Библиографический список

1. E. Farhi, J. Goldstone, and S. Gutmann. A quantum approximate optimization algorithm. arXiv preprint arXiv:1411.4028, 2014
2. Хидари, Д.Д. Квантовые вычисления. Прикладной подход / Д.Д. Хидари; перевод с английского В.А. Яроцкого. – М.: ДМК Пресс, 2021. – 370 с. – ISBN 978-5-97060-890-6. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/240920> (дата обращения: 18.05.2023). – Режим доступа: для авториз. пользователей
3. Tanmoy Bhattacharya, Rajan Gupta, Weonjong Lee, Stephen R. Sharpe. Scaling behavior of discretization errors in renormalization and improvement constants. arXiv: hep-lat/0509160, 2006
4. E. Farhi, J. Goldstone, S. Gutmann, and M. Sipser. Quantum Computation by Adiabatic Evolution. arXiv: quant-ph/0001106, 2000

© Гумеров И.И., 2023

А.С. ДОБРОВОЛЬЦЕВ

sdobrovoltsev@ya.ru

Науч. руковод. – ст. преподаватель **А.В. ЮЛДАШЕВ**

Уфимский университет науки и технологий

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОДХОДОВ К ПОВЫШЕНИЮ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАСЧЕТОВ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА КЛАСТЕРНЫХ СИСТЕМАХ

Аннотация: для задачи гидродинамического моделирования нефтегазовых месторождений рассмотрены подходы, которые можно использовать в целях повышения эффективности параллельных вычислений при расчетах на высокопроизводительных вычислительных кластерных системах, такие как: использование специализированной декомпозиции гидродинамической модели с учетом проницаемости расчетных ячеек, использование предобусловливателей RAS ILU(0), AIPS.

Ключевые слова: гидродинамическое моделирование; многоядерные системы; предобусловливатели; разреженные матрицы.

Для современных гидродинамических моделей нефтегазовых месторождений характерно все большее число расчетных ячеек в целях более детального моделирования протекающих процессов. Так число ячеек в моделях может достигать 10^9 , что говорит об актуальности использования кластерных высокопроизводительных вычислительных систем.

В основе гидродинамического моделирования нефтегазовых месторождений лежит система уравнений в частных производных, описывающая распределение насыщенностей и давлений фаз в пласте, которая дискретизируется по пространству методом конечных объемов с использованием полностью неявной схемы по времени и сводится к системе нелинейных алгебраических уравнений. Для решения систем нелинейных уравнений наиболее часто используется метод Ньютона, в результате применения которого необходимо решение больших разреженных линейных систем вида

$$Ax = b, \quad (1)$$

где A – матрица размерности $N \times N$, а b – вектор правой части. Таким образом, алгоритмы решения систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) с разреженной матрицей занимают одну из главных ролей при полномасштабном гидродинамическом моделировании процессов нефтегазодобычи.

Одним из распространенных предобусловливателей, в том числе применяемых при итерационном решении СЛАУ, возникающих в процессе численного моделирования фильтрации углеводородов в пористых средах,

является неполное LU-разложение без заполнения – ILU(0) [1]. При распараллеливании зачастую применяется блочная модификация – BILU(0).

Опыт проведения расчетов гидродинамических моделей нефтегазовых месторождений на вычислительном кластере показывает, что в некоторых случаях эффективность параллельных вычислений даже в рамках одного вычислительного узла может составлять менее 50%. Это в том числе связано с ухудшением скорости сходимости итерационных методов решения СЛАУ при использовании предобусловливателя BILU(0).

Целью данной работы является реализация подходов, позволяющих повысить параллельную эффективность за счет стабилизации сходимости итерационных методов при кластерных расчетах.

Стоит отметить, что проведение расчетов на кластерных системах сопряжено с декомпозицией гидродинамических моделей. Так, существуют разные пакеты, используемые для декомпозиции модели на домены, например, METIS [2], Zoltan [3]. Декомпозиция, как правило, производится следующим образом: на основе расчетной сетки строится граф, который разбивается на k частей с минимизацией количества разрезанных ребер, что позволяет сократить общий объем коммуникаций между процессами при моделировании.

На рис. 1 представлена иллюстрация разделения расчетных ячеек между доменами (а) и ячейки, используемые в коммуникациях между доменами (б). Пунктир, соединяющий ячейки – скважина.

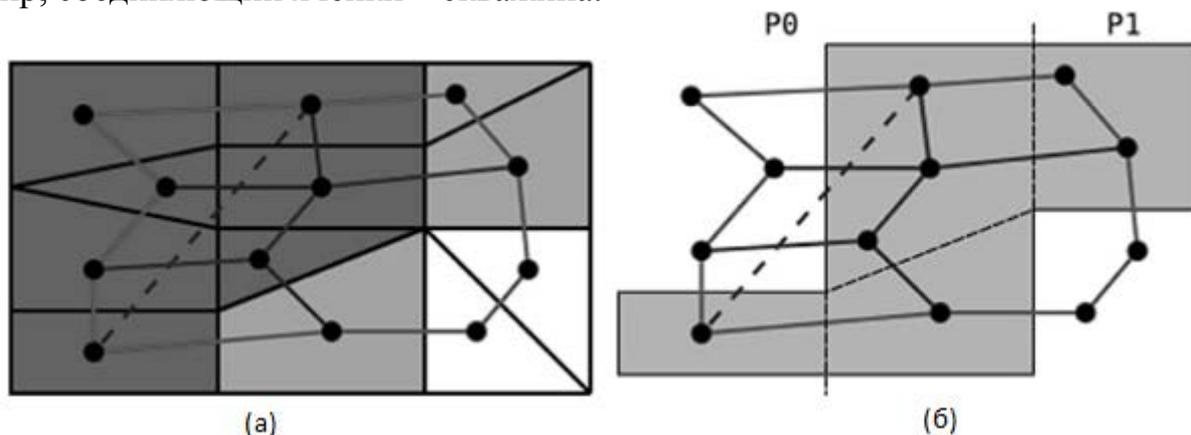


Рис. 1. Граф расчётных ячеек с одной скважиной.

(а) Внутренние (темно-серый) и дополнительные (серый) ячейки в домене.

(б) Ячейки, используемые в коммуникациях между доменами

В работе [4] предложен метод разбиения графа, в котором вес ребра, связывающий расчетные ячейки, задается коэффициентом проницаемости. В то время, как у ячеек, соединенных скважиной, вес ребер задается максимальным. Данное условие нужно для того, чтобы ячейки попали в один домен.

В работе показано, что использование проницаемости в качестве весов ребер графа позволяет улучшить сходимость линейного решателя. Однако такое разбиение не обеспечивает минимум по количеству разрезанных ребер, поэтому может вырасти общий объем коммуникаций.

В работе [5] применено предобусловливание с помощью аддитивного метода Шварца с ограничениями – RAS ILU(0) [6]. В результате показано, что

применение данного предобусловливателя позволяет уменьшить число итераций до 18%, однако время расчета может варьироваться от 92% до 104% относительно времени расчета предобусловливателя ВІLU(0). Замедление, возникающее несмотря на уменьшение числа итераций, связано с увеличением накладных коммуникационных расходов.

Использование предобусловливателя ВІLU(0) с разным числом блоков является неэквивалентным, т.к. при увеличении числа блоков часть элементов LU-разложения отбрасывается, следовательно, может ухудшаться сходимость итерационного метода. Однако подобной неэквивалентности при распараллеливании можно избежать, воспользовавшись, например, предобусловливателем на основе аппроксимации обратной матрицы путем разложения в ряд Неймана (AIPS) [7]

$$A^{-1} \approx M_N^{-1} = \left[E + \sum_{k=1}^N (-1)^k (P^{-1}R)^k \right] P^{-1}, \quad (2)$$

$$A = P + R. \quad (3)$$

В дальнейшем планируется провести практическое исследование эффективности рассмотренных подходов на вычислительном кластере УУНиТ

Библиографический список

1. Saad. Y. Iterative methods for sparse linear systems. 2nd ed. Philadelphia, PA, USA: SIAM, 2003. — 528 p.
2. G. Karypis, V. Kumar. A fast and high quality multilevel scheme for partitioning irregular graphs. SIAM J. Sci. Comput. 1998. Vol 20, No 1, pp 359-392.
3. Boman E., Devine K., Catalyurek U., Bozdag D., Hendrickson B., Mitchell W.F., Teresco J.. Zoltan: Parallel Partitioning, Load Balancing and Data-Management Services. Developer's Guide, Version 3.3.
4. Rasmussen A.F., Sandve T.H., Bao K., Lauser A., Hove J., Skaflestad B., Klö R. - The Open Porous Media Flow reservoir simulator // Computers & Mathematics with Applications 2021. Vol 81, pp 159-185.
5. Губайдуллин Р.Р., Репин Н.В., Сайфутдинов Р.Ф., Юлдашев А.В. Специализированный решатель разреженных систем линейных алгебраических уравнений на вычислительных кластерах, оснащенных графическими процессорами // Суперкомпьютерные дни в России: труды международной конференции (26-27 сентября 2016г., г. Москва). – М.: Изд-во МГУ, 2016. С. 673-682.
6. Cai X.-C., Sarkis M. A Restricted Additive Schwarz Preconditioner for General Sparse Linear Systems. SIAM Journal on Scientific Computing, 1999, Vol. 21, No. 2. P. 792-797
7. Юлдашев А.В., Репин Н.В., Спеле В.В. Параллельный предобусловливатель на основе степенного разложения обратной матрицы для решения разреженных линейных систем на графических процессорах // Вычислительные методы и программирование, 2019. Т. 20. С. 444-456

© Добровольцев А.С., 2023

Г.Р. КАРИМОВА

gulnazkar69@gmail.com

Науч. руковод. – д-р физ.-мат. наук, доцент **Э.В. ГАЛИАКБАРОВА**

Институт механики им. Р.Р. Мавлютова – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения ИМех УФИЦ РАН

АКУСТИЧЕСКИЕ ВОЛНЫ НА ГРАНИЦЕ РАЗДЕЛА ДВУХ СРЕД

Аннотация: в данной работе показаны некоторые особенности динамики акустической волны, рассматриваемой при наклонном падении на границе раздела сред – воды в песок, насыщенный водой или гидратом метана. Найден угол падения, при котором отсутствует отраженная волна, а при слое песка, насыщенного газогидратом, проявляется волноводные свойства при углах полного внутреннего отражения продольных и поперечных волн.

Ключевые слова: газогидрат; пористая среда; продольные волны; поперечные волны; водонасыщенность; гидратонасыщенность; акустика.

Природные газогидраты метана являются одним из многообещающих источников энергии с большим содержанием углеводородов. Благоприятной средой образования подобных залежей являются донные отложения в водоемах мирового океана, а также слои земной коры с вечной мерзлотой [1]. Построение математических моделей акустических волн на границе «вода – водонасыщенные, гидратонасыщенные породы; водонасыщенные породы – гидратонасыщенные породы» позволит более подробно разработать теоретические основы методов нахождения, освоения подобных залежей, определить плотности и масштабы таких пластов.

В данной работе представлены особенности акустических волн при наклонном падении на границе раздела «вода – песок, насыщенный водой или гидратом метана» [2]. Плоскость $z=0$ – граница раздела сред и механическое состояние не зависит от координаты оси y ; вдали от границы раздела находится источник звука; под углом $\theta \leq 90^\circ$ к поверхности раздела расположен фронт падающей волны. На рис. 1 верхняя полуплоскость представлена водой, сжимаемой в акустическом приближении, а нижняя полуплоскость песок – упругое изотропное тело. В рамках гипотезы потенциальности описано распространение волны и для каждой из сред записаны уравнения потенциалов скоростей, отраженной, падающей, прошедшей продольной и поперечной волн, а также векторов смещения частиц. Граничные условия показывают равенство скорости частиц в воде и песке, равенство смещений частиц и отсутствие касательных напряжений в песке.

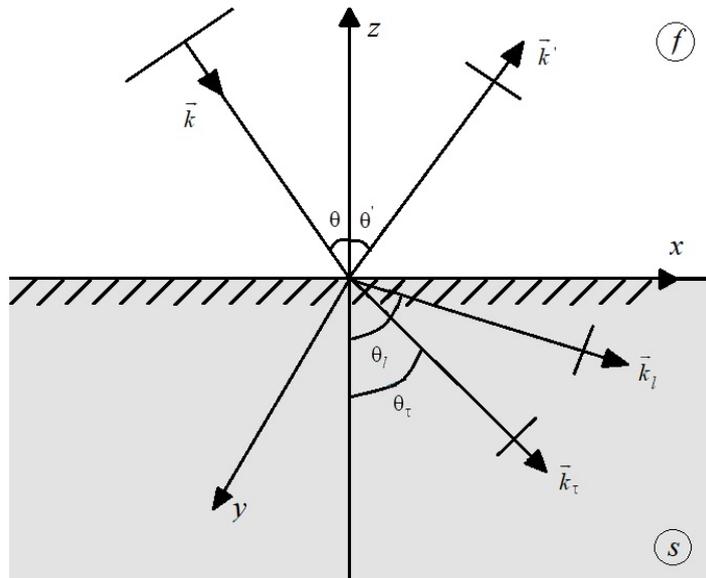


Рис. 1. Схема распространения проходящей, отраженной и падающей волн на границу раздела воды и пористой среды

Учитывая граничные условия получена система для коэффициентов отражения N , прохождения продольной M_l и поперечной M_τ волн:

$$\begin{cases} N = \frac{\xi_l \cos^2 2\theta_\tau + \xi_\tau \sin^2 2\theta_\tau - 1}{\xi_l \cos^2 2\theta_\tau + \xi_\tau \sin^2 2\theta_\tau + 1}, \\ M_l = \frac{\rho}{\rho_1} \frac{2\xi_l \cos 2\theta_\tau}{\xi_l \cos^2 2\theta_\tau + \xi_\tau \sin^2 2\theta_\tau + 1}, \\ M_\tau = \frac{\rho}{\rho_1} \frac{2\xi_\tau \sin 2\theta_\tau}{\xi_l \cos^2 2\theta_\tau + \xi_\tau \sin^2 2\theta_\tau + 1}. \end{cases} \quad (1)$$

где $\xi_l = \frac{z_l}{z} = \frac{\rho_1 C_l \cos \theta}{\rho C_w \cos \theta_l}$, $\xi_\tau = \frac{z_\tau}{z} = \frac{\rho_1 C_\tau \cos \theta}{\rho C_w \cos \theta_\tau}$ – приведенные импедансы в песке

для продольной и поперечной волн; $z = \frac{\rho C_w}{\cos \theta}$, $z_l = \frac{\rho_1 C_l}{\cos \theta_l}$, $z_\tau = \frac{\rho_1 C_\tau}{\cos \theta_\tau}$ – волновые

сопротивления для волн в воде и песке.

Используя экспериментальные данные [3] значений скоростей продольных и поперечных волн показаны зависимости угла падения от углов преломления продольной и поперечной волн (рис. 2), где в водонасыщенном песке при любых насыщенностях будет определяться прошедшая продольная и поперечные волны.

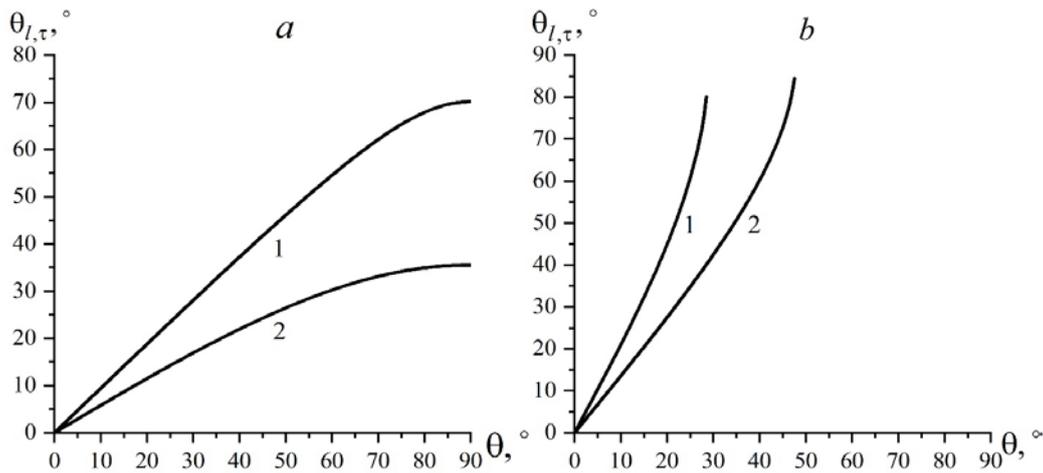


Рис. 2. Зависимости углов преломления продольной θ_l (линия 1) и поперечной θ_τ (линия 2) волн от угла падения волны θ для песка, насыщенного водой (а) и гидратом (б) при $S=0,2$

Продемонстрированы модули коэффициентов отражения, прохождения продольной и поперечной волн на рис. 3 для водонасыщенного песка при $S=0,2$ с изменением угла падения. Видно, при падении под углом в 90° волна скользит по поверхности раздела, а при падении под углом 50° – волна полностью проникает в песок.

Рассмотрены модули коэффициентов отражения, прохождения продольной и поперечной волн на рис. 4 для гидратонасыщенного песка при $S=0,2$ с изменением угла падения. Заметим, что в случае гидратонасыщенного песка волна приобретает свойства волнового канала при критических углах падения равных 29° и 48° , усиливаясь в песке в пределах некоторого слоя толщины h_l и h_τ . Это усиление волны в большей степени проявляется для поперечных волн.

Построена динамика импульсного сигнала колоколообразной формы вблизи границы раздела по алгоритму быстрого преобразования Фурье [4, 5, 6], для песка, насыщенного водой и газогидратом при $S=0,2$. Численный анализ позволяет предположить в совокупности с другими методами для диагностики донных газогидратных залежей необходимо в слое песка толщины h_l установить датчики сдвиговых перемещений.

Эти аспекты позволили рассмотреть особенности распространения поверхностных акустических волн горизонтальной поляризации на границе между слоем водонасыщенного песка и песка, насыщенным гидратом метана. Для этого проведен численный и аналитический анализ дисперсионных уравнений с учетом экспериментальных данных [3], предложена идея определения наличия гидрата в песке по глубине проникания и дисперсии скорости таких волн горизонтальной поляризации.

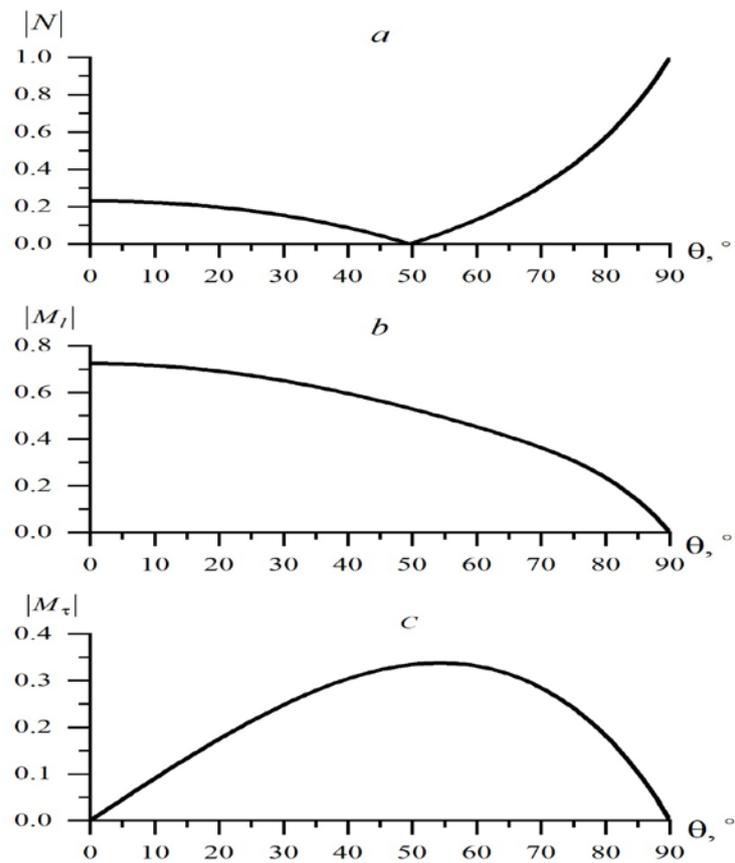


Рис. 3. Зависимости модулей коэффициентов $|N|$ отражения (а), прохождения $|M_l|$ продольной (б) и $|M_\tau|$ поперечной (в) волн от угла падения волны θ для песка, насыщенного водой

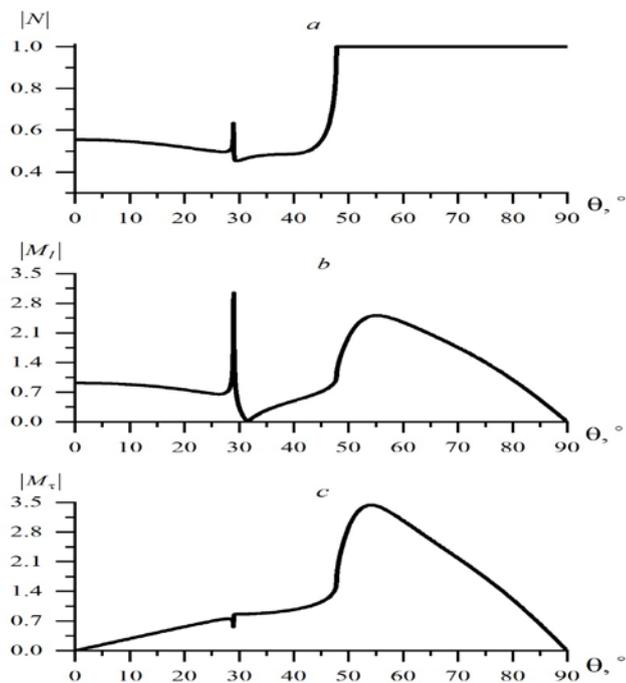


Рис. 4. Зависимости угла падения волны θ от модулей коэффициентов отражения $|N|$ (а), прохождения продольной $|M_l|$ (б) и поперечной $|M_\tau|$ (с) волн для песка, насыщенного газогидратом

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 21-11-00207, <https://rscf.ru/project/21-11-00207/>.

Библиографический список

1. Шагапов В.Ш., Рафикова Г.Р., Каримова Г.Р. «Динамика волн Стоунли на границе «вода – насыщенный водой или газогидратом песок»» // Инженерно-физический журнал. 2022. Т. 95. № 4. С. 869–875.

2. Galiakbarova E.V., Karimova G.R., Rafikova G.R. Dynamics of Sonic Wave under Reflection and Transmission at the Interface of Water and Sand Saturated with Water or Gas Hydrate // Lobachevskii Journal of Mathematics. 2023. Vol. 44. No. 5. Pp. 1621–1628.

3. Дучков А.Д., Дучков А.А., Дугаров Г.А., Дробчик А.Н. Скорости ультразвуковых волн в песчаных образцах, содержащих воду, лёд или гидраты метана и тетрагидрофурана // Доклады академии наук. 2018. Т. 478, №1. С. 94–99.

4. Галиакбарова Э.В. Математическое моделирование распространения импульса давления по трубопроводной системе, заполненной капельной жидкостью // Региональная школа-конференция для студентов, аспирантов и молодых ученых по математике и физике: Сборник трудов, Уфа, 01–02 июня 2001 года. Т. 1. 2001. – С. 55–59.

5. Шагапов В.Ш. Галиакбарова Э.В., Хакимова З.Р. Динамика импульсных сигналов в трубопроводе, заполненном метано-парокапельной смесью и подверженном газогидратным отложениям // Инженерно-физический журнал. 2021. Т. 94, № 3. С. 698–706.

6. Шагапов В.Ш., Галиакбарова Э.В., Хакимова З.Р. К теории акустического зондирования трубчатых каналов, содержащих участки с нарушением герметичности // Инженерно-физический журнал. 2018. Т. 91, № 3. С. 709–719.

© Каримова Г.Р., 2023

А.Р. КИРЁЕВА

Azaliya5s@yandex.ru

Науч. руковод. – канд. техн.наук, доцент **И.А. ЛАКМАН**

Уфимский университет науки и технологий

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ СТАТИСТИКА НА ПРИМЕРЕ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Аннотация: произведен обзор применения методов пространственной статистики для исследования распространения сердечно сосудистых заболеваний. С помощью пространственной статистики выявлены факторы, влияющие на развитие и распространение сердечно-сосудистых заболеваний.

Ключевые слова: пространственная модель; сердечно сосудистые заболевания; модель выживания.

Существует проблема высокой смертности у пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями (ССЗ). Требуется исследовать факторы, которые оказывают влияние на развитие и распространение сердечно-сосудистых заболеваний. Распределение пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями обусловлено, в том числе, пространственными факторами. Такую проблему предлагается изучать с помощью пространственного моделирования.

Проблемы распространения пространственной связности в развитии ССЗ проводил Шивэй Лю в статье [1], определяющей влияние фактора национального и провинциального уровня на ССЗ с 1990 по 2016 гг. в Китае. Сердечно-сосудистые заболевания в данной работе, были изучены по нескольким категориям: возраст, пол, год рождения и еще 10 подкатегорий. Оценки были составлены для всех административных единиц на уровне провинций материкового Китая, Гонконга и Макао.

В итоге автор пришел к выводу, что в период с 1990 по 2016 год ежегодное число случаев смерти от сердечно-сосудистых заболеваний увеличилось с 2,51 миллиона до 3,97 миллиона; стандартизированный по возрасту коэффициент смертности снизился на 28,7. С 1990 года число распространенных случаев сердечно-сосудистых заболеваний удвоилось, достигнув почти 94 миллионов в 2016 году. Стандартизированный по возрасту показатель распространенности сердечно-сосудистых заболеваний в целом значительно увеличился с 1990 по 2016 гг. на 14,7%, как и показатели ишемической болезни сердца (19,1%), ишемического инсульта (36,6%), кардиомиопатии и миокардита (23,1%) и эндокардита (26,7%). Бремя сердечно-сосудистых заболеваний оказалось ниже в прибрежных провинциях с более высоким уровнем экономического развития.

Сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ) оказывают больше влияние и являются причиной смерти и инвалидности во всем мире. Именно этот вопрос рассматривается в работе Карлоса Мена [2]. Для эффективного контроля эпидемии необходимо определить группы населения, подверженные риску, и выявить уязвимые районы. Это имеет большое значение для адекватного эпидемиологического управления.

Географические информационные системы и пространственная статистика, включая методы обнаружения кластеров и пространственной корреляции, представляют собой инструменты для изучения распространения сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) с использованием пространственного анализа.

В данной работе показано, что ССЗ группируются по заболеваемости, смертности, госпитализации, а также факторам, таким как ожирение, курение, повышенный уровень гликированного гемоглобина, артериальная гипертензия, физическая активность и возраст. Приобретенные переменные, такие как доход, место жительства (сельская или городская местность) и образование, также влияют на кластеризацию ССЗ.

Далее рассмотрим распределение и пространственную автокорреляцию показателей госпитализации по поводу сердечно-сосудистых заболеваний у взрослых в Бразилии. Данный анализ проводил Fernanda Sabini Faix Figueiredo в работе [3]. Также будет проверена корреляция между этими показателями и социально-экономическими факторами и факторами здоровья. Для достижения данной цели использовалась экологическая методика исследования, которая позволяет анализировать данные на уровне групп или территорий. Проанализированы показатели госпитализации за период с 2005 по 2016 годы. Для оценки пространственной зависимости используется глобальный и локальный автокорреляционные коэффициенты Морана. Кроме того, рассчитана корреляция между показателями госпитализации и социально-экономическими и медицинскими переменными с использованием коэффициента корреляции Спирмена. Результаты исследования показали, что наиболее высокие показатели госпитализации по сердечно-сосудистым заболеваниям наблюдались в штатах Санта-Катарина, Парана, Сан-Паулу и Мату-Гросу. Были выявлены кластеры высокой автокорреляции для ишемической болезни сердца. Установлено, что госпитализация по этим заболеваниям сильно коррелирует с низкой успеваемостью, употреблением алкоголя и диагностикой артериальной гипертензии. Таким образом, исследование подтверждает связь между высоким уровнем госпитализации по сердечно-сосудистым заболеваниям и социально-экономическими факторами и факторами здравоохранения в упомянутых штатах Бразилии. Это свидетельствует о необходимости государственной политики, направленной на борьбу с этими заболеваниями.

Результат проведенного обзора позволяет сделать вывод о том, что пространственные модели пригодны для прогнозирования распространения сердечно-сосудистых заболеваний.

Результаты подтверждают преимущества использования моделей, которые учитывают пространственно-временные факторы при исследовании распространения сердечно сосудистых заболеваний. Факторы, влияющие на развитие ССЗ: ожирение, курение, повышенный уровень гликированного гемоглобина, артериальная гипертензия, физическая активность, возраст, сахарный диабет, географическое расположение.

Библиографический список

1. PubMed [Электронный ресурс] / JAMA Cardiol. – Электрон.дан. – Режим доступа: Burden of Cardiovascular Diseases in China, 1990–2016: Findings From the 2016 Global Burden of Disease Study – PubMed (nih.gov). – Загл. с экрана.
2. PubMed [Электронный ресурс] / Geospat Health. – Электрон.дан. – Режим доступа: Spatial analysis for the epidemiological study of cardiovascular diseases: A systematic literature search – PubMed (nih.gov). – Загл. с экрана.
3. PubMed [Электронный ресурс] / Rev Gaucha Enferm. – Электрон.дан. – Режим доступа: Distribution and spatial autocorrelation of the hospitalizations for cardiovascular diseases in adults in Brazil – PubMed (nih.gov). – Загл. с экрана.

© Киреева А.Р., 2023

А.Ю. КОЗЛОВА

kozlovaamno@mail.ru

Науч. руковод. – канд. физ.-мат. наук, доцент **К.И. МИХАЙЛЕНКО**

Уфимский университет науки и технологий

КОНТИНУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ НЕСОМОЙ ДИСПЕРСНОЙ СРЕДЫ

Аннотация: представлена математическая модель с континуальным представлением дисперсной фазы. Для описанной модели выбран решатель для многофазного потока twoPhaseEulerFoam в программном пакете OpenFOAM.

Ключевые слова: многофазовый поток; континуальная модель; OpenFOAM; метод конечных объемов; twoPhaseEulerFoam.

В современной химической промышленности многофазные реакторы с подвижным слоем гранулированных катализаторов становятся все более значимыми, несмотря на их сложные и недостаточно изученные гидродинамические характеристики. Особенно важным является переход от лабораторных исследований к промышленному оборудованию. В настоящее время широко применяются вихревые трубы, которые могут использоваться для очистки среды или осушения газа. В связи с этим возникает необходимость

моделирования двухфазной дисперсной среды, чтобы лучше понять и оптимизировать процессы, связанные с такими системами [1, 2].

Вычислительная гидродинамика (CFD – Computational Fluid Dynamics) – наиболее подходящий инженерный инструмент для прогнозирования потоков в различных типах устройств в промышленных масштабах. Несмотря на то, что инструменты для применения однофазной CFD потока широко доступны и многофазной CFD, но в то же время это все еще является сложным как с физической, так и с численной точки зрения. Более того, экспериментальная проверка многофазных CFD-моделей все еще находится в зачаточном состоянии, поскольку моделирование требует много времени, и поэтому надежные прогнозы средних потоков в крупномасштабном оборудовании получить нелегко [3].

Существует два подхода для моделирования динамики дисперсной среды в потоке несущей фазы: Эйлер-Лагранж, где каждая частица представлена как отдельная и Эйлер-Эйлер, где дисперсная среда описывается континуальной моделью. В системе Эйлера-Лагранжа непрерывная фаза решается в Эйлеровой системе отсчета, а частицы или дисперсная фаза решается в Лагранжевой системе отсчета. Частицы могут переместиться пассивно или могут быть связаны с уравнениями, управляющими жидкостью. Частицы могут взаимодействовать с границами: могут отскакивать, прилипать или образовывать пленку на стенках. Данная формулировка учитывает взаимодействие частиц и массоперенос.

Уравнение модели может быть записано следующим образом:

$$m \frac{dU}{dt} = F_{drag} + F_{pressure} + F_{virtualmass} + F_{other}.$$

Динамика несущей среды описывается уравнениями представленными ниже.

В модели динамики двухфазных сред каждая фаза может быть описана с использованием уравнения в Эйлеровом представлении. Также такую модель называют моделью с континуальным представлением дисперсной фазы. Обе фазы рассматриваются как непрерывные, взаимопроникающие друг в друга и описываются усредненными уравнениями сохранения. Процесс усреднения в контексте этого исследования вводит в рассмотрение фазовую переменную α , которая представляет собой вероятностную характеристику присутствия определенной фазы в конкретный момент времени и также в пространственной точке [4].

Основные уравнения континуальной модели для несжимаемых дисперсных фаз могут быть представлены в следующем виде:

- уравнение неразрывности для несущей среды:

$$\frac{\partial \alpha_k \rho_k}{\partial t} + \nabla \cdot (\alpha_k \rho_k U_k) = 0,$$

- уравнение неразрывности для дисперсной среды:

$$\frac{\partial \alpha_k \rho_k}{\partial t} + \nabla \cdot U_k \alpha_k \rho_k + \nabla \cdot (U_m \alpha_k \rho_k (1 - \alpha_k)) = 0,$$

- уравнение импульсов (одинаково для обеих фаз):

$$\frac{\partial \alpha_k \rho_k U_k}{\partial t} + \nabla \cdot (\alpha_k \rho_k U_k U_k) = -\nabla \cdot (\alpha_k \tau_k) - \alpha_k \nabla p + \alpha_k \rho_k g,$$

$$\sum_k \alpha_k = 1.0, \quad \rho_m = \sum_k \alpha_k \rho_k, \quad U_m = \frac{\sum_k \alpha_k \rho_k U_k}{\rho_m},$$

где α – объемная доля каждой фазы, ρ – плотность, U – скорость, g – ускорение свободного падения, τ – тензор вязких напряжений, p – термодинамическое давление.

Уравнения для несущей среды при $\alpha_k = 1$ используются для описания несущей среды при Эйлерово-Лагранжевом подходе.

В качестве инструмента для решения поставленной задачи был выбран пакет прикладных программ OpenFOAM (Open Source Field Operation And Manipulation CFD ToolBox – пакет программ для операций и манипуляций с полями с открытым исходным кодом). OpenFOAM – свободно распространяемая открытая интегрируемая платформа вычислительной гидродинамики для операций с полями (скалярными, векторными и тензорными) [5]. В данном пакете реализуется метод конечных объемов (МКО) – способ построения консервативных схем для различных сеток (неравномерных, неструктурированных, криволинейных) [6, 7]. Основные положения МКО рассматривают «стандартное» уравнение баланса некой величины φ в контрольной объеме Ω , ограниченное поверхностью S с внешней нормалью \bar{n} :

$$\int_{\Omega} \frac{\partial(\rho\varphi)}{\partial t} d\Omega + \sum_k \int_{S_k} \bar{n} \cdot \bar{q} dS = \int_{\Omega} Q d\Omega,$$

$$\bar{q} = \rho\varphi\bar{v} - \gamma\nabla\varphi, \quad S = \sum_k S_k,$$

где \bar{q} – вектор плотности потока величины φ , включающий диффузную и конвективную составляющие, Q – плотность распределения объемных источников, \bar{v} – вектор скорости, ρ – плотность среды, γ – коэффициент диффузии.

Перед тем как переходить к расчетам, необходимо выбрать подходящий решатель, способный предоставить корректные расчеты, в соответствии с поставленной задачей. В программном пакете OpenFOAM нет универсального решателя, применимого ко всем случаям. Для нашего случая выберем решатель для многофазного потока. Из всего многообразия решателей, существующих в OpenFOAM, наиболее подходящим является – twoPhaseEulerFoam, так как он разработан для системы из двух сжимаемых фаз, одна из которых является дисперсной. Обе фазы описываются с использованием уравнений сохранения Эйлера. При таком подходе каждая из фаз рассматривается как непрерывная среда.

В дальнейшей работе планируется построить корректную двух- и трехмерную модель нижней части лифт-реактора в программном пакете OpenFOAM.

Библиографический список

1. Урманчеев С.Ф., Киреев В.Н., Ильясов А.М. [и др.] К исследованию гидродинамических особенностей процессов переработки нефти // Башкирский химический журнал. – 2000. – №5. – С. 66–72.
2. Михайленко К.И., Валева Ю.Р. Моделирование осаждения мелкодисперсной взвеси из воздуха при прохождении волн давления // Вычислительные методы и программирование. – 2013. – №3. – С. 328–333.
3. Brennen C.E. Fundamentals of Multiphase Flows. – Cambridge: Cambridge University Press, 2005. – 407 с.
4. Hill D.P. The Computer Simulation of Dispersed Two-Phase Flows: дис. канд. London, 1998. – 338 с.
5. Нуриев А.Н., Зайцева О.Н., Камалутдинов А.М., Жучкова О.С. Введение в компьютерное моделирование гидродинамических процессов в программном комплексе OpenFOAM: учебное пособие. – Казань: Издательство Казанского университета, 2022. – 84 с.
6. Патанкар С.В. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 152 с.
7. Патанкар С.В. Численное решение задач теплопроводности и конвективного теплообмена при течении в каналах. – М.: Издательство МЭИ, 2003. – 312 с.

© Козлова А.Ю., 2023

УДК 530.145.83

И.И. МУРАТШИН

muratshin.ilgam96@gmail.com

Науч. руковод. – д-р физ.-мат. наук, проф. **С.Ю. ЛУКАЩУК**

Уфимский университет науки и технологий

КВАНТОВЫЕ СЛУЧАЙНЫЕ БЛУЖДЕНИЯ ПО ОДНОМЕРНОЙ РЕШЕТКЕ И ГИПЕРКУБУ

Аннотация: выполнена программная реализация квантовых алгоритмов, описывающих квантовые случайные блуждания по одномерной решетке и гиперкубу в дискретном времени. Проведены серии вычислительных экспериментов, позволившие установить характерные особенности данных квантовых процессов.

Ключевые слова: квантовое случайное блуждание; квантовая монета; квантовый алгоритм; одномерная решетка; гиперкуб.

Квантовая механика – фундаментальная область физики, которая описывает микромир, включая атомы, молекулы и элементарные частицы [1]. Квантовые явления, такие как суперпозиция состояний и квантовая запутанность, отличаются от классической механики и порождают ряд интересных эффектов. Один из таких эффектов – квантовые случайные блуждания – представляет собой случайное движение частицы в квантовой системе [2].

Квантовые случайные блуждания имеют потенциально широкий спектр применений в физике, химии, биологии и информатике. Например, они могут быть использованы для описания диффузии в квантовых системах или для генерации случайных чисел в криптографии.

Цель данной работы – исследовать квантовые случайные блуждания по одномерной решетке и гиперкубу. Для достижения этой цели, с использованием материалов работ [3, 4] и библиотек языка Python, были выполнены программные реализации соответствующих квантовых алгоритмов.

1. Квантовое случайное блуждание на одномерной решетке

Для квантового случайного блуждания в дискретном времени используется одномерная решетка (линия), положение частицы в которой описывается вектором $|n\rangle$ в гильбертовом пространстве. Эволюция блуждания зависит от квантовой монеты, которая так же описывается вектором, и может принимать состояния $|\uparrow\rangle$ и $|\downarrow\rangle$. Если состояние монеты будет $|\uparrow\rangle$, то положение частицы изменится на $|n + 1\rangle$, а если состояние монеты $|\downarrow\rangle$, то следующая

позиция будет $|n - 1\rangle$.

Переход из состояния $|n\rangle$ в $|n + 1\rangle$ или $|n - 1\rangle$ осуществляется с помощью унитарного оператора S . Он действует следующим образом:

$$\begin{aligned} S|\uparrow\rangle|n\rangle &= |\uparrow\rangle|n + 1\rangle, \\ S|\downarrow\rangle|n\rangle &= |\downarrow\rangle|n - 1\rangle. \end{aligned}$$

Полное описание линейного оператора имеет вид

$$S = |\uparrow\rangle\langle\uparrow| \otimes \sum_{n=-\infty}^{n=\infty} |n + 1\rangle\langle n| + |\downarrow\rangle\langle\downarrow| \otimes \sum_{n=-\infty}^{n=\infty} |n - 1\rangle\langle n|.$$

Квантовое блуждание начнется тогда, когда мы «запутаем» состояние монеты, используя оператор Адамара. Пример:

$$|\uparrow\rangle \xrightarrow{H} \frac{|\uparrow\rangle + |\downarrow\rangle}{\sqrt{2}}.$$

Таким образом, динамика квантового блуждания управляется унитарным оператором

$$U = S(H \otimes I).$$

На рис. 1 показана квантовая схема для одного шага по одномерной решетке.

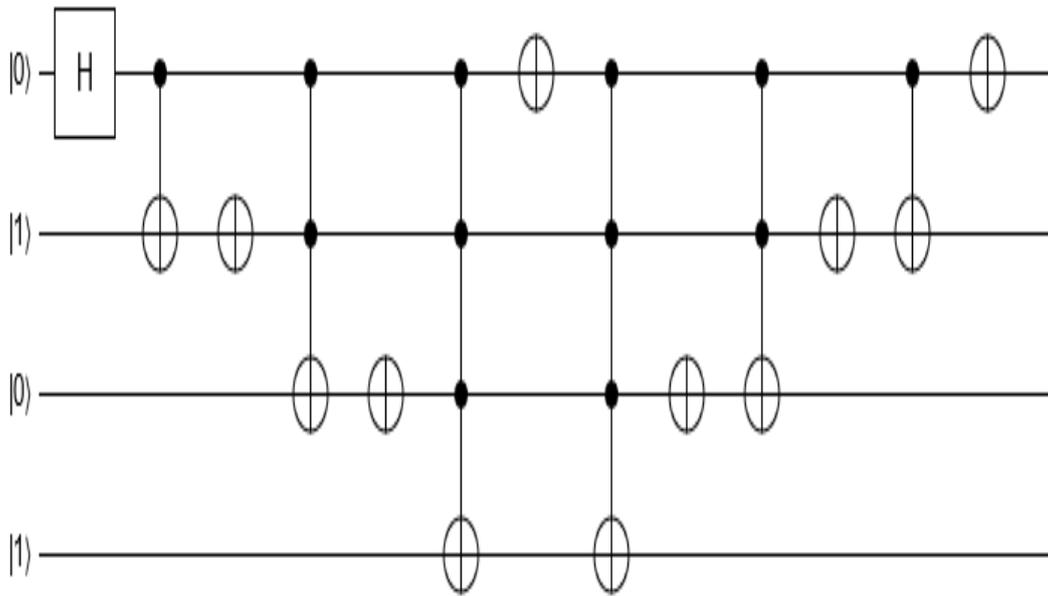


Рис. 1. Квантовая схема для одного шага по одномерной решетке

Рассмотрим первые несколько шагов явно, чтобы сравнить с первыми шагами классического случайного блуждания.

$$|\psi(1)\rangle = |\uparrow\rangle \otimes |0\rangle \xrightarrow{H} \frac{|\uparrow\rangle + |\downarrow\rangle}{\sqrt{2}} \otimes |0\rangle \xrightarrow{s} \frac{1}{\sqrt{2}} (|\uparrow\rangle \otimes |1\rangle + |\downarrow\rangle \otimes |-1\rangle),$$

$$|\psi(2)\rangle = \frac{1}{2} (-|\uparrow\rangle \otimes |-2\rangle + (|\downarrow\rangle + |\uparrow\rangle) \otimes |0\rangle + |\downarrow\rangle \otimes |2\rangle),$$

$$|\psi(3)\rangle = \frac{1}{2\sqrt{2}} (|\uparrow\rangle \otimes |-3\rangle - |\downarrow\rangle \otimes |-1\rangle + (2|\downarrow\rangle + |\uparrow\rangle) \otimes |1\rangle + |\downarrow\rangle \otimes |3\rangle).$$

Результаты расчета вероятностей нахождения частицы в определенной вершине через первые несколько шагов приведены в табл. 1. Хорошо видно, что распределение является несимметричным. Также можно сделать вывод о наличии различий с классическим случайным блужданием уже на третьем шаге.

Таблица 4

Вероятность нахождения квантовой частицы в вершине n в момент времени t (блуждание начинается с центра решетки с квантовой монетой в состоянии $|\uparrow\rangle$)

$t \setminus n$	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
0						1					
1					1/2		1/2				
2				1/4		1/2		1/4			
3			1/8		1/8		5/8		1/8		
4		1/16		1/8		1/8		5/8		1/16	
5	1/32		5/32		1/6		1/8		17/32		1/32

Чтобы получить симметричное распределение, необходимо за начальное условие принять равновесное состояние монеты:

$$|\psi(0)\rangle = \frac{|0\rangle - i|1\rangle}{\sqrt{2}}.$$

С данным условием была проведена серия вычислительных экспериментов, результаты которых показаны на рис. 2. Видно, что в этом случае функция распределения вероятности обнаружить частицу в заданной вершине близка к симметричной.

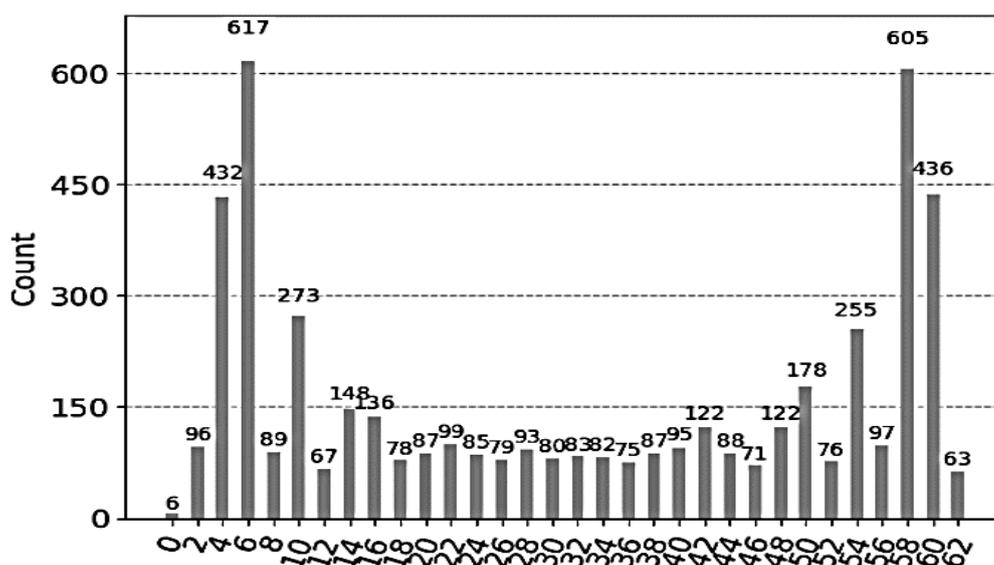


Рис. 2. Гистограмма количества попаданий квантовой частицы в определенную вершину через 40 шагов

2. Квантовое случайное блуждание по гиперкубу

Гиперкуб со степенью n это граф с 2^n вершинами, где каждая вершина соединена со всеми другими вершинами, битовые представления номеров которых отличаются одним битом. Эволюция блуждания также зависит от квантовой монеты, значение состояний которой определяет индекс бита, который будет перевернут [2].

Квантовая схема для монеты приведена на рис. 3. Видно, что результаты квантовой монеты из двух кубитов являются $\{0, 1, 2, 3\}$, и вероятность получения каждого индекса бита составляет 25%. Это означает, что у квантового регистра частицы, состоящего из четырех кубитов, любой бит будет перевернут с вероятностью 25%.

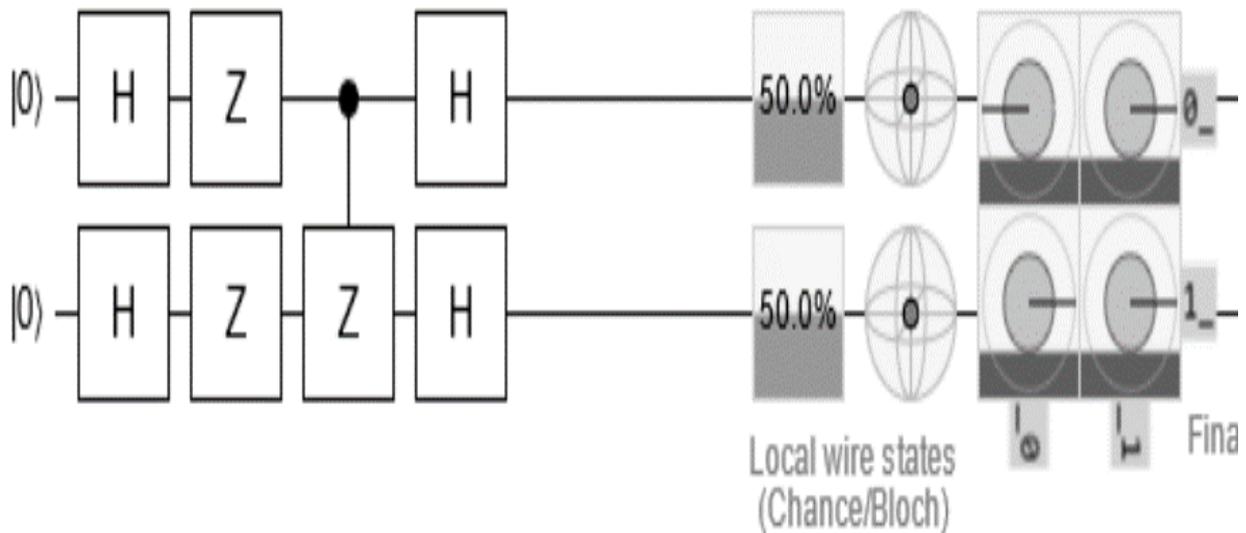


Рис. 3. Квантовая схема для монеты

Для того чтобы полноценно описать движение частицы, требуется последовательное применение набора операторов, как показано на рис. 4, где H – оператор Адамара, Z и X – матрицы Паули.

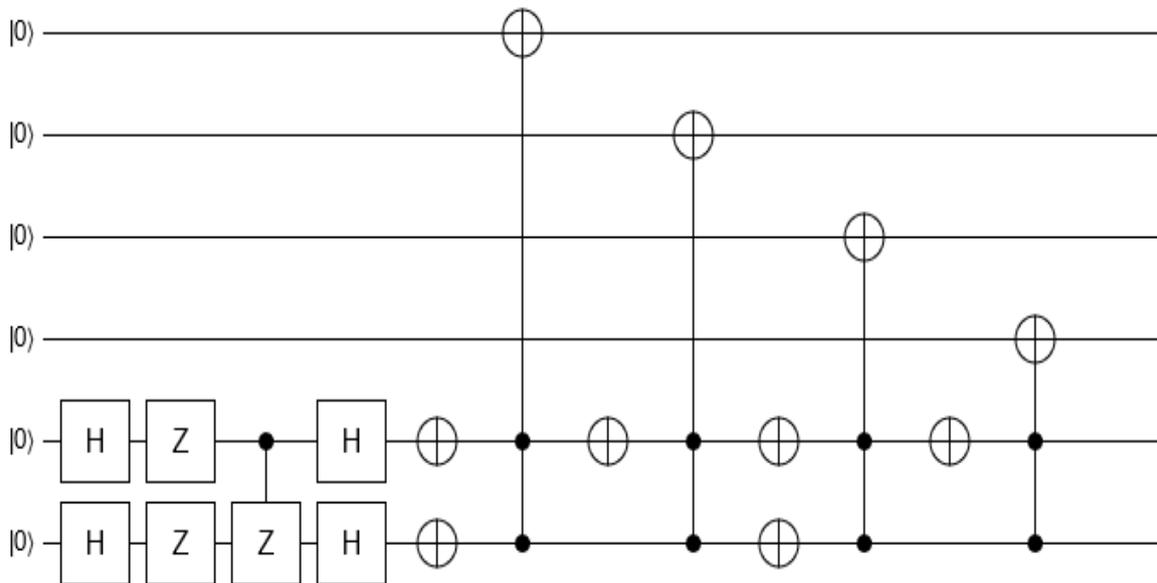


Рис. 4. Квантовая схема для одного шага по четырехмерному гиперкубу

Результаты вычислительных экспериментов приведены на рис. 5 и в табл. 2. Из табл. 2 видно, что система обладает цикличности с периодом 12 шагов.

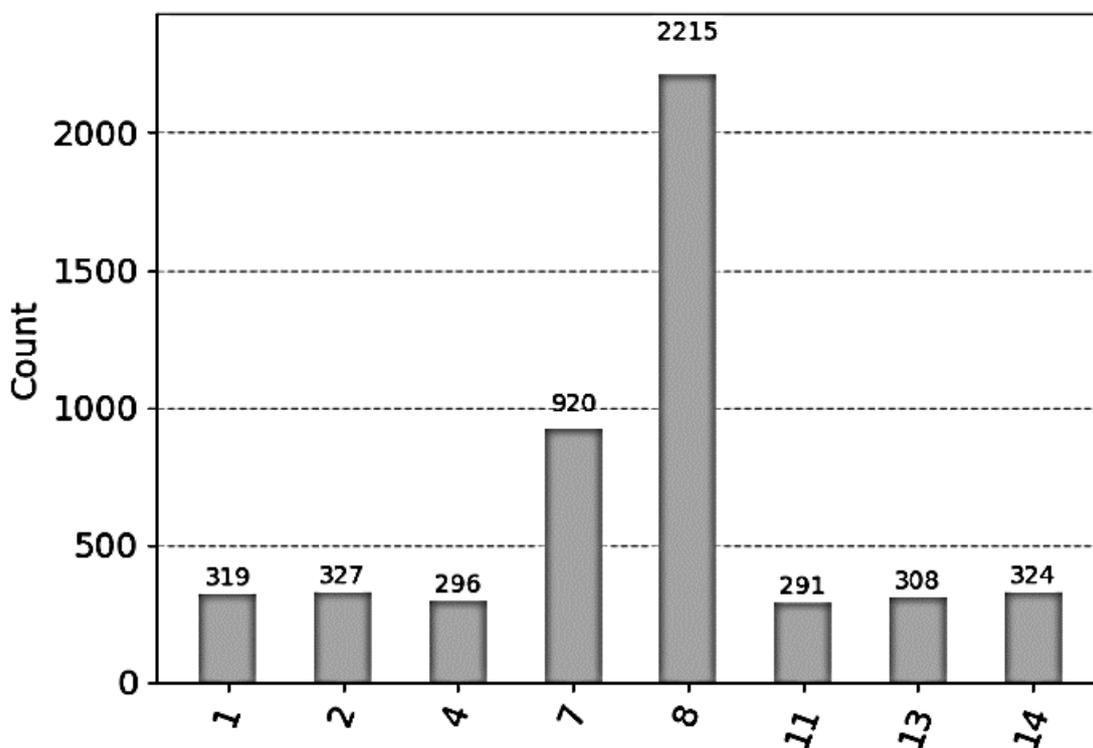


Рис. 5. График нахождения квантовой частицы в вершинах гиперкуба через 7 шагов при условии, что блуждание начинается с нулевой вершины

Вероятность нахождения квантовой частицы в вершине n в момент времени t
(блуждание начинается с нулевой вершины)

$t \backslash n$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		×	×		×				×							
2	×			×		×	×			×	×		×			
3		×	×		×			×	×			×		×	×	
4	×			×		×	×			×	×		×			×
5		×	×		×			×	×			×		×	×	
6	×			×		×	×			×	×		×			×
7		×	×		×			×	×			×		×	×	
8	×			×		×	×			×	×		×			×
9		×	×		×				×			×		×	×	
10	×									×	×		×			
11									×							
12	×															
13		×	×		×				×							

В ходе работы были рассмотрены квантовые случайные блуждания по одномерной решетке и гиперкубу. Из результатов проведенных численных экспериментов следует, что эволюция квантовой системы на одномерной решетке зависит от состояния квантовой монеты в начальный момент времени. Если монета находится в состоянии $|\uparrow\rangle$ или $|\downarrow\rangle$, то с большой вероятностью квантовая частица будет обнаружена соответственно справа в состоянии $|\uparrow\rangle$ или слева в состоянии $|\downarrow\rangle$. Если же квантовая монета находится в состоянии равновесия, то функция распределения положения частицы по вершинам является симметричной и представляет собой фигуру, известную как «клык».

Анализ квантового случайного блуждания по гиперкубу показал, что система обладает цикличностью с шагом 12. Кроме того, существует большая вероятность обнаружения квантовой частицы либо в исходной вершине, либо во внутреннем кубе.

Библиографический список

1. Ферми, Э. Квантовая механика (конспект лекций) / Э. Ферми. – М.: Мир, 1965. – 367 с.
2. Portugal, R. Quantum Walks and Search Algorithms / R. Portugal. – New York: Springer, 2018. – XIV+308 pp.
3. Quantum walk [Электронный ресурс] Google Quantum AI. – 2023. – Режим доступа: https://quantumai.google/cirq/experiments/quantum_walks – Англ.
4. Quantum Walk Search Algorithm [Электронный ресурс] Qiskit Textbook. – 2021. – Режим доступа: <https://learn.qiskit.org/course/ch-algorithms/quantum-walk-search-algorithm> - Англ.

© Муратшин И.И., 2023

В.В. НАЛИВКИН

vvnalivkin@gmail.com

Науч. руковод. – канд. физ.-мат. наук, **В.О. ЛУКАЩУК***Уфимский университет науки и технологий***СИММЕТРИЙНЫЙ АНАЛИЗ НЕЛИНЕЙНОГО УРАВНЕНИЯ КЛЕЙНА-ГОРДОНА СО СЛАБОЙ ДИССИПАЦИЕЙ**

Аннотация: в работе рассматривается нелинейное уравнение Клейна-Гордона со слабой диссипацией. Для него найдена групповая классификация по функции источника и функции диссипативного члена при малом параметре. Кроме того, проверено условие нелинейной самосопряженности. Установлено, что исследуемое уравнение удовлетворяет этому условию только в случае линейных функций. Для этого случая выписаны законы сохранения.

Ключевые слова: нелинейное уравнение Клейна-Гордона; приближенная группа преобразований; приближенные законы сохранения.

В работе рассматривается обобщение уравнения Клейна-Гордона с малым параметром ε

$$u_{tt} + \varepsilon g(u_t) \approx u_{xx} + f(u), \quad (1)$$

где $f(u), g(u_t)$ – произвольные функции: $f'(u) \neq 0, g(u_t) \neq 0$.

Это уравнение при $\varepsilon = 0$ является обобщением волнового уравнения, подходящего для описания безмассовых скалярных и векторных полей. Оно хорошо исследовано методами группового анализа. В частности, найдены частные решения нелинейного уравнения Клейна-Гордона и построена группа Ли допускаемых симметрий [1]. Однако учет слабой диссипации в уравнении, приводит к введению в него малого параметра, что приводит к разрушению допускаемой группы преобразований.

Выполним групповую классификацию уравнения (1) на основе классификации, полученной для невозмущенного уравнения.

Будем искать допускаемую приближенную группу преобразований для уравнения (1) с оператором вида

$$X \approx X_{(0)} + \varepsilon X_{(1)} = (\tau_{(0)} + \varepsilon \tau_{(1)}) \partial_t + (\xi_{(0)} + \varepsilon \xi_{(1)}) \partial_x + (\eta_{(0)} + \varepsilon \eta_{(1)}) \partial_u, \quad (2)$$

где $\tau_{(p)} = \tau_{(p)}(t, x, u), \xi_{(p)} = \xi_{(p)}(t, x, u), \eta_{(p)} = \eta_{(p)}(t, x, u), p = 0, 1$.

Рассмотрим случай, когда $f(u)$ – произвольного вида, тогда запишем

$$X_{(0)} = (C_1 + C_3 x) \frac{\partial}{\partial t} + (C_2 + C_3 t) \frac{\partial}{\partial x}. \quad (3)$$

Действуя вторым продолжением оператора (2) с $X_{(0)}$ на уравнение (1), пользуясь критерием инвариантности, получим определяющее уравнение, расщепляя которое по малому параметру и независимым переменным $u_x, u_t, u_{tx}, u_{xx}, \dots$, получаем

$$\left\{ \begin{array}{l} -3\tau_u u_t - 2\tau_t + \eta_u = 0, \\ -2\xi_u u_t + 2\tau_x - 2\xi_t = 0, \\ \tau_{uu} u_t + 2\xi_{ux} - \eta_{uu} = 0, \\ -2\tau_u u_t - 2\tau_t + 2\xi_x = 0, \\ -\xi_{uu} u_t^2 - C_3 g - 2\xi_{tu} u_t + 2\tau_{ux} u_t + \xi_{xx} - 2\eta_{ux} - \xi_{tt} = 0, \\ \xi_u = 0, \quad 2\tau_u = 0, \quad \eta f = 0, \\ -\tau_{uu} u_t^3 + \eta_{uu} u_t^2 - 2\tau_{yu} u_t^2 + \tau_{xx} u_t + 2u_t \eta_{tu} - \tau_{tt} u_t - \eta_{xx} + \eta_{tt} = 0. \end{array} \right. \quad (4)$$

Данная система не зависит от функции $g(u_t)$. В результате решения уравнений системы (4) находим, что в случае произвольной функции $f(u)$ уравнение (1) допускает пятипараметрическую группу преобразований с существенными операторами

$$X_1 = \partial_t, \quad X_2 = \partial_x, \quad X_3 = \epsilon x \partial_t + \epsilon t \partial_x.$$

Действуя аналогичным образом, найдем допускаемые приближенные группы преобразований для различных функций $f(u)$ и $g(u_t)$.

Пусть $f(u) = u^k, k \neq 0, 1$, тогда

$$X_{(0)} = (C_1 + C_3 x + C_4 t) \partial_t + (C_2 + C_3 t + C_4 x) \partial_x - \frac{2C_4}{k-1} \partial_u.$$

Определяющее уравнение после расщепления запишется в систему, в результате решения которой, получаем

$$\left\{ \begin{array}{l} \eta = -\frac{2\tau_t}{k-1} u, \quad \tau_x = \xi_t, \quad \tau_t = \xi_x, \\ -C_3 g(u_t)_{u_t} + 2\left(\frac{2\tau_t}{k-1}\right)_x = 0, \\ \left(-\frac{2\tau_t}{k-1}\right)_{tt} + \left(\frac{2\tau_t}{k-1}\right)_{xx} = 0, \\ 2\alpha_t u_t (k-1) - C_4 g'(u_t) (k+1) + 2C_4 g(u_t) k = 0. \end{array} \right. \quad (5)$$

Из последнего уравнения имеем классификационное уравнение

$$A g'_{u_t} - B g + K u_t = 0. \quad (6)$$

1) Пусть $A = 0, B, K \neq 0$, тогда из уравнения (6) получим

$$g = G u_t. \quad (7)$$

2) Пусть $B, K = 0$, тогда из уравнения (6)

$$g = \text{const.} \quad (8)$$

1) В результате решения уравнений системы (5) находим, что в случае степенной функции $f(u)$ и произвольной функции $g(u_t)$ уравнение (1) допускает шестипараметрическую приближенную группу преобразований с существенными операторами:

$$X_1 = \partial_t, \quad X_2 = \partial_x, \quad X_3 = \varepsilon x \partial_t + \varepsilon t \partial_x, \quad X_4 = \varepsilon t \partial_t + \varepsilon x \partial_x - \varepsilon \frac{2u}{k-1} \partial_u.$$

2) В результате решения уравнений системы (5) находим, что в случае степенной функции $f(u)$ и линейной функции $g(u_t) = Gu_t$ уравнение (1) допускает восьмипараметрическую приближенную группу преобразований с существенными операторами:

$$\begin{aligned} X_1 &= \partial_t, \quad X_2 = \partial_x, \\ X_3 &= \left(x + \varepsilon \frac{Gtx(k-1)}{4}\right) \partial_t + \left(t + \varepsilon \left(\frac{Gx^2(k-1)}{8} + \frac{Gt^2(k-1)}{8}\right)\right) \partial_x + \varepsilon \frac{G}{2} x u \partial_u, \\ X_4 &= \left(t + \varepsilon \frac{k-1}{4} G \frac{t^2 + x^2}{2}\right) \partial_t + \left(x + \varepsilon \frac{k-1}{4} Gtx\right) \partial_x - \left(\frac{2}{k-1} + \varepsilon \frac{G}{2} t u \partial_u\right). \end{aligned}$$

3) В результате решения уравнений системы (5) находим, что в случае степенной функции $f(u)$ и при $g = \text{const}$ уравнение (1) допускает семипараметрическую приближенную группу преобразований с существенными операторами

$$\begin{aligned} X_1 &= \partial_t, \quad X_2 = \partial_x, \quad X_3 = x \partial_t + t \partial_x, \\ X_4 &= \varepsilon t \partial_t + \varepsilon x \partial_x - \frac{2u\varepsilon}{k-1} \partial_u. \end{aligned}$$

Пусть $f = u$, тогда по аналогии получаем следующее классификационное уравнение

$$Ag' - Bg + Ku_t + B = 0.$$

В результате решения системы находим, что для линейной функции $f(u)$ и произвольной функции $g(u_t)$ уравнение (1) допускает бесконечномерную приближенную группу преобразований с существенными операторами:

$$X_1 = \partial_t, \quad X_2 = \partial_x, \quad X_3 = \varepsilon x \partial_t + \varepsilon t \partial_x, \quad X_4 = \varepsilon u \partial_u, \quad X_\infty = \varepsilon \beta(t, x) \partial_u,$$

где $\beta(t, x)$ является решением уравнения

$$\beta_{tt} - \beta - \beta_{xx} = 0.$$

В случае линейной функции $f(u)$ и при $g(u_t) = Gu_t$ уравнение (1) допускает бесконечномерную приближенную группу преобразований с существенными операторами

$$X_1 = \partial_t, \quad X_2 = \partial_x, \quad X_3 = u\partial_u, \quad X_4 = x\partial_t + t\partial_x + \varepsilon\left(-\frac{Gxu}{2}\partial_u\right),$$

$$X_\infty = \hat{\beta}(t, x, \varepsilon)\partial_u,$$

где $\hat{\beta}(t, x, \varepsilon)$ является решением уравнения:

$$\hat{\beta}_{tt} + \varepsilon G \hat{\beta}_t = \hat{\beta}_{xx} + \hat{\beta}.$$

Рассматривая линейную функцию $f(u)$ и при $g = G$ уравнение (1) допускает бесконечномерную приближенную группу преобразований с существенными операторами

$$X_1 = \partial_t, \quad X_2 = \partial_x, \quad X_3 = x\partial_t + t\partial_x, \quad X_4 = (u - \varepsilon G)\partial_u, \quad X_\infty = \varepsilon\beta(t, x),$$

где $\beta(t, x)$ является решением уравнения

$$\beta_{tt} - \beta - \beta_{xx} = 0.$$

Пусть $f(u) = e^u$, тогда

$$X_{(0)} = (C_1 t + C_2 x + C_3)\partial_t + (C_1 x + C_2 t + C_3)\partial_x - 2\partial_u.$$

В результате решения уравнений определяющей системы находим, что в случае экспоненциальной функции $f(u)$ и произвольной функции $g(u_t)$ уравнение (1) допускает бесконечномерную приближенную группу преобразований с существенными операторами

$$X_1 = \partial_t, \quad X_2 = \partial_x, \quad X_3 = \varepsilon x\partial_t + \varepsilon t\partial_x,$$

$$X_\infty = \varepsilon(F_2(t+x) + F_1(t-x) + 1)\partial_x + \varepsilon(-F_1(t-x) + F_2(t+x))\partial_t -$$

$$-2\varepsilon(F_2'(t+x) - F_1'(t-x))\partial_u,$$

где F_1, F_2 – произвольные функции.

В случае экспоненциальной функции $f(u)$ и при $g = G$ уравнение (1) допускает бесконечномерную приближенную группу преобразований с существенными операторами

$$X_1 = \partial_t, \quad X_2 = \partial_x, \quad X_3 = x\partial_t + t\partial_x,$$

$$X_\infty = \varepsilon(F_2(t+x) + F_1(t-x) + 1)\partial_x + \varepsilon(-F_1(t-x) + F_2(t+x))\partial_t -$$

$$-2\varepsilon(F_2'(t+x) - F_1'(t-x))\partial_u.$$

где F_1, F_2 – произвольные функции. Операторы полностью совпадают со случаем произвольной функции $g(u_t)$.

Аналогично при экспоненциальной функции $f(u)$ и линейной функции $g = Gu_t$ уравнение (1) допускает бесконечномерную приближенную группу преобразований с существенными операторами

$$X_1 = \partial_t, \quad X_2 = \partial_x, \quad X_3 = \varepsilon x\partial_t + \varepsilon t\partial_x,$$

$$X_\infty = \varepsilon(F_2(t+x) + F_1(t-x) + 1)\partial_x + \varepsilon(-F_1(t-x) + F_2(t+x))\partial_t - \\ - 2\varepsilon(F_2'(t+x) - F_1'(t-x))\partial_u.$$

Следуя работе [2], проверим выполнение условий нелинейной самосопряженности для нелинейного уравнения Клейна-Гордона со слабой диссипацией (1). Составим формальный лагранжиан

$$L = v(u_{tt} - u_{xx} - f(u) + \varepsilon g(u_t)). \quad (9)$$

И вычислим вариационную производную от него:

$$\frac{\delta L}{\delta u} = -vf'(u) - D_t[v\varepsilon g'(u_t)] + D_x^2[-v] + D_t^2[v] = \\ = -vf'(u) - v_t\varepsilon g'(u_t) - v\varepsilon g''(u_t)u_{tt} - v_{xx} + v_{tt}. \quad (10)$$

Таким образом найдено сопряженное уравнение $F^* = F_0^* + \varepsilon F_1^* = \frac{\delta L}{\delta u}$. Перепишем уравнение (1) в виде

$$F = F_0 + \varepsilon F_1 \approx u_{tt} - u_{xx} - f(u) + \varepsilon g(u_t). \quad (11)$$

Проверим условие приближенной нелинейной самосопряженности

$$F^*|_{v=\varphi(t,x,u)+\varepsilon\psi(t,x,u)} \approx (\lambda_0 + \varepsilon\lambda_1)F. \quad (12)$$

Подставляя в (12) v_t, v_{tt}, v_x, v_{xx} и расщепляя по малому параметру, получаем систему. В результате решения этой системы функции f и g могут быть только линейного вида: $f = u$, $g = Gu_t$ и тогда

$$\lambda_0 = A_1, \quad \varphi = A_1u + C_1, \quad \lambda_1 = A_1Gt + A_2, \quad \psi = (A_1Gt + A_2)u,$$

следовательно, уравнение нелинейно самосопряжено. Таким образом, справедливо утверждение.

Утверждение. Уравнение (1) при $f = u$, $g = Gu_t$, где $G = \text{const}$ является нелинейно самосопряженным с подстановкой

$$v(t, x, u) = A_1u + C_1 + (A_1Gt + A_2)u.$$

Построим законы сохранения

$$D_t(C^t) + D_x(C^x) \approx 0, \quad (13)$$

когда условие нелинейной самосопряженности выполняется. Положим $v = u(1 + \varepsilon Gt)$. Формальный лагранжиан примет вид:

$$L = (u + \varepsilon Gtu)(u_{tt} - u_{xx} - u + \varepsilon Gu_t).$$

Для оператора $X_1 = \partial_t$ координаты сохраняющего вектора будут равны

$$C^t = -Gu^2\varepsilon t - Guu_{xx}\varepsilon t + Gu_t^2\varepsilon t + Guu_t\varepsilon - u^2 - uu_{xx} + u_t^2; \\ C^x = -Gu_xu_t\varepsilon t + Gu_{tx}u\varepsilon t - u_xu_t + u_{tx}u.$$

Для оператора $X_2 = \partial_x$ координаты сохраняющего вектора равны

$$C^t = Gu_x u_t \varepsilon t - Guu_{tx} \varepsilon t + u_x u_t - uu_{tx};$$

$$C^x = -Gu^2 \varepsilon t - Gu_x^2 \varepsilon t + Guu_{tt} \varepsilon t + Guu_t \varepsilon - u^2 - u_x^2 + uu_{tt}.$$

Для оператора $X_3 = x\partial_t + t\partial_x + \varepsilon\left(-\frac{Gxu}{2}\partial_u\right)$ координаты сохраняющего вектора будут равны

$$C^t = -Gu^2 \varepsilon t x - Guu_{xx} \varepsilon t x - Guu_{tx} \varepsilon t^2 +$$

$$+ Gu_t u_x \varepsilon t^2 + Guu_t \varepsilon x - Guu_x \varepsilon t - u^2 x - uu_{xx} x -$$

$$- uu_{tx} t + u_t^2 x + u_t u_x t - uu_x;$$

$$C^x = -Gu^2 \varepsilon t^2 + Guu_{tt} \varepsilon t^2 +$$

$$+ Guu_{tx} \varepsilon t x - Gu_t u_x \varepsilon t x - Gu_x^2 \varepsilon t^2 + 2Guu_t \varepsilon + \frac{1}{2} Gu^2 \varepsilon -$$

$$- u^2 t + uu_{tt} t + uu_{tx} x - u_t u_x x - u_x^2 t + uu_t.$$

Для оператора $X_\infty = \hat{\beta}(t, x, \varepsilon)\partial_u$, где $\hat{\beta}(t, x, \varepsilon)$ – любое решение уравнения

$$\hat{\beta}_{tt} + \varepsilon G \hat{\beta}_t = \hat{\beta}_{xx} + \hat{\beta},$$

координаты сохраняющего вектора будут равны

$$C^t = -\hat{\beta}u_t - \varepsilon\hat{\beta} + \hat{\beta}_t u - \varepsilon\hat{\beta}Gtu_t + \varepsilon Gtu\hat{\beta}_t;$$

$$C^x = \hat{\beta}u_x - u\hat{\beta}_x + \varepsilon\hat{\beta}Gtu_x - \varepsilon Gt\hat{\beta}_x u.$$

Библиографический список

1. Байков В.А., Газизов Р.К., Ибрагимов Н.Х. Приближенные симметрии // Матем. сб., 136(178):4(8) (1988), С. 435–450.
2. Ibragimov, N.H. Archives of ALGA: науч. исслед. / Н.Х. Ибрагимов. – Karlskrona, Sweden, 2012. – 103 с.

© Наливкин В.В., 2023

Л.Ю. ПРИВАЛОВ*lavrenty.privalov@gmail.com*Науч. руковод. – канд. физ.-мат. наук, доцент **К.И. МИХАЙЛЕНКО****Институт механики им. Р.Р. Мавлютова при УФИЦ РАН****ВАРИАНТЫ ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ГРАФА ПЕРЕТОКОВ**

Аннотация: приводится описание гидравлической системы элементарных перетоков, соединённых в граф. Перечисляются основные положения о перетоке, на их основании выводится система уравнения. Приводится ранее разобранная схема линеаризации уравнения неразрывности и её главный недостаток. Предлагается алгоритмически более простой способ со своими особенностями.

Ключевые слова: гидродинамика; гидравлика; численные методы; графы; математическое моделирование; нестационарное течение.

В области задач гидродинамики возникают системы, обладающие значительной протяжённостью, например, такие как система трубопроводов, подземные или надземные течения. Чаще всего в подобных случаях не требуется детального описания в каждой точке пространства внутри области течения, вместо этого достаточно знать количественные характеристики описываемой структуры. В статье предлагается система уравнений, описывающая взаимодействие элементарных перетоков подобно классическому описанию течения среды, которая можно быть применена к графу этих перетоков. Главным её преимуществом является малая вычислительная сложность по сравнению с сеточными методами за счёт менее детального описания, что делает её пригодной, например, для виртуальных тренажёров или предварительной оценки гидравлических систем без построения полномасштабной сетки.

В первую очередь определим основные положения о протяжённой системе. Так как система трубопроводов, подземных и надземных течений обладают значительной схожестью с гидравликой, то в качестве основы следует использовать уравнения, предшествующие принципу Бернулли [1]:

$$\begin{cases} \frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho v) = 0, \\ \frac{\partial v}{\partial t} + (v \cdot \nabla)v = F + \frac{1}{\rho} \nabla p. \end{cases} \quad (1)$$

Система уравнений (1) представляет собой комбинацию уравнения неразрывности и уравнения Эйлера для движения идеальной жидкости. Исходя из этого ещё одним положением о перетоке является использование идеальной

жидкости в качестве несущего вещества. Действительно, при рассмотрении столь осреднённого сценария течения жидкости влияние вязкости не представляет особого интереса.

Введём дополнительные допущения: несжимаемость $\rho = const$, объёмный расход через площадь сечения $Q = vS$, потенциальные внешние силы $F = grad \mathcal{U}$, а также потенциальность самого течения.

Определим геометрические особенности упомянутого ранее «перетока». Основным является предположение о присутствии лишь двух поверхностей взаимодействия S_1 и S_2 в перетоке, представимом в виде простейшего осевого течения вдоль координаты z . Графическое описание такого перетока представлено на рис. 1.

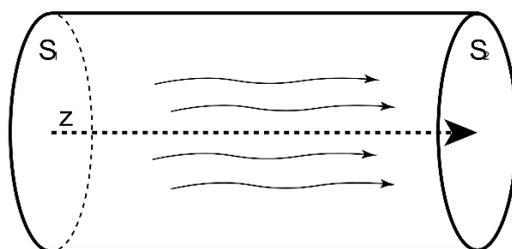


Рис. 1. Схематичное изображение элементарного перетока

Действительно, следуя порядку вывода принципа Бернулли интегрированием вдоль такого потока, дополнительно полагая, что течение практически параллельно его оси, получаем систему из одного уравнения импульса и неразрывности:

$$\begin{cases} \nabla \cdot v = 0, \\ \frac{\partial Q}{\partial t} \int_{z_0}^{z_1} \frac{1}{S} dz = \frac{Q^2}{2} \Delta \frac{1}{S^2} - \frac{\Delta p}{\rho} - \Delta \mathcal{U}. \end{cases} \quad (2)$$

Пусть дан граф $G = (V, E)$, где $\{V_j\}$ – множество узлов графа. Определим множество смежных узлов $\{V_i\}_j$ узла V_j таких, что $\{V_i\}_j: \{i: (i, j) \in E \vee (j, i) \in E\}$. Это даёт основу для индексации уравнений. Тогда как уравнение импульса в системе (2) действует вдоль одного элемента, расположенного в узле V_j , уравнение неразрывности задаёт ограничение, действующее на границах этих элементов. Так как границами элементов являются поверхности в начале и в конце (следовательно и стыковка элементов производится по этим поверхностям), то по формуле Гаусса-Остроградского неразрывность может быть выражена через сумму по смежным потокам с учётом пропорции занимаемой площади w_i . Смысл правой части выражения (3) графически изображён на рис. 2.

$$\iiint_V (\nabla \cdot v) dV = \iint_S v \cdot n dS = \sum_{i \in \{V_i\}_j} n_z w_i Q_i. \quad (3)$$

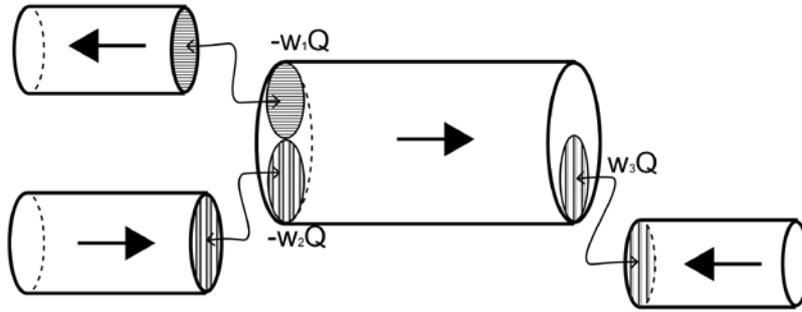


Рис. 2. Графическое представление соединения элементов

Наконец, с учётом вышесказанного, подставляя (3) в (2), получаем систему уравнений на графе элементов $G = (V, E)$:

$$\begin{cases} \sum_i n_z w_i Q_i = 0, & \text{по } \{V_i\}_j, \\ \frac{\partial Q_j}{\partial t} = - \left(\int_{z_0}^{z_1} \frac{1}{S} dz \right)^{-1} \left[\frac{Q_j^2}{2} \Delta \frac{1}{S_j^2} - \frac{\Delta p_j}{\rho} - \Delta u_j \right], & \text{по } V_j. \end{cases} \quad (4)$$

Одним из вариантов численного решения системы (4) является приведение обоих типов уравнений к одним и тем же переменным. Для этого в уравнении можно взять производную по времени суммы по объёмному расходу Q , задав при этом начальное условие $Q(0)$, удовлетворяющее исходному уравнению. Действительно, при такой записи уравнение неразрывности системы (4) условно принимает вид линейной системы:

$$\begin{cases} \sum_i n_z w_i Q_i(0) = 0, & \text{по } \{V_i\}_j, \\ \sum_i n_z w_i \frac{\varphi_m - \varphi_n}{\gamma_i} = \sum_i \frac{1}{\gamma_i} \left[\frac{Q_i^2}{2} \Delta \frac{1}{S_i^2} - \frac{\Delta p_i}{\rho} - \Delta u_i \right], & \text{по } \{V_i\}_j (m, n) \in E_i, \\ \frac{\partial Q_j}{\partial t} = - \frac{1}{\gamma_j} \left[\frac{Q_j^2}{2} \Delta \frac{1}{S_j^2} - \frac{\Delta p_j}{\rho} - \Delta u_j - \Delta \varphi_j \right], & \text{по } V_j, \end{cases} \quad (5)$$

где $\Delta \varphi_j$ – потенциал воздействия уравнения неразрывности, γ_i – замена интеграла системы (4). Используя итерационную схему решения системы (5) при попеременном решении обеих частей системы (не считая начальное условие) и фиксированной правой части в уравнении неразрывности, можно получить алгоритм решения такой системы:

- 1) задать значения Q из условия неразрывности (4) и φ любым способом;
- 2) из уравнения неразрывности (5) найти промежуточные значения φ^* ;
- 3) из уравнения импульса (изменения массового расхода) (5) найти промежуточное значение Q^* численной схемой интегрирования;
- 4) принять промежуточные φ^* и Q^* в качестве актуальных значений, завершить алгоритм при достижении условий по невязке или числу шагов, иначе вернуться к шагу 2.

Тогда как работоспособность такого способа решения была подтверждена численным экспериментом [2], уравнение неразрывности имеет особенность, возникающую при определённых условиях. При последовательном соединении элементов цепочкой, диагональный элемент тождественно равен нулю. Подобное может произойти и при множественном соединении, например, в соединении типа тройник. Это приводит к вырождению элемента системы и сопутствующим алгоритмическим проблемам [3].

Альтернативным и более однородным с точки зрения реализации может послужить способ с использованием «мнимых» объёмов, являющихся в некоторой степени штрафом в виде потенциала за несоблюдение условия неразрывности. Подставляя некоторый накопленный «штраф» U в уравнение неразрывности системы (4) и его влияние в уравнение импульсов с коэффициентом k , получаем систему, состоящую исключительно из обыкновенных дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} U_i = n_{zm} w_m Q_m + n_{zn} w_n Q_n, & \text{по } E_i, \\ \frac{\partial Q_j}{\partial t} = - \left(\int_{z_0}^{z_1} \frac{1}{S} dz \right)^{-1} \left[\frac{Q_j^2}{2} \Delta \frac{1}{S_j^2} - \frac{\Delta p_j}{\rho} - \Delta u_j - k \Delta U_j \right], & \text{по } V_j. \end{cases} \quad (6)$$

Система (6) допускает численное решение с использованием схем численного интегрирования без необходимости составления линейных систем или сложного алгоритмического разбора графа. Колебания, вызываемые некоторой упругостью мнимых объёмов U могут быть уменьшены увеличением значения коэффициента k , а внутренние сопротивления системы (трение о стенки, столкновения потоков) могут естественным образом их подавлять.

В качестве численного эксперимента была реализована система (6) и посчитана простая кольцевая цепочка из четырёх элементов «А», «В», «С» и «D». В начальный момент времени скорости перетоков равны нулю. В течение первой секунды на участок «С» воздействует внутренняя движущая сила, которая затем пропадает. Также в системе присутствует небольшая сила сопротивления, пропорциональная объёмному расходу. График объёмного расхода во всех четырёх элементах представлен на рис. 3. Можно видеть, что присутствуют колебания, характерные системе (6), но их значительное присутствие

обусловлено сравнительно малым коэффициентом k и достаточно резким возникновением движущей силы.

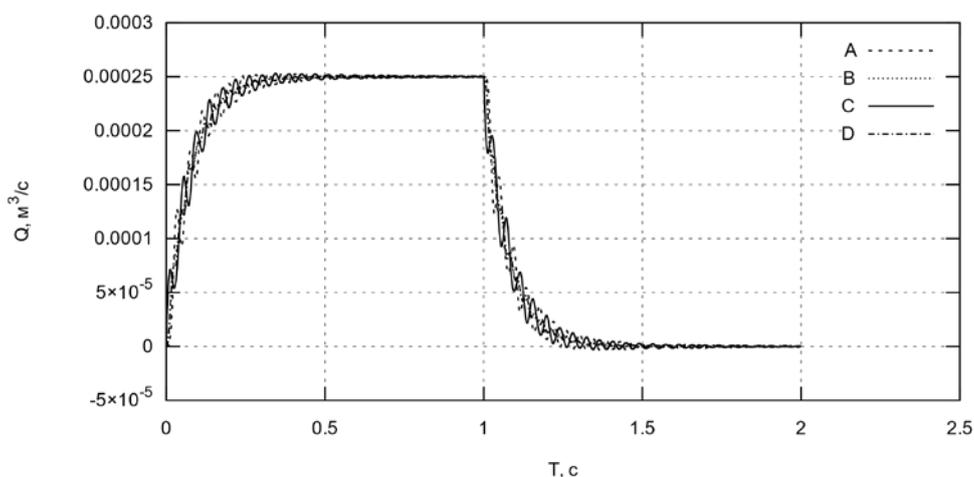


Рис. 3. Объёмные расходы при кольцевом соединении каждого элементов «А», «В», «С» и «D» и их характерные численной схеме колебания

Таким образом, в данной статье были приведены положения о перетоке, описан принцип получения системы уравнений и приведены два варианта численного решения подобной системы. Упомянута реализация приведением к системе линейных уравнений, которая была разобрана ранее, в которой возникает проблема вырождения элементов системы, что требует внедрения дополнительных алгоритмов. Предложен вариант с использованием «мнимых» объёмов для обеспечения выполнения условия неразрывности, который обладает алгоритмической простотой за счёт возникновения колебаний, связанных с методом.

Библиографический список

1. Седов Л.И. Механика сплошной среды Т 2 / Л.И. Седов. – М.: Наука, 1970. – 568 с.
2. Привалов Л.Ю. Моделирование динамики потокораспределения в разветвленных системах // Молодёжный вестник УГАТУ. – 2023. – № 1 – С. 116–121.
3. Привалов Л.Ю. Оценка сходимости и устойчивости алгоритма гидравлического расчета разветвленных течений, основанного на применении графов / Л.Ю. Привалов, С.А. Маякова // Уфимская осенняя математическая школа. – 2022. – Т.2 – С. 406-408.

© Привалов Л.Ю., 2023

А.А. САФИНА

sashaonf@yandex.ru

Науч. руковод. – д-р физ.- мат. наук, профессор **Р.К. ГАЗИЗОВ**

Уфимский университет науки и технологий

ТЕХНОЛОГИИ И АЛГОРИТМЫ ОПТИМАЛЬНОГО КОМПЛЕКСИРОВАНИЯ МЕТОДОВ ИЗУЧЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Аннотация: рассматриваются задачи подбора наилучшего набора методов исследования некоторых физических объектов. Рассматриваемые методы определяются наборами входных и выходных данных и весовыми коэффициентами, которые изменяются в зависимости от набора методов и определяют выбор наилучшего набора методов. Задача формулируется в виде задачи построения оптимального пути на графах.

Ключевые слова: направленный граф; алгоритмы построения оптимального пути на графах.

В последние несколько десятилетий расширяется интерес к разработке алгоритмов автоматического подбора наилучшего комплекса технологий (методов) исследования физических объектов и процессов в различных областях, в том числе в нефтегазовой отрасли. В частности, в работе [1] предложена технология рационального комплексирования методов изучения нефтегазоносных бассейнов, которая направлена на повышение эффективности геологоразведочных работ (ГРР). Эта технология позволяет снизить риски при проведении ГРР, и для ее реализации необходимо сформулировать математическую задачу оптимизации подбора оптимального набора методов.

Разработанная в [1] технология решения задач ГРР предназначена для выбора набора методов из каталога, включающего более 500 методов, каждый из которых описывается с использованием 30 параметров. Все методы предназначены для использования на 4 этапах ГРР (региональный, поисково-оценочный, разведочный, опытно-промышленный) и условно делятся на 2 класса: методы для определения геологических характеристик объекта и методы для определения критериев нефтегазоносности. В свою очередь критерии нефтегазоносности делятся на базовые и дополнительные. Географические и геологические характеристики объекта являются в большинстве случаев входными данными, а некоторые геологические характеристики объектов и критерии их нефтегазоносности являются выходными данными методов.

Для решения задач ГРР применяется комплекс методов в зависимости от степени изученности того или иного объекта исследований с целью определения

его геологических характеристик, оценки базовых критериев нефтегазоносности как по разрезу, так и по площади, определения их характеристик.

Базовые критерии нефтегазоносности определяются такими элементами углеводородной системы, как нефтегазоматеринские толщи, породы-коллекторы, флюидоупоры и ловушки, а также процессами генерации УВ, их миграции, аккумуляции и консервации (в том числе постакумуляционные процессы); их свойства обычно являются дополнительными критериями [2].

Под рациональным комплексом подразумевается набор методов, когда в ходе их применения результаты одного метода позволяют решать несколько задач, реализуемых на разных этапах ГРП, и определять часть свойств всех базовых критериев нефтегазоносности. Авторы [1] предлагают 3 принципа выбора рационального комплекса. Первый из них предполагает предпочтительное использование методов, результаты которых применяются для решения последующих задач поисково-разведочных работ, в том числе и на других этапах. Второй – построен на определении максимального числа базовых критериев нефтегазоносности и их свойств. Третий – исходит из оценки информативности и достаточности уже примененных методов и полученных результатов для решения поставленных ранее задач ГРП.

Для выбора наилучшего набора методов необходимо определить веса каждого из используемых методов с учетом этапности ГРП и совокупности методов, использованных ранее и используемых вместе с рассматриваемым методом. Также на вес метода влияют: географические условия, опыт его использования, достоверность получаемых результатов, повышение информативности при комплексировании с другими методами, погрешность метода и т.д. Так как весовые коэффициенты методов зависят от состояния системы в данный момент времени, то рассматриваемая система является нестационарной.

Описанную постановку задачи можно свести к построению графов, вершины которых – входные и выходные данные методов, а ребра характеризуют рассматриваемые методы. А поиск наилучшего комплекса методов – к задаче поиска оптимального пути на графе с учетом динамических весовых коэффициентов.

Пусть заданы известные данные

$$A_{(1)} = \{A_{1,1}, \dots, A_{1,n_1}\}: A_{(1)} \subset A,$$

которые являются входными для k_1 методов

$$M_{(1)} = \{M_{1,1}, \dots, M_{1,k_1}\}: M_{(1)} \subset M.$$

Применение всех методов дает на выходе данные

$$A_{(2)} = \{A_{2,1}, \dots, A_{2,n_2}\}: A_{(1)} \subset A_{(2)} \subset A,$$

которые в свою очередь являются входными для k_2 методов

$$M_{(2)} = \{M_{2,1}, \dots, M_{2,k_2}\}: M_{(1)} \subset M_{(2)} \subset M$$

и т.д. В итоге получаем полный граф всех возможных методов, которые могут быть использованы для данного объекта, исходя из имеющихся данных, и все

выходящие данные (включая базовые и дополнительные критерии нефтегазоносности), которые могут быть получены на данном графе (рис. 1)

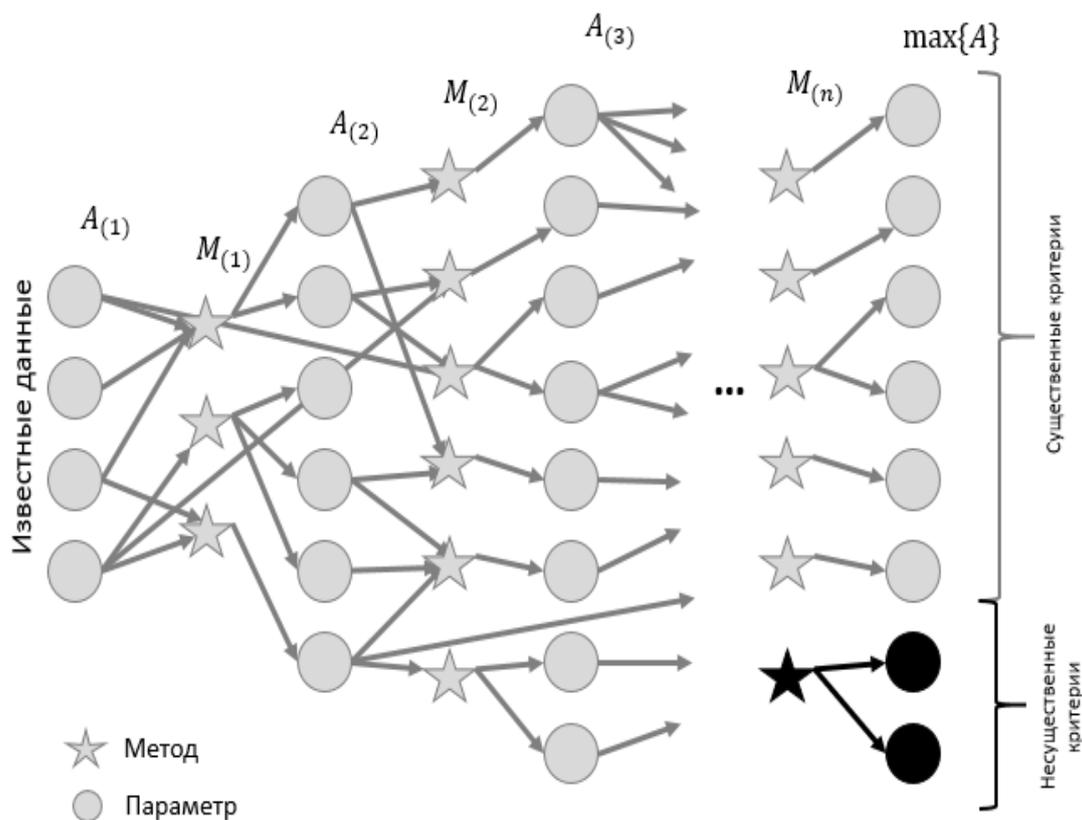


Рис. 1. Схематичное представление графа путей

На практике может оказаться, что не все итоговые данные (например, не все дополнительные критерии нефтегазоносности) являются важными, удаляя их из последнего набора выходных данных, можно уменьшить количество используемых методов и размерность графа. После необходимо расставить некоторые начальные значения весовых коэффициентов методов, затем выбрать наилучший маршрут и пересчитать значения весовых коэффициентов в соответствии с реальными условиями применения метода.

Отметим, что применение некоторых методов может изменить геологическую модель рассматриваемого объекта (например, появятся новые нефтегазовые залежи, пропущенные при предыдущих исследованиях). Это означает перестройку всего графа с добавлением новых входных данных и возможностью повторного использования некоторых методов, что приводит к итерационному-циркулярному процессу исследования.

Для классической задачи поиска оптимального пути в графе существует множество различных алгоритмов, которые используются для планирования

маршрута, распределения ресурсов, оптимизации трафика и т.д. Для задач с большим количеством входных данных особый интерес могут представить эвристические алгоритмы: они основаны на использовании правил и предположений для нахождения приближенных решений, которые позволяют избежать перебора всех возможных последовательностей методов. Успешное применение таких алгоритмов представлено во многих работах, например, в [3] описан поиск кратчайшего маршрута методом Дейкстры с использованием элементов динамического программирования, а в [4] – метод решения задачи коммивояжера с помощью алгоритма муравьиной колонии.

Однако, представленная формулировка задачи не является классической задачей теории графов и для ее решения либо необходим прямой перебор всех известных путей, либо необходимо модифицировать известные методы для решения описанной выше задачи.

Библиографический список

1. Технология рационального комплексирования методов изучения нефтегазоносных бассейнов / Ступакова А.В., Поляков А.А., Малышев Н.А. [и др.] // Цифровые технологии в добыче углеводородов. Цифровая независимость: Тез. докл. научн-техн. конф., Уфа, 17–20 октяб. 2023 г. – Уфа, 2023. С. 82–83.

2. Критерии нефтегазоносности осадочного бассейна / Ступакова А.В. [и др.] // Георесурсы. 2023. Т. 25, № 2, С. 5–21.

3. Лобанова К.К., Филиппова Е.Г. Поиск кратчайшего маршрута элементами динамического программирования и методом Дейкстры // Актуальные проблемы развития естественных наук: сборник статей участников XXV Областного конкурса научно-исследовательских работ «Научный Олимп» по направлению «Естественные науки». – Екатеринбург, 2022. – 2022. – С.85-90.

4. Bonabeau E., Dorigo M., Theraulaz G. Swarm intelligence: from natural to artificial systems. – Oxford university press, 1999. – №. 1.

© Сафина А.А., 2023

А.В. СПЕЛЕ

spele.sasha@gmail.com

Науч. руковод. – д-р физ.-мат. наук, профессор Р.К. ГАЗИЗОВ

Уфимский университет науки и технологий

АЛГОРИТМ ПОСТРОЕНИЯ СЕГМЕНТАЦИИ НЕОДНОРОДНОЙ СРЕДЫ ПО ГРАНИЦАМ СЕГМЕНТОВ НЕСКОЛЬКИХ СИГНАЛОВ

Аннотация: рассматривается задача получения границ сегментов неоднородной среды по результатам геофизического исследования скважин. Предложены алгоритм, позволяющий получить границы сегментов любых каротажей, и алгоритм построения сегментации неоднородной среды с использованием границ сегментов нескольких каротажей.

Ключевые слова: неоднородная среда; геофизические исследования скважин; каротаж; сегментация.

Рассматривается задача построения сегментации неоднородной среды, состоящей из набора однородных сегментов, по данным геофизического исследования скважин. Предполагается, что на каждой скважине проведено исследование с использованием нескольких радиоактивных и электрических методов [1], которые можно рассматривать как дискретные сигналы [2]. Каждый из полученных каротажей может быть использован для определения границ сегментов. Однако каждый из каротажей получен как результат исследования свойств одного из физических полей в среде, и поэтому результаты сегментации по разным каротажам как правило не совпадают. Поэтому наряду с задачей сегментации каротажей стоит задача разработки алгоритма использования нескольких каротажей для построения сегментации рассматриваемой среды (Рис. 1).

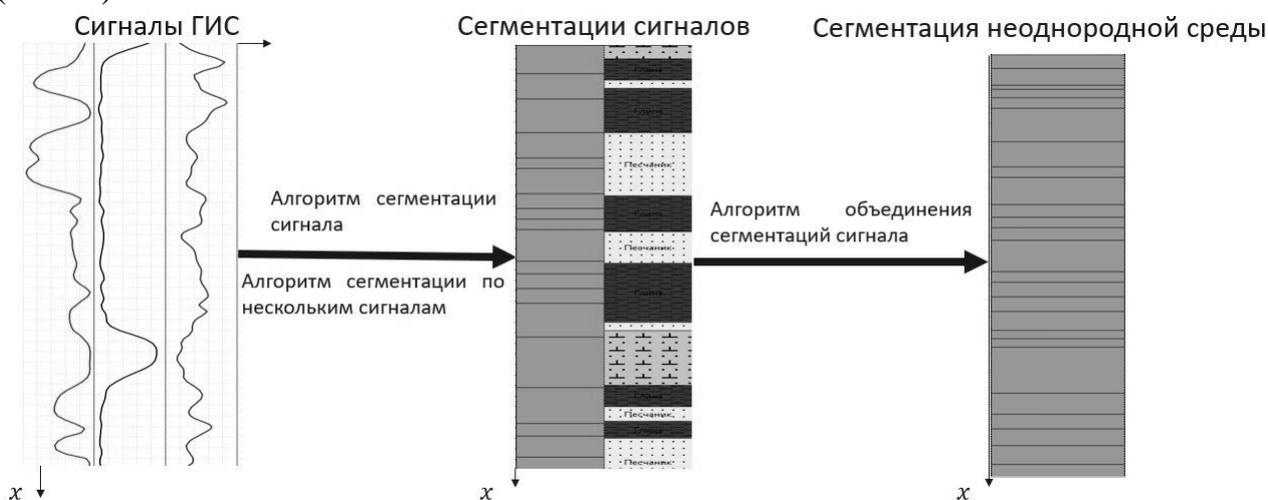


Рис. 1. Схема построения сегментации неоднородной среды

Алгоритм сегментации каротажной кривой.

В качестве базового алгоритма, используемого для сегментации каротажа, используется способ сегментации сигнала, описанный в работе [3]. Он основывается на определении границ сегментов как точек перегиба графика. Точки перегиба определяются второй разностной производной как точки перемены знака или нулей. Однако данный алгоритм подходит только для каротажей электрических методов исследования скважин. Для кривых ГИС, полученных радиоактивными методами, данный алгоритм будет выдавать лишние границы сегментов из-за содержания внутри показаний каротажа ряби и выбросов.

Для использования этого алгоритма в ситуациях с нестандартными показаниями каротажа предложена его модификация, которая заключается в том, что сегмент кривой ГИС характеризуется резким возрастанием или убыванием значений кривой. Поэтому можно воспользоваться первой разностной производной, экстремумы которой являются нулями второй разностной производной. Так как рябь имеет малые амплитуды, ограничение минимального значения экстремумов первой производной уменьшит количество сегментов в области ряби кривой ГИС.

Основные шаги алгоритма сегментации каротажа:

1. Рассчитать первую разностную производную от дискретного сигнала $\tilde{u}(x_i)$:

$$\tilde{u}'(x_i) = \frac{\tilde{u}(x_{i+1}) - \tilde{u}(x_{i-1}))}{2h},$$

где h – шаг квантования сигнала (кривой ГИС),

$i = 0, \dots, N$, N – количество точек дискретного сигнала.

2. Найти нули первой разностной производной x_k^0 , $k = 0, \dots, K$, K – количество нулей.

3. Найти локальные экстремумы x_j^{extr} , удовлетворяющие условию:

$$|u'(x_j^{extr})| \geq \delta \cdot \frac{|\max_X \tilde{u}'(x) - \min_X \tilde{u}'(x)|}{h}, \quad x_j^{extr} \in [x_k^0, x_{k+1}^0], \quad x \in X,$$

где X – область определения сигнала,

δ – параметр, отвечающий за минимально возможное возрастание или убывание сигнала, которое будет определять сегмент,

$j = 0, \dots, M$, M – количество локальных экстремумов первой разностной производной. Экстремумы, удовлетворяющие шагу 3, являются границами сегментов.

Полученная модификация позволяет определить границы сегментов для любых типов кривых ГИС. Полученные наборы границ сегментов разных сигналов используются для построения сегментации неоднородной среды.

Алгоритм сегментации среды по нескольким каротажным кривым

Суть алгоритма сегментации неоднородной среды состоит в том, что в первом приближении границы сегментов среды определяются основным каротажем, а далее они корректируются с использованием других каротажей. Правило корректировки существенно зависит от заданной минимальной длины сегмента.

Алгоритм сегментации неоднородной среды:

1. Имеется K упорядоченных по степени зашумленности каротажей, по которым были получены наборы сегментов $\{l^k\}$, $k = 1, \dots, K$, с границами $\{s_i^k\}$, $i = 0, \dots, M_k$, где M_k – количество сегментов в k -ом каротаже.

2. Задается минимальная длина сегмента w_{\min} .

3. Выбирается первый (основной) каротаж с границами сегментов l_i^1 , которые считаются первым приближением границ среды, то есть если s_i – границы сегментов среды, то $s_i = l_i^1$.

4. Рассматривается каждая граница s_i .

4.1. Если $|s_i - s_{i-1}| \leq \frac{w_{\min}}{2}$ или $|s_i - s_{i+1}| \leq \frac{w_{\min}}{2}$, то граница s_i удаляется.

4.2.1. Если $\frac{w_{\min}}{2} < |s_i - s_{i-1}| < w_{\min}$ или $\frac{w_{\min}}{2} < |s_i - s_{i+1}| < w_{\min}$, то граница s_i сдвигается, чтобы $|s_i - s_{i+1}| \geq w_{\min}$, $|s_i - s_{i-1}| \geq w_{\min}$, при условии, что

$$|s_{i-1} - s_{i-2}| \geq w_{\min} + |s_i - s_{i-1}|, |s_{i+1} - s_{i+2}| \geq w_{\min} + |s_i - s_{i+1}|.$$

4.2.2. Если границу s_i сдвинуть не удалось, то она удаляется.

5. Пусть $k = 2$.

6. К границам s_i для корректировки добавляется набор границ l_j^k , $j = 0, \dots, M_k$, M_k – количество границ сегментов в k -ом каротаже.

7. Для каждой границы l_j^k выбирается такое i , что $l_j^k \in [s_i, s_{i+1}]$.

7.1. Если $|l_j^k - s_i| \leq \frac{w_{\min}}{2}$ или $|l_j^k - s_{i+1}| \leq \frac{w_{\min}}{2}$, то граница l_j^k удаляется.

7.2.1. Если $\frac{w_{\min}}{2} < |l_j^k - s_i| < w_{\min}$ или $\frac{w_{\min}}{2} < |l_j^k - s_{i+1}| < w_{\min}$, то граница l_j^k сдвигается, чтобы

$$\begin{aligned} |l_j^k - s_i| &\geq w_{\min}, |l_j^k - s_{i+1}| \geq w_{\min}, \\ |l_j^k - l_{j+1}^k| &\geq w_{\min}, |l_j^k - l_{j-1}^k| \geq w_{\min}. \end{aligned}$$

7.2.2. Если границу l_j^k сдвинуть не удалось, то она удаляется.

7.3. Если $|l_j^k - s_i| > w_{\min}$ и $|l_j^k - s_{i+1}| > w_{\min}$, то граница l_j^k , добавляется к s_i .

8. Результатом выполнения шага 7 является скорректированное первое приближение сегментов среды \overline{s}_z , $z = 0, \dots, Z$, Z – количество границ сегментов в новой сегментации среды. Производится переход к следующему каротажу $k = k + 1$.

9. Переходим к шагу 6 заменяя основной набор сегментов $s_i = \overline{s}_z$.

В зависимости от упорядоченности каротажей результат сегментации среды может изменяться. Каротажи, полученные разными методами ГИС, могут иметь разную структуру и зашумленность, что мешает точно оценить местоположение границ сегментов. Как правило, для первого приближения сегментации среды лучше использовать каротаж, полученный электрическим методом ГИС.

Библиографический список

1. Косков В.Н. Теоретические основы дисциплины «Геофизические исследования скважин» и методика выполнения квалификационных работ: учеб.-метод. пособие / В.Н. Косков. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2016. – 121 с.
2. Сергиенко А.В. Цифровая обработка сигналов: учеб. пособие. – 3-е изд. – СПб.: БХВ-Петербург, 2011. – 768 с.
3. Кузьмичев О.Б., Баймухаметов Д.С., Ливаев Р.З. Программа для ЭВМ «Определение подсчетных параметров на основе совместной интерпретации данных каротажа ПС и электрометодов ГИС для старого фонда скважин» (IntRest), журнал «Изобретения и рацпредложения в нефтегазовой промышленности», М.: труды ВНИИОЭНГ, № 2, 2005, 156 с.

© Спеле А.В., 2023

УДК 517.96

В.В. СПЕЛЕ

spele.vv@ugatu.su

Науч. руковод. – д-р физ.-мат. наук, профессор **С.Ю. ЛУКАЩУК**

Уфимский университет науки и технологий

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ МОНОХРОМАТИЧЕСКОЙ ВОЛНЫ В СРЕДЕ СО СТЕПЕННОЙ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ НЕЛОКАЛЬНОСТЬЮ МЕТОДОМ ВОЗМУЩЕНИЙ

Аннотация: рассматривается задача численного моделирования распространения монохроматической волны в среде со степенной пространственной нелокальностью. Волновой процесс описывается дробно-дифференциальным волновым уравнением с потенциалом Рисса. Показано, что такое моделирование может осуществляться методом разложения решения по малому параметру, выделяемому из порядка дробного дифференцирования.

Ключевые слова: монохроматическая волна; потенциал Рисса; уравнение Гельмгольца дробного порядка; малый параметр; численный алгоритм.

Моделирование волновых процессов в неоднородных сложных средах с пространственной нелокальностью степенного типа может осуществляться на основе уравнений с дробно-дифференциальными операторами по пространственным переменным [1]. В частности, линейное волновое уравнение с дробной степенью оператора Лапласа изучалось в работе [2]. Такое уравнение допускает решение типа бегущей волны, на котором оно редуцируется к аналогу уравнения Гельмгольца, для которого в [3] было получено интегральное представление решения. Однако построение на его основе численного решения является вычислительно трудоемким, поэтому является актуальной разработкой эффективных численных алгоритмов решения этой задачи.

Рассмотрим волновой процесс, описываемый дробно-дифференциальным обобщением уравнения Гельмгольца

$$\Delta(R^\varepsilon u) + \omega^2 u = f, \quad u = u(x), \quad f = f(x), \quad x \in R^2, \quad \omega \in R, \quad 0 < \varepsilon < 1. \quad (1)$$

Здесь

$$(R^\varepsilon u)(x) = \frac{1}{\gamma_2(\varepsilon)} \iint_{R^2} |x - \eta|^{\varepsilon-2} u(\eta) d\eta, \quad (2)$$

– потенциал Рисса [1] и $\gamma_2(\varepsilon) = 2^\varepsilon \Gamma^2\left(\frac{\varepsilon}{2}\right) \sin \frac{\pi\varepsilon}{2}$.

С использованием известного [1] тождества $R^\varepsilon u = -\Delta(R^{2+\varepsilon} u)$ показано, что справедливо разложение

$$(R^\varepsilon u)(x) = [1 + (\gamma - \ln 2)]u(x) + \frac{\varepsilon}{4\pi} \iint_{R^2} \ln^2 |\eta| \Delta u(x - \eta) d\eta + o(\varepsilon). \quad (3)$$

Использование этого разложения дает возможность применить к решению (1) методы теории возмущений [4]. Пусть $u(x) \approx u_0(x) + \varepsilon u_1(x)$. Тогда функции $u_0(x)$ и $u_1(x)$ находятся как решения классических неоднородных уравнений Гельмгольца

$$\Delta u_i + \omega^2 u_i = f_i, \quad i = 0, 1,$$

где $f_0(x) = f(x)$ и

$$f_1(x) = (\ln 2 - \gamma)(f(x) - \omega^2 u_0(x)) - \frac{1}{4\pi} \iint_{R^2} \ln^2 \eta [\Delta f(x - \eta) - \omega^2 f(x - \eta) + \omega^4 u_0(x - \eta)] d\eta.$$

Классическое уравнение Гельмгольца решалось численно с использованием конечно-разностной схемы второго порядка аппроксимации. Исходная задача поставлена в R^2 , поэтому при численном решении использовался PML слой [2]. Схема реализована программно с использованием языков программирования Python и C++.

С использованием созданного программного кода был проведен вычислительный эксперимент при $\varepsilon = 0,001$, $\omega = 2,5$, $f(x) = e^{-x^2}$. На рис. 1 представлены точное решение дробно-дифференциального уравнения (1) и его приближенное численное решение, полученное по предлагаемой методике.

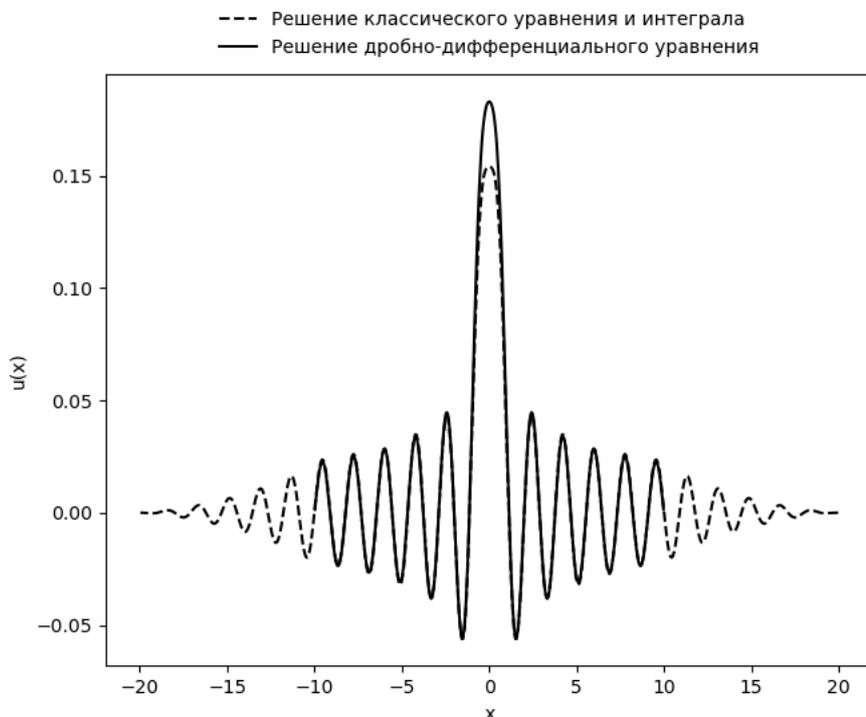


Рис. 1. Точное и приближенное решения уравнения (1)

Из рисунка видно, что за исключением окрестности нуля, численное решение хорошо приближает точное. Это подтверждает принципиальную возможность использования предлагаемого подхода для численного моделирования волновых процессов в средах со степенной пространственной нелокальностью.

Отметим, что наблюдающееся на графиках рис. 1 заметное расхождение решений в окрестности нуля объясняется особенностью разложения (3), которое является неравномерным и неприменимо в этой окрестности. В работе [5] на примере одномерных дробно-дифференциальных уравнений показано, что данная трудность может быть преодолена переходом к двухмасштабным разложениям.

Библиографический список

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. Найфэ А.Х. Методы возмущений. М.: Мир, 1976. 456 с.

5. Lukashchuk S.Yu. An approximate solution method for ordinary fractional differential equations with the Riemann–Liouville fractional derivatives // Communication in Nonlinear Science and Numerical Simulation. 2014. Vol. 19, No. 2. Pp. 390–400.

© Спеле В.В., 2023

УДК 517.958

М.Ф. СУЛТАНОВ

sultanov.murat.far@gmail.com

Науч. руковод. – д-р физ.-мат. наук, профессор **С.Ю. ЛУКАЩУК**

Уфимский университет науки и технологий

СИММЕТРИИ ДРОБНО-ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО ОБОБЩЕНИЯ УРАВНЕНИЯ ШРЕДИНГЕРА С ПРОИЗВОДНЫМИ МАРШО

Аннотация: находятся симметрии линейного одномерного дробно-дифференциального обобщения уравнения Шрёдингера с производными Маршо. Показано, что уравнение наследует пять основных симметрий классического уравнения Шредингера, соответствующих группам преобразований переноса, растяжения и вращения. При этом группа проективных преобразований и группа Галилея уравнением не допускаются.

Ключевые слова: дробная производная Маршо; дробно-дифференциальное уравнение Шрёдингера; точечная симметрия.

Хорошо известно, что классическое уравнение Шредингера играет фундаментальную роль в квантовой механике [1]. В настоящее время предложен целый ряд его обобщений, позволяющих учесть эффекты памяти и пространственной нелокальности за счет замены производных целого порядка по пространству или времени на соответствующие производные дробного порядка [2-4]. В данной работе рассматривается одно из таких одномерных обобщений, имеющее вид:

$$i \frac{\partial \psi}{\partial t} + \frac{1}{2} (\mathbb{D}_+^\alpha [\psi] + \mathbb{D}_-^\alpha [\psi]) = 0, \quad \alpha \in (1,2), \quad t > 0, \quad x \in (-\infty, \infty). \quad (1)$$

Здесь

$$\mathbb{D}_+^\alpha[f(x)] = \frac{\{\alpha\}}{\Gamma(1 - \{\alpha\})} \int_0^\infty \frac{f^{(n)}(x) - f^{(n)}(x - \xi)}{\xi^{1+\{\alpha\}}} d\xi, \quad (2)$$

$$\mathbb{D}_-^\alpha[f(x)] = \frac{\{\alpha\}}{\Gamma(1 - \{\alpha\})} \int_0^\infty \frac{f^{(n)}(x) - f^{(n)}(x + \xi)}{\xi^{1+\{\alpha\}}} d\xi, \quad (3)$$

– лево- и правосторонняя дробные производные Маршо [5] порядка α и $n = [\alpha]$.

Непосредственными вычислениями для производных (2) и (3) устанавливается справедливость следующего полезного тождества:

$$\mathbb{D}_\pm^\alpha[xf'(x)] = \alpha\mathbb{D}_\pm^\alpha[f(x)] + x\mathbb{D}_\pm^\alpha[f'(x)]. \quad (4)$$

Характерной особенностью классического уравнения Шредингера является то, что оно обладает достаточно богатой группой точечных симметрий (см., например, [6]). Возникает закономерный вопрос: какие точечные симметрии классического уравнения будут наследоваться его дробно-дифференциальным обобщением (1)? Ответу на этот вопрос и посвящена данная работа.

В предельном случае $\alpha = 2$ уравнение (1) превращается в классическое одномерное уравнение Шредингера для свободной частицы

$$i \frac{\partial \psi}{\partial t} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} = 0,$$

которое в результате подстановки $\psi(t, x) = u(t, x) + iv(t, x)$ и расщепления по i переходит в вещественную систему

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} = 0, \quad -\frac{\partial v}{\partial t} + \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = 0.$$

Точечной симметрией данной системы называется инфинитезимальный оператор однопараметрической группы точечных преобразований [7], имеющий в общем случае вид

$$X = \tau(t, x, u, v) \frac{\partial}{\partial t} + \xi(t, x, u, v) \frac{\partial}{\partial x} + \mu(t, x, u, v) \frac{\partial}{\partial u} + \vartheta(t, x, u, v) \frac{\partial}{\partial v} \quad (5)$$

Данная система обладает бесконечномерной алгеброй точечных симметрий [6], при этом основная алгебра является 7-мерной с базисом

$$X_1 = \frac{\partial}{\partial t}, \quad X_2 = \frac{\partial}{\partial x}, \quad X_3 = 2t \frac{\partial}{\partial t} + x \frac{\partial}{\partial x}, \quad X_4 = u \frac{\partial}{\partial u} + v \frac{\partial}{\partial v},$$

$$\begin{aligned}
X_5 &= u \frac{\partial}{\partial v} - v \frac{\partial}{\partial u}, & X_6 &= 2t \frac{\partial}{\partial x} + x \left(u \frac{\partial}{\partial v} - v \frac{\partial}{\partial u} \right), \\
X_7 &= t^2 \frac{\partial}{\partial t} + tx \frac{\partial}{\partial x} - \left(\frac{1}{2} tu + \frac{1}{4} x^2 v \right) \frac{\partial}{\partial u} - \left(\frac{1}{2} tv - \frac{1}{4} x^2 u \right) \frac{\partial}{\partial v},
\end{aligned} \tag{6}$$

а бесконечномерная алгебра определяется оператором

$$X_\infty = f(t, x) \frac{\partial}{\partial u} + g(t, x) \frac{\partial}{\partial v},$$

где $f(t, x)$ и $g(t, x)$ – любые решения системы $f_t + g_{xx} = 0$, $g_t - f_{xx} = 0$.

Отметим, что операторы X_1 и X_2 определяют группы преобразований переноса по временной и пространственной переменным, операторы X_3 и X_4 определяют группы растяжений, оператор X_5 задает группу вращений, оператор X_6 соответствует группе Галилея, а X_7 определяет группу проективных преобразований.

Аналогично классическому случаю, уравнение (1) может быть записано в виде системы

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{1}{2} (\mathbb{D}_+^\alpha[v] + \mathbb{D}_-^\alpha[v]) = 0, \quad -\frac{\partial v}{\partial t} + \frac{1}{2} (\mathbb{D}_+^\alpha[u] + \mathbb{D}_-^\alpha[u]) = 0. \tag{7}$$

Для нахождения симметрий системы (7) необходимо иметь продолжение оператора (5) на все входящие в нее производные. Соответствующий инфинитезимальный оператор продолженной группы имеет вид

$$\begin{aligned}
\tilde{X} &= X + \left(\zeta^u \frac{\partial}{\partial u_t} + \rho^u \frac{\partial}{\partial (\mathbb{D}_+^\alpha[u])} + \lambda^u \frac{\partial}{\partial (\mathbb{D}_-^\alpha[u])} \right) + \\
&+ \left(\zeta^v \frac{\partial}{\partial v_t} + \rho^v \frac{\partial}{\partial (\mathbb{D}_+^\alpha[v])} + \lambda^v \frac{\partial}{\partial (\mathbb{D}_-^\alpha[v])} \right).
\end{aligned} \tag{8}$$

Координаты ζ^u, ζ^v определяются по классическим формулам группового анализа дифференциальных уравнений (см., например, [7])

$$\begin{aligned}
\zeta^u &= D_t[\mu] - u_t D_t[\tau] - u_x D_x[\xi], \\
\zeta^v &= D_t[\vartheta] - v_t D_t[\tau] - v_x D_x[\xi],
\end{aligned} \tag{9}$$

а продолжение на дробные производные Маршо будет иметь вид, аналогичный продолжению на дробные производные Римана–Лиувилля [8]:

$$\begin{aligned}
\rho^u &= \mathbb{D}_+^\alpha[\mu - \xi u_x - \tau u_t] + \xi D_x[\mathbb{D}_+^\alpha[u]] + \tau D_t[\mathbb{D}_+^\alpha[u]], \\
\lambda^u &= \mathbb{D}_-^\alpha[\mu - \xi u_x - \tau u_t] + \xi D_x[\mathbb{D}_-^\alpha[u]] + \tau D_t[\mathbb{D}_-^\alpha[u]], \\
\rho^v &= \mathbb{D}_+^\alpha[\vartheta - \xi v_x - \tau v_t] + \xi D_x[\mathbb{D}_+^\alpha[v]] + \tau D_t[\mathbb{D}_+^\alpha[v]], \\
\lambda^v &= \mathbb{D}_-^\alpha[\vartheta - \xi v_x - \tau v_t] + \xi D_x[\mathbb{D}_-^\alpha[v]] + \tau D_t[\mathbb{D}_-^\alpha[v]].
\end{aligned} \tag{10}$$

Как обычно, координаты инфинитезимальных операторов вида (5) для групп, допускаемых системой уравнений $F = 0$, находятся из условия инвариантности

$$(\tilde{X}F)|_{F=0} = 0,$$

которое приводит к соответствующей системе определяющих уравнений. Для системы (6), с учетом (8)–(10), такая определяющая система имеет вид

$$\begin{aligned} & D_t[\mu] - u_t D_t[\tau] - u_x D_t[\xi] + \\ & + \frac{1}{2} (\mathbb{D}_-^\alpha[\vartheta - \xi v_x - \tau v_t] + \xi D_x[\mathbb{D}_-^\alpha[v]] + \tau D_t[\mathbb{D}_-^\alpha[v]]) + \\ & + \frac{1}{2} (\mathbb{D}_+^\alpha[\vartheta - \xi v_x - \tau v_t] + \xi D_x[\mathbb{D}_+^\alpha[v]] + \tau D_t[\mathbb{D}_+^\alpha[v]]) = 0, \\ & - (D_t[\vartheta] - v_t D_t[\tau] - v_x D_t[\xi]) + \\ & + \frac{1}{2} (\mathbb{D}_-^\alpha[\mu - \xi u_x - \tau u_t] + \xi D_x[\mathbb{D}_-^\alpha[u]] + \tau D_t[\mathbb{D}_-^\alpha[u]]) + \\ & + \frac{1}{2} (\alpha[\mu - \xi u_x - \tau u_t] + \xi D_x[\mathbb{D}_+^\alpha[u]] + \tau D_t[\mathbb{D}_+^\alpha[u]]). \end{aligned} \tag{11}$$

Она должна удовлетворяться в силу системы (7).

Решение системы (11) является в общем случае нетривиальной задачей. Однако из практики группового анализа дробно-дифференциальных уравнений известно, что симметрии такого уравнения могут отличаться от симметрий соответствующего уравнения целого порядка только числовыми коэффициентами перед координатами инфинитезимального оператора. Поэтому проверим допускаемость операторов вида (6) системой (7) методом неопределенных коэффициентов. Для этого координаты операторов (6) с произвольными коэффициентами подставлялись в систему (11), из которой эти коэффициенты и находились в силу исходной системы (7).

В результате было получено, что система (7) обладает бесконечномерной алгеброй точечных симметрий, при этом основная алгебра симметрий является 5-мерной с базисом

$$\begin{aligned} X_1 &= \frac{\partial}{\partial t}, & X_2 &= \frac{\partial}{\partial x}, & X_3 &= \alpha t \frac{\partial}{\partial t} + x \frac{\partial}{\partial x}, \\ X_4 &= u \frac{\partial}{\partial u} + v \frac{\partial}{\partial v}, & X_5 &= u \frac{\partial}{\partial v} - v \frac{\partial}{\partial u}, \end{aligned}$$

а бесконечномерная алгебра порождается оператором

$$X_\infty = f(t, x) \frac{\partial}{\partial u} + g(t, x) \frac{\partial}{\partial v},$$

где функции $f(t, x)$ и $g(t, x)$ являются произвольными решениями системы

$$\frac{\partial f}{\partial t} + \frac{1}{2}(\mathbb{D}_+^\alpha[g] + \mathbb{D}_-^\alpha[g]) = 0, \quad -\frac{\partial g}{\partial t} + \frac{1}{2}(\mathbb{D}_+^\alpha[f] + \mathbb{D}_-^\alpha[f]) = 0.$$

Отметим, что допустимость операторов группы переносов X_1 и X_2 непосредственно следует из того факта, что дробная производная Маршо от постоянной равна нулю.

Допустимость оператора X_3 проверяется с использованием тождества (4). Для первого уравнения системы (11) имеем

$$-\alpha u_t = \mathbb{D}_-^\alpha[-xv_x - \alpha tv_t] + xD_x[\mathbb{D}_-^\alpha[v]] + \alpha tD_t[\mathbb{D}_-^\alpha[v]] + \\ + \mathbb{D}_+^\alpha[-xv_x - \alpha tv_t] + xD_x[\mathbb{D}_+^\alpha[v]] + \alpha tD_t[\mathbb{D}_+^\alpha[v]].$$

В условиях существования производных Маршо (см. [5]) от функций u, v можно поменять порядок интегрирования и дифференцирования. Тогда некоторые слагаемые сократятся:

$$-\alpha u_t = \mathbb{D}_-^\alpha[-xv_x] + x\mathbb{D}_-^\alpha[v_x] + \mathbb{D}_+^\alpha[-xv_x] + x\mathbb{D}_+^\alpha[v_x].$$

Используем формулу (3):

$$-\alpha u_t = -\alpha\mathbb{D}_-^\alpha[v] - x\mathbb{D}_-^\alpha[v_x] + x\mathbb{D}_-^\alpha[v_x] - \alpha\mathbb{D}_+^\alpha[v] - x\mathbb{D}_+^\alpha[v_x] + x\mathbb{D}_+^\alpha[v_x], \\ u_t = \mathbb{D}_-^\alpha[v] + \mathbb{D}_+^\alpha[v].$$

В силу (7) получаем тождественное равенство. Аналогичное тождество получаем для второго уравнения системы (11).

Допускаемость операторов X_4 и X_5 немедленно следует из непосредственной подстановки их координат в систему (11) в силу системы (7).

Важно отметить, что система (7) не допускает группу преобразований Галилея. Положим в (11)

$$\tau = 0, \quad \xi = t, \quad \mu = \beta xv, \quad \vartheta = -\beta xi,$$

где β – неопределенный коэффициент. Тогда из первого уравнения системы (11) получим

$$2u_x = \beta(\mathbb{D}_+^{\alpha-1}[u] + \mathbb{D}_-^{\alpha-1}[u]).$$

Данное равенство возможно только в случае целого $\alpha = 2$, при этом $\beta = 2$.

Аналогично показывается, что не допускается и проективная группа.

Таким образом установлено, что основная алгебра симметрий дробно-дифференциальной системы (7) является 5-мерной и состоит из операторов группы преобразований переноса по пространственной и временной переменным, группы растяжений по этим переменным, группы растяжений по зависимым переменным u и v , а также группы вращений по u и v . Проективная группа и группа преобразований Галилея этой системой не допускаются.

Библиографический список

1. Ферми Э. Квантовая механика (конспект лекций) [Текст] / Ферми Э. – М.: Мир, 1965. – 367 с.

2. Laskin, N. Fractional Schrödinger equation [Electronic resource] / N. Laskin // *Physical Review E*. – 2002. – Vol. 66, iss. 5.
3. Naber, M. Time fractional Schrödinger equation [Electronic resource] / M. Naber // *Journal of Mathematical Physics*. – 2004. – Vol. 45, iss. 8.
4. Longhi, S. Fractional Schrödinger equation in optics [Electronic resource] / S. Longhi // *Optics Letters*. – 2015. – Vol. 40, iss. 6. – P. 1117.
5. 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.
6. Gagnon, L. Lie symmetries of a generalised nonlinear Schrodinger equation: I. The symmetry group and its subgroups [Electronic resource] / L. Gagnon, P. Winternitz // *Journal of Physics A: Mathematical and General*. – 1988. – Vol. 21, iss. 7. – P. 1493–1511.
7. Ibragimov, N.K. Transformation Groups and Lie Algebras / N.K. Ibragimov. – Singapore : World Scientific Publishing Co Pte Ltd, 2013. – ISBN 9789814460842.
8. Лукащук В.О., Лукащук С.Ю. Обыкновенные дифференциальные уравнения дробного порядка: основы классической теории и группового анализа. – Уфа: УГАТУ, 2022.

© Султанов М.Ф., 2023

УДК 517.957

Ш.Ф. ФАЙЗРАХМАНОВ

voidhead@yandex.ru

Науч. руковод. – д-р физ.-мат. наук, профессор **С.Ю. ЛУКАЩУК**

Уфимский университет науки и технологий

АВТОМОДЕЛЬНЫЕ РАДИАЛЬНЫЕ РЕШЕНИЯ ОБОБЩЕННОЙ СИСТЕМЫ УРАВНЕНИЙ ГАЗОВОЙ ДИНАМИКИ

Аннотация: рассмотрена обобщённая система уравнений газовой динамики для нелокальной среды в радиальной постановке. Выведены соотношения, определяющие автомодельные решения в одномерной радиальной постановке. Получено частное автомодельное решение рассматриваемой системы.

Ключевые слова: газовая динамика; фрактальная геометрия; пространственная нелокальность; автомодельное решение.

Реальные среды зачастую имеют сложную и неправильную геометрию порового пространства. Для учета этой особенности можно воспользоваться фрактальной теорией множеств дробной размерности [0].

В общем случае фрактальные среды не могут рассматриваться как непрерывные среды. Но можно заменить фрактальную среду с фрактальной размерностью на непрерывную среду, описываемую дробными интегралами и дробными производными, которые в свою очередь сводятся к обычным операторам интегрирования и дифференцирования [1].

3. Обобщенная система уравнений газовой динамики

Рассмотрим обобщение системы уравнений газовой динамики для нелокальной среды [1]:

$$\left\{ \begin{array}{l} \left(\frac{d}{dt}\right)_D \rho + \rho \nabla_k^D u = 0, \\ \left(\frac{d}{dt}\right)_D u_k + \frac{1}{\rho} \nabla_k^D p = 0, \\ \left(\frac{d}{dt}\right)_D e + c(D, d, R) \frac{p}{\rho} \sum_{k=1}^3 \frac{\partial u_k}{\partial x_k} = 0, \quad k = 1, 2, 3, \\ \left(\frac{d}{dt}\right)_D = \frac{\partial}{\partial t} + c(D, d, R) \sum_{l=1}^3 u_l \frac{\partial}{\partial x_l}, \\ c(D, d, R) = a(D, d) R^{d+1-D}, \\ a(D, d) = \frac{2^{D-d-1} \Gamma\left(\frac{D}{2}\right)}{\Gamma\left(\frac{3}{2}\right) \Gamma\left(\frac{d}{2}\right)}, \quad R = \sqrt{\sum_{k=1}^3 x_k^2}, \\ \nabla_k^D A = a(D, d) R^{3-D} \frac{\partial}{\partial x_k} (R^{d-2} A). \end{array} \right. \quad (1)$$

Здесь ρ – плотность, p – давление, u – скорость, e – внутренняя энергия газа, $2 < D < 3$ – массовый размер среды, $1 < d \leq 2$ – размерность границы среды, Γ – гамма-функция.

Перепишем систему (1) в сферических координатах (r, φ, θ) , предполагая сферическую симметрию, т. е. $\frac{\partial A}{\partial \varphi} = 0$, $\frac{\partial A}{\partial \theta} = 0$. Дифференциальные операторы примут следующий вид:

$$\begin{aligned} \nabla_k^D A &= a(D, d) r^{3-D} \frac{\partial}{\partial x_k} (r^{d-2} A_k) = a(D, d) r^{d-D} dv + a(D, d) r^{d-D+1} \frac{\partial v}{\partial r}, \\ \sum_{k=1}^3 \frac{\partial u_k}{\partial x_k} &= \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} (r^2 v) = \frac{2v}{r} + \frac{\partial v}{\partial r}, \\ \left(\frac{d}{dt}\right)_D &= \frac{\partial}{\partial t} + a(D, d) r^{d+1-D} v \frac{\partial}{\partial r}, \\ \nabla^D A &= a(D, d) r^{3-D} \frac{\partial}{\partial r} (r^{d-2} A) = a(D, d) r^{d-D} (d-2)A + a(D, d) r^{d-D+1} \frac{\partial A}{\partial r}. \end{aligned}$$

Используя полученные соотношения для дифференциальных операторов, получим запись системы (1) в сферических координатах:

$$\begin{aligned} \left(\frac{d}{dt}\right)_D \rho + \rho \left(a(D, d)r^{d-D} dv + a(D, d)r^{d-D+1} \frac{\partial v}{\partial r} \right) &= 0, \\ \left(\frac{d}{dt}\right)_D v + \frac{1}{\rho} \left(a(D, d)r^{d-D}(d-2)p + a(D, d)r^{d-D+1} \frac{\partial p}{\partial r} \right) &= 0, \\ \left(\frac{d}{dt}\right)_D e + a(D, d)r^{d-D+1} \frac{p}{\rho} \left(\frac{2v}{r} + \frac{\partial v}{\partial r} \right) &= 0. \end{aligned} \quad (2)$$

Для замыкания системы (2) используем уравнение адиабатного процесса:

$$e = e_0 + \frac{p}{\rho(\gamma - 1)},$$

где e_0 – постоянная, γ – показатель адиабаты.

Делая замену переменной $\xi = \frac{r^{D-d} \cdot a^{-1}}{(D-d)}$ и вводя обозначения

$$\mu = \frac{d-2}{(D-d)}, \quad \lambda = \frac{d}{(D-d)},$$

получим:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \rho}{\partial t} + v \frac{\partial \rho}{\partial r} + \rho \frac{\partial \rho}{\partial r} + \lambda \rho \frac{v}{r} &= 0, \\ \frac{\partial v}{\partial t} + v \frac{\partial v}{\partial r} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial r} + \frac{\mu p}{\rho r} &= 0, \\ \frac{1}{\gamma - 1} \left(\frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial p}{\partial t} + v \frac{\partial p}{\partial r} \right) - \frac{p}{\rho^2} \left(\frac{\partial \rho}{\partial t} + v \frac{\partial \rho}{\partial r} \right) \right) &= -\frac{p}{\rho} \left(\frac{2v}{(D-d)\xi} + \frac{\partial v}{\partial \xi} \right). \end{aligned}$$

В третьем уравнении системы заменяем $\frac{\partial \rho}{\partial t} + v \frac{\partial \rho}{\partial r}$ на $-(\rho \frac{\partial \rho}{\partial r} + \lambda \rho \frac{v}{r})$, и после преобразований окончательно получаем:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \rho}{\partial t} + v \frac{\partial \rho}{\partial r} + \rho \frac{\partial \rho}{\partial r} + \lambda \rho \frac{v}{r} &= 0, \\ \frac{\partial v}{\partial t} + v \frac{\partial v}{\partial r} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial r} + \frac{\mu p}{\rho r} &= 0, \\ \frac{\partial p}{\partial t} + v \frac{\partial p}{\partial r} + \gamma p \frac{\partial v}{\partial r} + (\mu + \gamma(\lambda - \mu)) p \frac{v}{r} &= 0. \end{aligned} \quad (3)$$

4. Соотношения определяющие автомодельные решения

Представим решение уравнений в частных производных (3) в виде произведений масштабных функций на новые неизвестные функции новой, автомодельной, переменной ξ [4]:

$$\xi = \frac{r}{R}, \quad R = R(t), \quad \frac{dR}{dt} = \dot{R}.$$

Будем искать решение в виде:

$$\begin{aligned}\rho &= \rho_0 g(\xi), \\ p &= \rho_0 \dot{R}^2 \pi(\xi), \\ v &= \dot{R} w, \\ \frac{d\rho_0}{dt} &= \dot{\rho}_0\end{aligned}$$

тогда частные производные примут вид:

$$\begin{aligned}\frac{\partial \rho}{\partial r} &= \frac{\rho_0 g'}{R}, \\ \frac{\partial \rho}{\partial t} &= \dot{\rho}_0 g - \rho_0 g' \xi \frac{\dot{R}}{R}, \\ \frac{\partial p}{\partial r} &= \rho_0 \dot{R}^2 \pi' \frac{1}{R}, \\ \frac{\partial p}{\partial t} &= \dot{\rho}_0 \dot{R}^2 \pi + 2\dot{R} \rho_0 \dot{R} \pi - \rho_0 \dot{R}^3 \xi \frac{\dot{\pi}}{R}, \\ \frac{\partial v}{\partial r} &= \frac{\dot{w} \dot{R}}{R}, \\ \frac{\partial v}{\partial t} &= \ddot{R} w - \dot{w} \dot{R} \xi \frac{\dot{R}}{R}, \\ \frac{\partial \xi}{\partial r} &= \frac{1}{R}, \\ \frac{\partial \xi}{\partial t} &= -\frac{\xi \dot{R}}{R}.\end{aligned}$$

После подстановки выражения для частных производных в (3) и несложных упрощений получим:

$$\begin{aligned}\frac{\dot{\rho}_0}{\rho_0} g + \frac{\dot{R}}{R} \left[-g' \xi + w g' + g w' + \frac{\lambda g w}{\xi} \right] &= 0, \\ \frac{\ddot{R} R}{\dot{R}^2} w - w' \xi + w w' + \frac{\pi'}{g} + \mu \frac{\pi}{g \xi} &= 0, \\ \frac{\dot{\rho}_0}{\rho_0} \pi + 2 \frac{\dot{R} \pi}{\dot{R}^2} + \frac{\dot{R}}{R} \left[-\xi \pi' + w \pi' + \gamma \pi w' + (\mu + \gamma(\lambda - \mu)) \frac{\pi w}{\xi} \right] &= 0.\end{aligned}$$

Чтобы последняя система имела смысл, нужно потребовать, чтобы выполнялась система условий:

$$\begin{aligned}\frac{\dot{\rho}_0 R}{\rho_0 \dot{R}} &= \text{const}, \\ \frac{\ddot{R} R}{\dot{R}^2} &= \text{const}.\end{aligned}$$

Решая последнюю систему, получаем два решения:

$$\begin{aligned}\rho_0 &= B t^\beta, R = A t^\alpha, \text{ где } \frac{\ddot{R} R}{\dot{R}^2} \neq 1, \\ \rho_0 &= B e^{\beta t}, R = A e^{\alpha t}, \text{ где } \frac{\ddot{R} R}{\dot{R}^2} = 1.\end{aligned}$$

5. Автомоделное решение

Введём в рассмотрение автомоделную переменную $\xi = \frac{r}{t}$ и предположим, что функции ρ, p, v зависят от переменной ξ следующим образом:

$$\rho = At^\alpha g(\xi),$$

$$p = Bt^\beta \pi(\xi),$$

$$v = \xi, \text{ где } A \text{ и } B \text{ константы,}$$

тогда частные производные переписутся в виде:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} = A\alpha t^{\alpha-1} g + At^\alpha \frac{\partial g}{\partial \xi} \left(-\frac{\xi}{t}\right),$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial r} = At^\alpha \frac{\partial g}{\partial \xi} \left(\frac{1}{t}\right),$$

$$\frac{\partial p}{\partial t} = B\beta t^{\beta-1} \pi + Bt^\beta \frac{\partial \pi}{\partial \xi} \left(-\frac{\xi}{t}\right),$$

$$\frac{\partial p}{\partial r} = Bt^\beta \frac{\partial \pi}{\partial \xi} \left(\frac{1}{t}\right),$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} = -\frac{\xi}{t},$$

$$\frac{\partial v}{\partial r} = \frac{1}{t}.$$

Система (3) примет вид:

$$A\alpha t^{\alpha-1} g + At^\alpha \frac{\partial g}{\partial \xi} \left(-\frac{\xi}{t}\right) + \xi At^\alpha \frac{\partial g}{\partial \xi} \left(\frac{1}{t}\right) + At^\alpha g(\xi) \frac{1}{t} + \lambda At^\alpha g(\xi) \frac{1}{t} = 0,$$

$$-\frac{\xi}{t} + \frac{\xi}{t} + \frac{1}{At^\alpha g(\xi)} \left(Bt^\beta \frac{\partial \pi}{\partial \xi} \left(\frac{1}{t}\right) + \mu \frac{Bt^\beta \pi(\xi)}{\xi t} \right) = 0,$$

$$B\beta t^{\beta-1} \pi + Bt^\beta \frac{\partial \pi}{\partial \xi} \left(-\frac{\xi}{t}\right) + \xi Bt^\beta \frac{\partial \pi}{\partial \xi} \left(\frac{1}{t}\right) +$$

$$+ \gamma Bt^\beta \pi(\xi) \frac{1}{t} + (\mu + \gamma(\lambda - \mu)) Bt^\beta \pi(\xi) \frac{1}{t} = 0.$$

После упрощений получим:

$$g(\lambda + 1 + \alpha) = 0,$$

$$\xi \frac{\partial \pi}{\partial \xi} = -\mu \pi,$$

$$\beta \pi + (\gamma + \mu + \gamma(\lambda - \mu)) \pi = 0.$$

Решая систему, получим одно из возможных решений:

$$\rho = At^{-\lambda-1} g(\xi),$$

$$p = Bt^{-\mu(1-\gamma) + (\mu+\lambda)\gamma} \xi^{-\mu},$$

где $g(\xi)$ – произвольная дифференцируемая функция.

В ходе работы была рассмотрена обобщённая система уравнений газовой динамики для нелокальной среды в радиальной постановке. Выведены соотношения определяющие автомоделные решения. Получено частное решение обобщенной системы.

Библиографический список

1. Vasily E. Tarasov Fractional hydrodynamic equations for fractal media – Moscow: Skobeltsyn Institute of Nuclear Physics, Moscow State University, 2005. – P. 287–307.
2. Овсянников Л.В. Лекции по основам газовой динамики – М.-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2003. – 336 с.
3. Esipov D.V., Kuranakov D.S., Lapin V.N., Cherny S.G. Mathematical models of hydraulic fracturing // Comput. Technologies. 2014. Vol. 19, No. 2 P. 33–61.
4. Зельдович Я.Б., Райзер Ю.П. Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений – М.: Изд-во Наука, 1966. – 688 с.

© Файзрахманов Ш.Ф., 2023

УДК 004

С.Р. САДРИЕВ, Н.В. ШИШЕНИН

ritaislam@mail.ru

Науч. руковод. – член РПМК ВСОШ по астрономии в Московской области,
учитель астрономии МАОУ Лицей №5 г.о. Долгопрудный **В.Б. ИГНАТЬЕВ**

Уфимский университет науки и технологий

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОПЯТНОГО ДВИЖЕНИЯ ПЛАНЕТ В СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЕ НА ОСНОВАНИИ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ТЕЛ В СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЕ

Аннотация: попятное (ретроградное) движение планет – это довольно интересное астрономическое явление, которое наблюдали ещё астрономы древних Греции, Рима и Египта. С использованием современных технологий компьютерного моделирования, мы можем строить графики попятного движения планеты в зависимости от параметров орбит небесных тел, а все расчеты предоставить на вычисление созданной нами программой.

Ключевые слова: попятное движение; точка стояния; орбита планет.

Формулы для расчетов попятного движения планет (рис. 1), при круговых орбитах планет, известны, но орбиты большинства тел во Вселенной эллиптически, также орбиты космических тел не лежат в одной плоскости, и противостояния планет в большинстве случаев не выпадает на перицентр хотя бы одной из планет, и представить, как будет выглядеть график движения планеты на небе другой планеты, при таком большом количестве параметров, практически невозможно, и рассчитать все параметры попятного движения чисто математически тоже является довольно трудоёмкой и время затратной задачей из-за отсутствия итоговой формулы расчета. А оценка размеров и

времени попятного движения и сравнения их с данным явлением для других параметров орбиты небесного тела предоставляется уже почти невыполнимой задачей. Однако с использованием современных технологий компьютерного моделирования, мы можем строить графики попятного движения планеты в зависимости от параметров орбит небесных тел, а все расчеты предоставить на вычисление созданной нами программой.



Рис. 1.

Описание Попятного Движения

Попятное движение – это видимое движение планет с востока на запад (против годовичного движения Солнца) на фоне далеких звезд. Из-за ретроградного движения, а также вследствие наклона орбиты к эклиптике, видимый путь планеты относительно далеких звезд представляет собой петлю. У внешних планет попятное движение наблюдается вблизи противостояния, у внутренних – вблизи нижнего соединения. Размер петли зависит от удаленности планеты от Земли: чем дальше планета, тем меньше петля (рис. 2).

Попятное движение планеты начинается, когда она оказывается в точке стояния – в точке, где вся ее скорость относительно Земли лежит на луче зрения (вся относительная скорость – лучевая). Стоит заметить, что точка стояния не совпадает с элонгацией, так как в элонгации планета имеет тангенциальную составляющую относительно скорости.

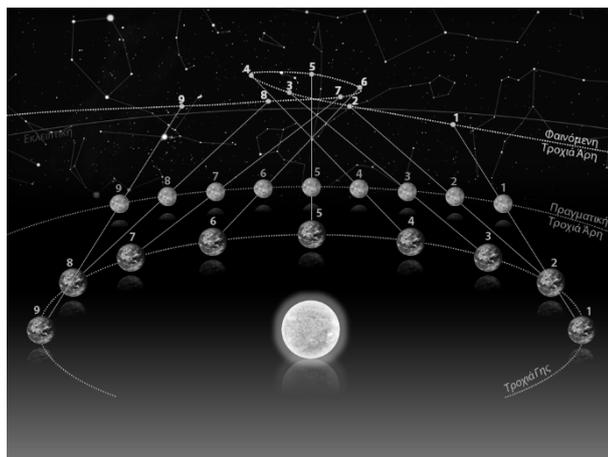


Рис. 2.

Орбиты

Для расчетов петли необходимо задать орбиты двух планет: планеты, с которой ведутся наблюдения, и планеты, за которой ведется наблюдения.

Чтобы задать положения орбит обеих планет в пространстве, необходимы следующие параметры (рис.3):

1. Большая полуось a - один из основных геометрических параметров объектов (в данном случае – эллипса), образованных посредством конического сечения.

2. Эксцентриситет e - числовая характеристика конического сечения. Эксцентриситет инвариантен относительно движений плоскости и преобразований подобия. Эксцентриситет характеризует «сжатость» орбиты.

3. Наклонение i – угол между плоскостями орбит планеты наблюдателя и наблюдаемой планеты.

4. Долгота восходящего узла Ω . Определяет угол в базовой плоскости, образуемый между базовым направлением на нулевую точку и направлением на точку восходящего узла орбиты, в которой орбита пересекает базовую плоскость в направлении с юга на север.

5. Аргумент перицентра ω определяется как угол между направлениями из притягивающего центра на восходящий узел орбиты и на перицентр

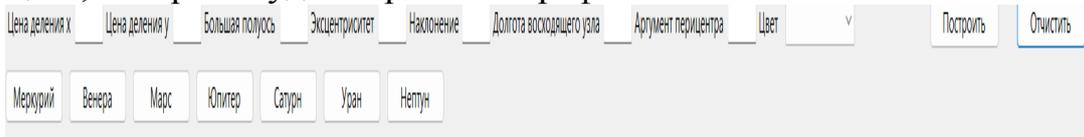


Рис. 3.

Реализация программы

Первая версия программы была написана на C++, но при дальнейшем развитии программы, было принято решение переписать программу на язык C#, итоговая программа имеет на вход следующие параметры:

- цена деления (масштаб) по оси x;
- цена деления (масштаб) по оси y;
- большая полуось, в а.е.;
- эксцентриситет;
- наклонение, в градусах;
- долгота восходящего узла, в градусах;
- аргумент перицентра, в градусах;
- цвет, которым будет нарисован график.



Также были созданы кнопки с планетами Солнечной системы, при нажатии на которые параметры орбит вводятся автоматически. Кнопка построить строит график, кнопка очистить - удаляет построенное. Вместе с графиком строится горизонтальная черная прямая – обозначающая плоскость эклиптики (орбиты Земли).

Примеры полученных графиков

Меркурий

Цена деления x – 100

Цена деления y – 200



Венера

Цена деления x – 23

Цена деления y – 23



Цена деления x – 23

Цена деления y – 230



Цена деления x – 160

Цена деления y – 160



Цена деления x – 160

Цена деления y – 800



Марс

Цена деления x – 30

Цена деления y – 30



Цена деления x – 27

Цена деления y – 540



Цена деления x – 320

Цена деления y – 320



Сатурн

Цена деления x – 2000

Цена деления y – 2000



Марс и Венера (сравнение)

Цена деления x – 160

Цена деления y – 160



Анализ

Исходя из подобных графиков, можно заметить повторяющиеся симметричные и/или повторяющиеся картины в графиках петель, смена тренда говорит о прохождении планетой пери- или апоцентра своей орбиты в момент попятного движения (от одной до следующей точки стояния). Также можно заметить, что чем ближе планета к Земле, тем большие угловые размеры она имеет, частота попятного движения напрямую зависит от синодического периода планеты ($1/S = |1/T_{\text{earth}} - 1/T_{\text{planet}}|$).

Возможные способы использования программы

Данную программу можно использовать в образовательных целях, строя большое количество графиков с разными параметрами орбит, для того, чтобы лучше понимать особенности попятного движения, а такие задачи нередко встречаются на олимпиадах по астрономии. Также при помощи данной программы можно узнать примерные параметры орбит некоторого тела (например астероида или кометы), накладывая график движения тела, снятый экспериментально на график, построенный программой.

Функционал программы в будущем можно расширить, например, добавить возможность выбора параметров орбиты тела, с которого ведется наблюдение, добавить функцию вывода графиков в системе отсчета, отрезок Солнце-Земля, и т.д.

Библиографический список

1. Игнатъев В.Б., Задачи по астрономии и астрофизике: учебное пособие / В.Б. Игнатъев. – Москва: МЦМНО, 2022. – 464 с.
2. Кононович Э.В., Мороз В.И., Общий курс астрономии: учебное пособие / Э.В. Кононович, В.И. Мороз. – Москва: Едиториал УРСС, 2004. – 544 с.
3. Шепелев А.С., Долгов Д.А., Молчанов С.Д., Борисов С.Б., Астрась – краткий сборник теории по астрономии: А.С. Шепелев, Д.А. Долгов, С.Д. Молчанов, С.Б. Борисов. – Жуковский: 2018. – 60 с.
4. Сурдин В.Г., Астрономия. Популярные лекции: учеб. пос. В.Г. Сурдин. – Москва: МЦМНО, 2019. – 352 с.
5. Сурдин В.Г., Солнечная Система: учебное пособие В.Г. Сурдин. – Москва: Физматлит, 2018. – 460 с.

© Садриев С.Р., Шишенин Н.В., 2023

СЕКЦИЯ 5.10. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ МАТЕМАТИКА

И.И. ГАЛЛЯМИТДИНОВ

ishmorat@mail.ru

Науч. руковод. – канд. ф.-м. наук, доцент **О.К. БАБКОВ**

Уфимский университет науки и технологий

ГРУППОВАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ НЕКОТОРЫХ ОБОБЩЕНИЙ УРАВНЕНИЯ ОСТРОВСКОГО

Рассмотрим уравнение (а):

$$(u_t + u_{xxx} + F(u)u_x)_x = E(u)$$

Всюду далее предполагаем, что функции $F(u)$ и $E(u)$ не являются постоянными и их производные $\frac{d}{du}F(u)$ и $\frac{d}{du}E(u)$ отличны от нуля.

Инфинитезимальный оператор будем искать в виде

$$X = A(t, x, u) \frac{\partial}{\partial t} + G(t, x, u) \frac{\partial}{\partial x} + H(t, x, u) \frac{\partial}{\partial u} \quad (1.1)$$

Применим к исходному уравнению продолжение оператора X и подставим в полученное равенство выражение $(u_t + u_{xxx} + F(u)u_x)_x = E(u)$. Расщепляя полученное соотношение по производным, получим систему линейных уравнений в частных производных относительно функций A, G, H :

$$A_t - 3G_x = 0 \quad (1.2)$$

$$2H_x \left(\frac{d}{du} F(u) \right) - G_{tx} + H_{tu} = 0 \quad (1.3)$$

$$(A_t - G_x + H_u) \left(\frac{d}{du} F(u) \right) + H \left(\frac{d^2}{du^2} F(u) \right) = 0 \quad (1.4)$$

$$(A_t - G_x)F(u) + H \left(\frac{d}{du} F(u) \right) - G_t = 0 \quad (1.5)$$

$$(A_t + G_x - H_u)E(u) + H \left(\frac{d}{du} E(u) \right) - F(u)H_{xx} - H_{xxxx} - H_{tx} = 0 \quad (1.6)$$

$$A_x = 0 \quad (1.7)$$

$$A_u = 0 \quad (1.8)$$

$$G_u = 0 \quad (1.9)$$

$$G_{xx} = 0 \quad (1.10)$$

$$H_{xu} = 0 \quad (1.11)$$

$$H_{uu} = 0 \quad (1.12)$$

Решив систему, получим, что $A_x, A_u, A_{tt}, G_u, G_{tt}, G_{tx}, G_{xx}, H_t, H_x, H_{uu}$ равны нулю и можно определить вид функций A, G, H :

$$\begin{aligned} A &= A_1 t + A_0 \\ G &= G_2 t + G_1 x + G_0 \\ H &= H_1 u + H_2 \end{aligned}$$

Также из уравнения (1.2) системы получим, что $A_1 = 3G_1$. Т.е. функция A имеет вид $A = 3G_1 t + A_0$. Следовательно, инфинитезимальный оператор примет вид

$$X = (3G_1 t + A_0) \frac{\partial}{\partial t} + (G_2 t + G_1 x + G_0) \frac{\partial}{\partial x} + (H_1 u + H_0) \frac{\partial}{\partial u} \quad (1.13)$$

Подставим полученные выражения коэффициентов инфинитезимального оператора в уравнения (1.5) и (1.6) и получим систему:

$$\begin{cases} 2G_1 F + (H_1 u + H_0)F' - G_2 = 0 \\ (4G_1 - H_1)E + (H_1 u + H_0)E' = 0 \end{cases} \quad (1.14)$$

Этой системе могут удовлетворять непостоянные функции только следующих видов:

- $F(u) = F_1 \ln(au + b) + F_0, \quad E(u) = cu + d, \quad F_1, a, c \neq 0$
- $F(u) = F_1 e^{\lambda u} + F_0, \quad E(u) = E_1 e^{\beta u}, \quad F_1, \lambda, \beta \neq 0$
- $F(u) = F_1 (au + b)^\lambda + F_0, \quad E(u) = E_0 (cu + d)^\beta, \quad F_1, E_0, a, c, \lambda, \beta \neq 0$

Итак, получили три вида функций $F(u)$ и $E(u)$, помимо произвольной функции, не удовлетворяющей системе вида (1.14), но которая может присутствовать в изначально данном уравнении (а). Рассмотрим каждый из этих случаев поочередно.

1. $F(u)$ и $E(u)$ – произвольные функции, не удовлетворяющие системе (1.14). Тогда все коэффициенты уравнений должны обращаться в ноль:

$$G_1 = 0, \quad H_1 = 0, \quad H_0 = 0, \quad G_2 = 0$$

Значит, искомый допустимый оператор имеет вид:

$$X = A_0 \frac{\partial}{\partial t} + G_0 \frac{\partial}{\partial x}.$$

Таким образом, для функции $F(u)$ и $E(u)$ общего вида получим двумерную алгебру Ли с базисом: $X_1 = \frac{\partial}{\partial t}$, $X_2 = \frac{\partial}{\partial x}$

2. Если в уравнении (а) присутствуют функции $F(u) = F_1 \ln(au + b) + F_0$ и $E(u) = cu + d$, где $F_1, a, c \neq 0$, тогда получим систему

$$\begin{cases} 2G_1[F_1 \ln(au + b) + F_0] + (H_1 u + H_0)F_1 \frac{a}{au + b} - G_2 = 0 \\ (4G_1 - H_1)[cu + d] + (H_1 u + H_0)c = 0 \end{cases}$$

Из второго уравнения, расщепив по u , получим:

$$\begin{aligned} (4G_1 - H_1)c + H_1 c = 0 & \Rightarrow G_1 = 0 \\ -H_1 d + H_0 c = 0 & \Rightarrow H_0 = \frac{d}{c} H_1 \end{aligned}$$

Таким же способом из первого уравнения:

$$\begin{aligned} H_1 F_1 a - G_2 a = 0 & \Rightarrow G_2 = H_1 F_1 \\ H_0 F_1 a - G_2 b = 0 & \Rightarrow \frac{d}{c} = \frac{b}{a} \end{aligned}$$

Пусть $c = E_1 a$ и $d = E_1 b$, тогда функции F и E примут вид:

$$F = F_1 \log(au + b) + F_0 \quad E = E_1(au + b) \quad F_1, E_1, a \neq 0$$

А допустимы оператор $X = A_0 \frac{\partial}{\partial t} + (H_1 F_1 t + G_0) \frac{\partial}{\partial x} + H_1 \left(u + \frac{b}{a}\right) \frac{\partial}{\partial u}$

Следовательно, за счет появления дополнительного допустимого оператора

$$X_3 = F_1 t \frac{\partial}{\partial x} + \left(u + \frac{b}{a}\right) \frac{\partial}{\partial u}$$

алгебра становится трехмерной $L_3 = [X_1, X_2, X_3]$.

Таблица коммутаторов имеет следующий вид:

	X_1	X_2	X_3
X_1			$F_1 X_2$
X_2			
X_3	$-F_1 X_2$		

Из этой таблицы коммутаторов находим базисные операторы присоединенной группы алгебры Ли $L_3 = \left[\frac{\partial}{\partial t}, \frac{\partial}{\partial x}, F_1 t \frac{\partial}{\partial x} + \left(u + \frac{b}{a} \right) \frac{\partial}{\partial u} \right]$:

$$E_1 = F_1 X_2 \frac{\partial}{\partial X_3}, E_2 = -F_1 X_2 \frac{\partial}{\partial X_1}$$

Этим операторам соответствуют следующие матрицы внутренних автоморфизмов:

$$A_1 = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & F_1 a_1 & 1 \end{vmatrix} \quad A_2 = \begin{vmatrix} 1 & -F_1 a_2 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

Здесь a_i ($i = 1, 2$) – параметры, от которых зависят преобразования присоединенной группы. Построим матрицу общего автоморфизма, перемножив все эти матрицы:

$$A = A_1 A_2 = \begin{vmatrix} 1 & -F_1 a_2 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & F_1 a_1 & 1 \end{vmatrix}.$$

Любой оператор подгруппы этой группы может быть записан в виде

$$X = e^1 X_1 + e^2 X_2 + e^3 X_3, \quad (1.15)$$

где e^i ($i = 1, \dots, 3$) – некоторые коэффициенты, координаты вектора e , определенные с точностью до общего множителя. Подвергнем действию автоморфизма A оператор X , на вектор e при этом действует преобразование A^T .

Из матрицы A видно, что координаты e^1 и e^3 остаются неизменными, поэтому для того, чтобы построить оптимальную систему векторов, придется рассматривать случаи, когда они равны нулю или нет. Пусть $e^1 = 0$ и $e^3 = 0$, то, подействовав на вектор $\{0, e^2, 0\}$ матрицей A , получим вектор $\{0, e^2, 0\}$.

Т.е. приходим к вектору $\{0, 1, 0\}$ с точностью до множителя.

Если $e^1 = 0$ и $e^3 = 1$, действуя на $\{0, e^2, 1\}$ матрицей A , получаем вектор с координатами: $\{0, e^2 + a_1, 1\}$.

Выбирая $a_1 = -e^2$, можно получить вектор $\{0, 0, 1\}$.

В случае, когда $e^1 = 1$ и $e^3 = 0$, получим вектор $\{1, e^2 + a_2, 0\}$, который также можно преобразовать в $\{1, 0, 0\}$.

Если же $e^1 = 1$ и $e^3 = k$, где $k \neq 0$, действуя на $\{1, e^2, k\}$ матрицей A и выбирая $a_2 + a_1 k = -e^2$, получим вектор $\{1, 0, k\}$.

Следовательно, матрицей A можно вектор $e = \{e^1, e^2, e^3\}$ преобразовать в один из получившихся векторов:

$$\{1, 0, 0\}, \quad \{0, 1, 0\}, \quad \{0, 0, 1\}, \quad \{1, 0, k\}$$

Этим векторам по формуле (1.15) ставятся в соответствие операторы:

$$X_1, \quad X_2, \quad X_3, \quad X_1 + kX_3$$

Одномерные подалгебры алгебры Ли L_3 с базисами из этих операторов образуют оптимальную систему одномерных подалгебр.

3. Функция $F = F_1 e^{\lambda u} + F_0$ и $E = E_1 e^{\beta u}$, при $F_1, E_1, \lambda, \beta \neq 0$, приводит к системе

уравнений

$$\begin{cases} 2G_1[F_1 e^{\lambda u} + F_0] + (H_1 u + H_0)F_1 \lambda e^{\lambda u} - G_2 = 0 \\ (4G_1 - H_1)E_1 e^{\beta u} + (H_1 u + H_0)E_1 \beta e^{\beta u} = 0 \end{cases}$$

Из второго уравнения, расщепив по u , получим:

$$\begin{aligned} H_1 \beta = 0 & \Rightarrow H_1 = 0 \\ 4G_1 + H_0 \beta = 0 & \Rightarrow H_0 = -\frac{4G_1}{\beta} \end{aligned}$$

Также расщепив по $e^{\lambda u}$ из первого уравнения:

$$\begin{aligned} 2G_1 F_1 - \frac{4G_1}{\beta} F_1 \lambda = 0 & \Rightarrow \beta = 2\lambda \\ 2G_1 F_0 - G_2 = 0 & \Rightarrow G_2 = 2G_1 F_0 \end{aligned}$$

Тогда функции F и E примут вид:

$$F = F_1 e^{\lambda u} + F_0 \quad E = E_1 e^{2\lambda u} \quad F_1, E_1, \lambda \neq 0$$

А допустимый оператор

$$X = (3G_1 t + A_0) \frac{\partial}{\partial t} + (G_1 [2F_0 t + x] + G_0) \frac{\partial}{\partial x} - \frac{2G_1}{\lambda} \frac{\partial}{\partial u}$$

Следовательно, за счет появления дополнительного допустимого оператора

$$X_3 = 3t \frac{\partial}{\partial t} + [2F_0 t + x] \frac{\partial}{\partial x} - \frac{2}{\lambda} \frac{\partial}{\partial u}$$

алгебра становится трехмерной $L_3 = [X_1, X_2, X_3]$.

Таблица коммутаторов имеет следующий вид:

	X_1	X_2	X_3
X_1			$3X_1 + 2F_0 X_2$
X_2			X_2
X_3	$-3X_1 - 2F_0 X_2$	$-X_2$	

Из этой таблицы коммутаторов находим базисные операторы присоединенной группы алгебры Ли $L_3 = \left[\frac{\partial}{\partial t}, \frac{\partial}{\partial x}, 3t \frac{\partial}{\partial t} + [2F_0 t + x] \frac{\partial}{\partial x} - \frac{2}{\lambda} \frac{\partial}{\partial u} \right]$:

$$E_1 = (3X_1 + 2F_0 X_2) \frac{\partial}{\partial X_3}, \quad E_2 = X_2 \frac{\partial}{\partial X_3}, \quad E_3 = -(3X_1 + 2F_0 X_2) \frac{\partial}{\partial X_1} - X_2 \frac{\partial}{\partial X_2}$$

Этим операторам соответствуют следующие матрицы внутренних автоморфизмов:

$$A_1 = \left\| \begin{array}{ccc} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 3a_1 & 2F_0 a_1 & 1 \end{array} \right\| \quad A_2 = \left\| \begin{array}{ccc} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & a_2 & 1 \end{array} \right\|$$

$$A_3 = \left\| \begin{array}{ccc} e^{-3a_0} & -F_0 e^{-a_0} & 0 \\ 0 & e^{-a_0} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{array} \right\| \Rightarrow A_3 = \left\| \begin{array}{ccc} a_3^3 & -F_0 a_3 & 0 \\ 0 & a_3 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{array} \right\|, \text{ где } a_3 > 0$$

Построим матрицу общего автоморфизма, перемножив все эти матрицы:

$$A = A_1 A_2 A_3 = \left\| \begin{array}{ccc} a_3^3 & -F_0 a_3 & 0 \\ 0 & a_3 & 0 \\ 3a_1 a_3^3 & a_3(a_2 - F_0 a_1) & 1 \end{array} \right\|.$$

Любой оператор подгруппы этой группы может быть записан в виде

$$X = e^1 X_1 + e^2 X_2 + e^3 X_3, \quad (1.16)$$

где e^i ($i = 1, \dots, 3$) – некоторые коэффициенты, координаты вектора e , определенные с точностью до общего множителя. Подвергнем действию автоморфизма A оператор X , на вектор e при этом действует преобразование A^T .

С помощью манипуляций над векторами, как в предыдущем случае, получим вектора $\{0, 1, 0\}$, $\{0, 0, 1\}$, $\{1, 1, 0\}$, $\{1, -1, 0\}$, в которые можно преобразовать $\{e^1, e^2, e^3\}$. Этим векторам по формуле (1.16) ставятся в соответствие операторы: X_2 , X_3 , $X_1 + X_2$, $X_1 - X_2$. Одномерные подалгебры алгебры Ли L_3 с базисами из этих операторов образуют оптимальную систему одномерных подалгебр.

4. В случае $F(u) = F_1(au + b)^\lambda + F_0$ и $E(u) = E_0(cu + d)^\beta$, при $F_1, E_0, a, c, \lambda, \beta \neq 0$:

$$\begin{cases} 2G_1[F_1(au + b)^\lambda + F_0] + (H_1u + H_0)F_1\lambda a(au + b)^{\lambda-1} - G_2 = 0 \\ (4G_1 - H_1)E_0(cu + d)^\beta + (H_1u + H_0)E_0\beta c(cu + d)^{\beta-1} = 0 \end{cases}$$

Из второго уравнения, расщепив по u , получим:

$$\begin{aligned} (4G_1 - H_1)c + H_1\beta c &= 0 & \Rightarrow & H_1 = -\frac{4G_1}{\beta-1} \\ (4G_1 - H_1)d + H_0\beta c &= 0 & \Rightarrow & H_0 = -\frac{4G_1 d}{(\beta-1)c} \end{aligned}$$

Также расщепив по степеням u из первого уравнения:

$$\begin{aligned} 2G_1F_1a^\lambda - \frac{4G_1}{\beta-1}F_1\lambda a^\lambda &= 0 & \Rightarrow & \beta = 1 + 2\lambda \\ 2G_1F_1\lambda a^{\lambda-1}b - 2G_1F_1\left(a^\lambda \frac{d}{c} + (\lambda-1)a^{\lambda-1}b\right) &= 0 & \Rightarrow & \frac{d}{c} = \frac{b}{a} \end{aligned}$$

Пусть $c = ka, d = kb$ и $E_1 = E_0k^\beta = E_0k^{1+2\lambda}$, тогда функции F и E примут вид:
 $F = F_1(au + b)^\lambda + F_0$ $E = E_1(au + b)^{1+2\lambda}$ $F_1, E_1, a, \lambda \neq 0$

А допустимы оператор

$$X = (3G_1t + A_0) \frac{\partial}{\partial t} + (G_1[2F_0t + x] + G_0) \frac{\partial}{\partial x} - \frac{2G_1}{\lambda} \left(u + \frac{b}{a}\right) \frac{\partial}{\partial u}$$

Следовательно, за счет появления дополнительного допустимого оператора

$$X_3 = 3t \frac{\partial}{\partial t} + [2F_0t + x] \frac{\partial}{\partial x} - \frac{2}{\lambda} \left(u + \frac{b}{a}\right) \frac{\partial}{\partial u}$$

алгебра становится трехмерной $L_3 = [X_1, X_2, X_3]$.

Таблица коммутаторов имеет следующий вид:

	X_1	X_2	X_3
X_1			$3X_1 + 2F_0X_2$
X_2			X_2
X_3	$-3X_1 - 2F_0X_2$	$-X_2$	

Можно заметить, что эта таблица коммутаторов совпадает с таблицей коммутаторов для случая, где

$$F = F_1 e^{\lambda u} + F_0 \text{ и } E = E_1 e^{\beta u}, \text{ при } F_1, E_1, \lambda, \beta \neq 0,$$

следовательно, получим ту же самую оптимальную систему одномерных подалгебр алгебры Ли

$$L_3 = \left[\frac{\partial}{\partial t}, \frac{\partial}{\partial x}, 3t \frac{\partial}{\partial t} + [2F_0 t + x] \frac{\partial}{\partial x} - \frac{2}{\lambda} \left(u + \frac{b}{a} \right) \frac{\partial}{\partial u} \right].$$

Библиографический список

1. Овсянников Л.В. Лекции по теории групповых свойств дифференциальных уравнений. Новосибирск, НГУ, 1966. 136 с.
2. Педрони М., Шиача В., Зубелли Х.П., Бигамильтонова теория уравнения Гарри Дима, ТМФ, 2002, том 133, номер 2, 311–326.
3. Ибрагимов Н.Х. Группы преобразований в математической физике. М., Наука, 1983. 280 с.
4. Головин С.В., Чесноков А.А. Групповой анализ дифференциальных уравнений / Новосиб. Гос. Университет, 2009. 119 с.

© Галлямитдинов И.И., 2023

УДК 519.6, 51.75

Е.А. КИРИЛЛОВА, Ю.С. КОНЯЕВ

elize.none@yandex.ru, iury.conyaev2016@yandex.ru

Науч. руковод. – канд. физ-мат. наук, доцент **Г.Ф. Сафина**

Уфимский университет науки и технологий, Нефтекамский филиал

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ПАКЕТА MAPLE К ВЕРОЯТНОСТНЫМ РАСЧЕТАМ ДРОБНЫХ ВОЗРАСТОВ

Аннотация: в работе рассмотрены приближенные модели функциональных вероятностных параметров краткосрочного страхования жизни для дробных возрастов. На практических примерах применения моделей исследовано и показано использование возможностей и команд математического пакета Maple. *Ключевые слова:* краткосрочное страхование, дробный возраст, функция выживания, вероятностные характеристики.

Представленная работа посвящена применению моделей краткосрочного страхования жизни для расчетов вероятностных характеристик, связанных с

продолжительностью жизни застрахованного, имеющего так называемый дробный возраст [1-5].

Обычно статистические данные о продолжительности жизни формируются для людей целого числа прожитых лет. В краткосрочном же страховании необходимо определять параметры, связанные с продолжительностью жизни именно внутри одного года (года страхования), что ведет к поиску вероятностных параметров застрахованных людей с дробным видом возраста $(x+t)$ лет, где x – целая часть ($x = 0, 1, 2, \dots$), t – дробная часть возраста ($0 < t < 1$).

Перечислим некоторые понятия и функции, связанные со случайной величиной – продолжительностью T_x жизни человека возраста x лет: T – продолжительность всей жизни человека; T_x – остаточное время жизни человека возраста x лет ($T_x = T - x$); $s(x) = P(T \geq x)$ – функция выживания – вероятность того, что человек доживет хотя бы до x лет; μ_x – интенсивность смертности – вероятность того, что человек возраста x лет умрет в возрасте от x лет до $x+t$ лет.

Итак, по статистическим данным, функция выживания $s(x)$ известна для целого числа лет. Тогда возникает вопрос: какие же модели можно использовать для функции выживания при дробном возрасте, внутри года страхования жизни?

Именно на этот вопрос и отвечают приближенные модели для функции выживания, которые известны в виде [1, 5]:

1) равномерное распределение смертей

$$s(x+t) = (1-t) \cdot s(x) + t \cdot s(x+1); \quad (1)$$

2) постоянная интенсивность смертности

$$s(x+t) = s(x) \cdot p_x^t; \quad (2)$$

3) приближение Балдуччи

$$s(x+t) = \frac{s(x+1)}{p_x + t \cdot q_x}. \quad (3)$$

В моделях (1) – (3) участвуют противоположные друг другу вероятности p_x и q_x , означающие соответственно, вероятность того, что человек возраста x лет проживет следующий год и вероятность его смерти в течение следующего года, определяемые через функцию выживания следующим образом:

$$p_x = \frac{s(x+1)}{s(x)}; \quad q_x = 1 - p_x = 1 - \frac{s(x+1)}{s(x)}.$$

Аналогичные указанным моделям для функции выживания определяются и другие вероятностные и функциональные параметры приближений.

Покажем практическое использование моделей функции выживания для дробных возрастов на примере: В страховую компанию для заключения договора страхования на 1 год обратился человек возраста 70 лет. По статистическим данным известны вероятности смерти в течение следующего года для людей

возрастов 70 лет и 71 год, равные, соответственно, 4% и 5% (в среднем). Необходимо рассчитать вероятность момента смерти обратившегося застрахованного в возрасте от 70,5 до 71,5 лет.

Для вероятностных расчетов при дробных возрастах воспользуемся возможностями математического пакета Maple.

Программы составлены с использованием команд математического пакета Maple. Работу в Maple проходим в режиме сессии, а именно вводим предложения (команды, выражения, процедуры), причем рабочее поле пакета имеет:

- область ввода – командные строки, вводимые после приглашения (знака >);
- область вывода – результаты, полученные при обработке команд в пакете;
- область комментариев – текстовая информация (для пояснений применяемых процедур, формул и т.д.).

Известно также, что пакет обрабатывает только две области: область ввода и вывода. Если работать в одном и том же поле при решении задачи (как в нашем случае) несколькими методами, используется команда restart (отмена всех сделанных назначений и начало нового сеанса).

Приведем фрагменты листингов программ

1) при постоянной интенсивности смертности:

```
>restart;
```

```
>x[1]:=70;t[1]:=0.5;
```

$$x_1 := 70 \quad t_1 := 0.5$$

```
>s(x[1]+t[1]):=s(x[1])*(p[x[1]])^t[1];
```

$$s(70.5) := s(70) p_{70}^{0.5}$$

```
>x[2]:=71;t[2]:=0.5;
```

$$x_2 := 71 \quad t_2 := 0.5$$

```
>s(x[2]+t[2]):=s(x[2])*(p[x[2]])^t[2];
```

$$s(71.5) := s(71) p_{71}^{0.5}$$

```
>P:=(s(70.5)-s(71.5))/s(70);
```

$$P := \frac{s(70) p_{70}^{0.5} - s(71) p_{71}^{0.5}}{s(70)}$$

```
>p[70]:=1-q[70];p[71]:=1-q[71];
```

$$p_{70} := 1 - q_{70} \quad p_{71} := 1 - q_{71}$$

>q[70]:=0.04;q[71]:=0.05;

$$q_{70} := 0.04 \quad q_{71} := 0.05$$

>P[1]:=p[70]^0.5-p[70]*p[71]^0.5;

$$P_1 := 0.0441036400$$

2) при равномерном приближении смертей:

>restart;

>K(x[1]):=(n[1]+1-x[1])*s(n[1])+(x[1]-n[1])*s(n[1]+1);

$$K(70.5) := 0.5 s(70) + 0.5 s(71)$$

>V(x[2]):=(n[2]+1-x[2])*s(n[2])+(x[2]-n[2])*s(n[2]+1);

$$V(71.5) := 0.5 s(71) + 0.5 s(72)$$

>P:=(V(x[2])-K(x[1]))/s(n[1]);

$$P := \frac{0.5 s(72) - 0.5 s(70)}{s(70)}$$

>P1:=0.5*(1-(s(72)*s(71))/(s(71)*s(70)))=0.5*(1-p[71]*p[70]);

$$P1 := 0.5 - \frac{0.5 s(72)}{s(70)} = 0.5 - 0.5 p_{71} p_{70}$$

>q[70]:=0.04; q[71]:=0.05;

$$q_{70} := 0.04 \quad q_{71} := 0.05$$

>P[2]:=0.5*(1-(1-q[70])*(1-q[71]));

$$P_2 := 0.04400$$

Аналогичный результат получаем и при применении пакета Maple в третьем приближении (предположении Балдуччи), а именно:

$$P_3 := 0.0442072213$$

Видим, что результаты вычислений при всех трех приближениях совпадают до трех знаков после запятой.

Такая необходимость перехода от сбора статистических данных по годам к накоплению данных по месяцам, а иногда и по дням часто возникает именно при наступлениях страховых случаев в краткосрочном страховании жизни.

При вероятностных прогнозах, а также заключениях страховых договоров, важен учет приближений дробных возрастов, предполагающий

проведение всех расчетов не только относительно года, но и месяца рождения застрахованного.

Библиографический список

1. Фалин, А.Г., Фалин, Г.И. Введение в математику финансов и инвестиций для актуариев: учебное пособие. – Изд. 2-е, перераб. и доп.– М.: МАКС Пресс, 2019. – С.187.
2. Актуарная математика: пер. с англ. под ред. В.К. Малиновского / Н. Бауэрс, Х. Гербер, Д. Джонс и др. – М.: Янус-К, 2001. – С.234.
3. Архипов, А.П., Гомеля, В.Б., Туленты, Д.С. Страхование. Современный курс: учебник. – М.: Финансы и статистика, 2006. – С.332.
4. Рябикин, В.И. Актуарные расчеты. – М.: Финстатинформ, 2006. – С.34.
5. Сафина Г.Ф. Вероятностные задачи актуарной математики: учебный практикум / Г.Ф. Сафина. – Уфа: РИЦ БашГУ, 2021. – 144 с.

© Кириллова Е.А., Коняев Ю.С., 2023

УДК 517.9, 519.21

С.И. АБДРАХМАНОВ

samatmath@yandex.ru

Науч. руковод. – д-р. физ-мат. наук, профессор **Ф.С. НАСЫРОВ**

Уфимский университет науки и технологий

СТОХАСТИЧЕСКОЕ НЕЛИНЕЙНОЕ УРАВНЕНИЕ КОНВЕКТИВНОЙ ДИФФУЗИИ

Аннотация: сформулирована теорема, с помощью которой стохастическая задача Коши для уравнения нелинейной конвективной диффузии сводится к детерминированной задаче Коши, которую в отдельных случаях возможно решать с помощью классических методов уравнений математической физики.

Ключевые слова: уравнение конвективной диффузии, стохастические дифференциальные уравнения, симметричный интеграл, стохастический интеграл Стратоновича.

I. Введение

Уравнение конвективной диффузии описывает различные процессы в физике и химии. В настоящее время интерес представляет его нелинейный вариант – именно для него в настоящей работе разработан метод нахождения

точного решения задачи Коши в случае воздействия шума на слагаемое, отвечающее за «источник». Приведём минимально необходимые понятия из стохастического анализа. Более подробное построение теории можно найти в источниках [1]-[3]. **Определение 1.** Случайный процесс $W(t), t \in \mathbb{R}^+$, называется *винеровским процессом* или процессом броуновского движения, если для него выполнены следующие свойства:

- (1) $W(0) = 0$ почти наверное;
- (2) для любых $t > s$ случайные величины $W(t) - W(s)$ нормально распределены с нулевым математическим ожиданием и среднеквадратическим отклонением $\sqrt{t-s}$ ($W(t) - W(s) \sim N(0, \sqrt{t-s})$);
- (3) $W(t)$ – процесс с независимыми приращениями;
- (4) траектории процесса $W(t)$ непрерывны при почти всех ω .

Определение 2. *Стохастический интеграл Стратоновича* есть предел по вероятности

$$\int_0^t f(s, W(s)) * dW(s) = P - \lim_{\lambda \rightarrow 0} \sum_{k=0}^{n-1} \frac{1}{2} [f(t_{k+1}, W(t_{k+1})) + f(t_k, W(t_k))] W(\Delta t_k),$$

где $f(s, u)$ – детерминированная функция, $W(\Delta t_k) = W(t_{k+1}) - W(t_k)$, $\lambda = \max_k (t_{k+1} - t_k)$.

Определение 3. Пусть $X(s), s \in [0, +\infty)$ — произвольная непрерывная функция, тогда *симметричным интегралом* называется

$$\int_0^t f(s, X(s)) * dX(s) = \lim_{n \rightarrow \infty} \int_0^t f(s, X^{(n)}(s)) (X^{(n)})'(s) ds,$$

где $X^{(n)}(s)$ — ломанная, построенная по разбиению $\{t_k^{(n)}\}$ отрезка $[0, t]$ и функции $X(s)$, причём $\max_k (t_k^{(n)} - t_{k-1}^{(n)}) \rightarrow 0$ при $n \rightarrow \infty$.

Отметим, что симметричный интеграл как обобщение стохастического интеграла Стратоновича по произвольному почти наверное непрерывному случайному процессу введён Ф.С. Насыровым.

II. Постановка задачи

В настоящей работе исследуется воздействие шума на слагаемое, отвечающее за «источник» в нелинейном уравнении конвективной диффузии, которое в классическом варианте имеет вид: $u_t = (k(u)u_x)_x + f(u)u_x + g(u)$, $(t, x) \in \mathbb{R}^+ \times \mathbb{R}$. Здесь $u = u(t, x)$ – представляющая интерес величина (концентрация частиц в случае процесса диффузии, температура в случае процесса теплопередачи); $k(u)$ – нелинейный коэффициент диффузии или нелинейный коэффициент температуропроводности; $f(u)$ – нелинейный

коэффициент при слагаемом, отвечающем за конвекцию; $g(u)$ – нелинейный «источник» или «поглотитель» величины u .

Пусть на вероятностном пространстве с фильтрацией $(\Omega, \mathcal{F}, (\mathcal{F}_t)_{t \in [0, T]}, P)$ задан случайный процесс $V(t)$, $V(0) = 0$, $t \in [0, T]$, с почти наверное непрерывными реализациями. Рассматривается следующая задача Коши:

$$u_t = (k(u)u_x)_x + f(u)u_x + g(u) \cdot V'(t), \quad u(0, x) = u_0(x), \quad (t, x) \in \mathbb{R}^+ \times \mathbb{R}. \quad (1)$$

Замечание. Стохастические дифференциальные уравнения необходимо формулировать в интегральном виде, так как, например, если процесс $V(t) = W(t)$ – винеровский процесс, то он не имеет производной даже по вероятности, однако для наглядности в этом разделе мы записали уравнение в привычном для классических уравнений математической физики дифференциальном виде.

Воздействие шума будем моделировать с помощью симметричного интеграла, который обобщает стохастический интеграл Стратоновича для почти всех траекторий винеровского процесса.

Перепишем задачу (1) строго в терминах стохастического анализа:

$$u(s, x) - u(0, x) = \int_0^s (k(u) \cdot u_x)'_x dt + \int_0^s f(u)u_x dt + \int_0^s g(u) * dV(t), \quad (2)$$

$$u(0, x) = u_0(x), \quad (t, x) \in \mathbb{R}^+ \times \mathbb{R}.$$

III. Основной результат

Теорема. Пусть $k(u), f(u), g(u) \neq 0$ – непрерывно дифференцируемые функции при любом $u > 0$. Тогда решение задачи (2) существует и определяется из соотношения $\Phi(u) = V(t) + C(t, x)$, где $\Phi(u) = \int \frac{du}{g(u)}$, а $C(t, x)$ удовлетворяет задаче Коши

$C_t = k(u) \cdot C_{xx} + (k(u) \cdot g(u))'_u \cdot (C_x)^2 + f(u) \cdot C_x$, $C(0, x) = \Phi(u_0) - V(0)$, где $u = \Phi^{-1}(V(t) + C(t, x))$, с условием, что решение последней задачи существует.

Доказательство:

Решение задачи (2) ищем в виде $u = \tilde{u}(t, x, V(t))$. В силу формулы дифференциала с симметричным интегралом и леммы о равенстве двух интегралов [1], положив $V(t) = v$, где v - независимая переменная, получаем цепочку детерминированных дифференциальных уравнений:

$$\tilde{u}_v = g(\tilde{u}), \quad (k(\tilde{u}) \cdot \tilde{u}_x)_x + f(\tilde{u}) \cdot \tilde{u}_t = \tilde{u}_t, \quad \tilde{u}(0, x, V(0)) = \tilde{u}_0(x). \quad (3)$$

Решение первого уравнения цепочки имеет вид: $\int \frac{d\tilde{u}}{g(\tilde{u})} = v + C(t, x)$, где $C(t, x)$ понимается как произвольная постоянная, зависящая от t и x .

В предположении, что интеграл в левой части последнего равенства существует, обозначим его $\Phi(\tilde{u})$.

Таким образом, решение уравнения из задачи (2) определяется из соотношения:

$$\Phi(\tilde{u}) = v + C(t, x). \quad (4)$$

Функция $u = \Phi^{-1}(V(t) + C(t, x))$ должна удовлетворять всем соотношениям цепочки (3). Продифференцируем равенство (4) по t и x и подставим необходимые соотношения во второе и третье уравнения цепочки (3). В результате получим:

$$C_t = k(\tilde{u}) \cdot C_{xx} + (k(\tilde{u}) \cdot g(\tilde{u}))'_u \cdot (C_x)^2 + f(\tilde{u}) \cdot \tilde{u}_x, \quad C(0, x) = \Phi(\tilde{u}_0) - V(0),$$

где $C = C(t, x)$, $u = \Phi^{-1}(V(t) + C(t, x))$. Теорема доказана.

Заключение

Сформулирована теорема, с помощью которой при определённых функциях $k(u)$, $f(u)$, $g(u)$ возможно найти аналитическое решение задачи Коши для стохастического уравнения нелинейной конвективной диффузии известными методами уравнений математической физики. Полученный результат также позволяет найти численные решения стохастической задачи Коши с помощью численного моделирования полученной цепочки детерминированных нелинейных уравнений в частных производных для более широкого класса функций $k(u)$, $f(u)$, $g(u)$.

Библиографический список

1. Насыров Ф.С. Локальные времена, симметричные интегралы и стохастический анализ. М.: Физматлит, 2011. – 212 с.
2. Ширяев А.Н. Вероятность: В 2-х кн. — 7-е изд., стер. — М.: МЦНМО, 2021.
3. Oksendal B. Stochastic differential equations. – Berlin-Heidelberg-New York: Springer-Verlag, 2000. – 353 с.
4. Полянин А.Д. Редукции и новые точные решения нелинейных уравнений конвективной диффузии с переменными коэффициентами. Вестник НИЯУ МИФИ. – М., 2018. – 23 с.
5. Галактионов В.А., Дородницын В.А., Еленин Г.Г., Курдюмов С.П., Самарский А.А. Квазилинейное уравнение теплопроводности с источником: обострение, локализация, симметрия, точные решения, асимптотики, структуры. Современные проблемы математики. Новейшие достижения, т. 28 (Итоги науки и техники. ВИНТИ АН СССР). – М., 1987. - с. 95-206.
6. Полянин А.Д., Зайцев В.Ф. Справочник по нелинейным уравнениям математической физики. М.: Физматлит, 2002. – 432 с.
7. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики: учеб. пос. 6-е изд., испр. и доп. — М.: Изд-во МГУ, 1999 - 799 с.
8. Абдрахманов С.И. О нелинейном уравнении теплопроводности и горения с воздействием шума на различные слагаемые в правой части. Материалы международной научной конференции «Уфимская осенняя математическая школа» (г. Уфа, 4 октября – 8 октября 2023 г.). В 2 томах. Том 1 / отв. редактор З.Ю. Фазуллин. - Уфа: Аэтерна, 2023. - 256 с.

© Абдрахманов С.И., 2023

УДК 532.39

Д.А. НАСЫРОВА

dinasyrova@mail.ru

Науч. руковод. – канд. физ.-мат. наук, доцент **Р.А. БАШМАКОВ**

Уфимский университет науки и технологий

О СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЯХ ЖИДКОСТИ В ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ СКВАЖИНЕ, СООБЩАЮЩЕЙСЯ С ПЛАСТОМ

Аннотация: определяются частотные характеристики собственных колебаний жидкости в горизонтальной нефтяной скважине с множественными трещинами, полученными путем гидроразрыва пласта.

Ключевые слова: собственные колебания, горизонтальная скважина, гидроразрыв пласта, период колебаний, интенсивность затухания.

В настоящее время при добыче нефти широко применяется технология гидроразрыва пласта (ГРП). В пласте создаются трещины, которые закрепляются пропантами для предотвращения их смыкания. Трещины, которые возникают в результате применения технологии ГРП, увеличивают площадь, с которой можно извлечь нефть из добывающей скважины или расширяют поверхность закачки жидкости, если это нагнетающая скважина [1]. Применение горизонтальных скважин с множественными трещинами ГРП позволяет повысить эффективность разработки низкопроницаемых пластов.

Эффективным и удобным с точки зрения технической реализации способом определения качества и параметров трещин ГРП является способ, основанный на возбуждении собственных колебаний столба жидкости в скважине. При этом период колебаний, а также, особенно, интенсивность затухания колебаний будут определяться не только протяженностью столба жидкости в скважине, диаметром скважины и реологическими свойствами жидкости, но и коллекторскими характеристиками призабойной зоны пласта (в частности, коэффициентами проницаемости, качеством перфорации скважин и свойствами образованных трещин ГРП). Колебания могут инициироваться резким открытием или закрытием скважины (гидроударом).

В работе Аносовой Е.П., Нагаевой З.М., Шагапова В.Ш. [1] рассматривается задача об отборе жидкости из пласта в скважину или закачке жидкости из скважины в пласт при наличии трещины ГРП, перпендикулярной стволу скважины в режиме постоянного расхода. Получены аналитические решения, описывающие эволюцию давления в трещине при постоянном расходе флюида из пласта в скважину. Проанализировано влияние коллекторских характеристик пласта и трещины на эволюцию давления в трещине и в скважине.

В нашей работе исследуются собственные колебания жидкости в горизонтальной нефтяной скважине и определяются частотные характеристики собственных колебаний жидкости в зависимости от параметров трещины ГРП и пласта. Рассмотрены множественные ГРП (множество радиальных трещин, перпендикулярных оси скважины).

Пусть обсаженная горизонтальная скважина длиной l сообщается с пластом посредством N радиальных трещин ГРП, расположенных равномерно вдоль скважины. Тогда число трещин ГРП, приходящееся на единицу длины скважины равно $n = N/l$ (Рис. 1). Запишем уравнения движения для малых возмущений в скважине. Поскольку скважина обсаженная, приток флюида из пласта в скважину происходит только через трещины ГРП.

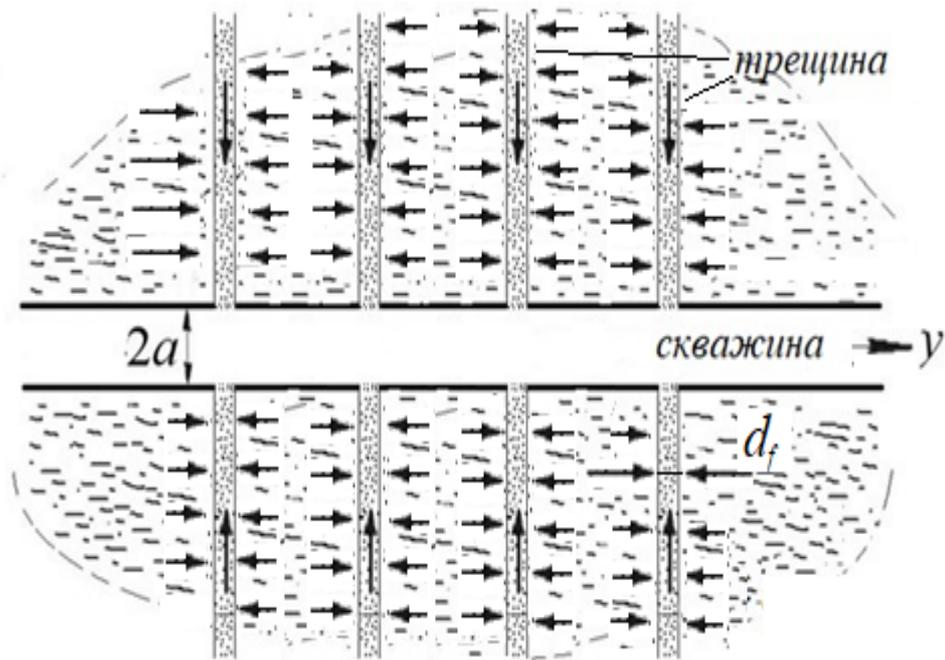


Рис. 1. Схема системы «скважина – трещины ГРП – пласт».

Запишем систему уравнений сохранения массы и сохранения импульса:

$$\begin{cases} \frac{\partial \rho}{\partial t} + \rho_0 \frac{\partial w}{\partial z} = -\frac{2}{a} \rho_0 n d_f u_{f(w)} \\ \rho_0 \frac{\partial w}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial z} = -\frac{2\sigma}{a} \quad (0 < z < l) \end{cases} \quad (1)$$

где

$$\sigma = \mu \int_{-\infty}^t \frac{\partial w / \partial \tau}{\sqrt{\pi \nu (t - \tau)}} d\tau, \quad \nu = \frac{\mu}{\rho_0}, \quad \rho = \frac{p}{C^2}.$$

$p = p(t, z)$ – давление в скважине на расстоянии z от начала горизонтального участка, σ – касательное напряжение в жидкости на поверхности стенки скважины, μ и ν – динамическая и кинематическая вязкости жидкости, C – скорость звука в жидкости, a – радиус скважины, $u_{f(w)}$ – скорость фильтрации на выходе из скважины в трещину.

Для определения $u_{f(w)}$ рассмотрим фильтрационную задачу в трещине. Для этого запишем уравнение фильтрации в трещине в виде:

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial p_f}{\partial r} \right) = \chi_f \int_{-\infty}^t \frac{\partial p_f / \partial \tau}{\sqrt{\pi (t - \tau)}} d\tau, \quad (2)$$

$$u_f = -\frac{k_f}{\mu} \frac{\partial p_f}{\partial r} (a < r < \infty), \quad \chi_f = \frac{2}{d_f} \frac{m_p}{m_f} \frac{\sqrt{\alpha_p}}{\alpha_f}, \quad \alpha_i = \frac{k_i \rho_0 C^2}{m_i \mu}, (i = p, f),$$

приграничных условиях:

$$p_{f|r=a} = p(t, z) \text{ и } p_{f|r=\infty} = 0. \quad (3)$$

Нижние индексы $i=p$ и f указывают, что значения параметров относятся к пласту и трещине соответственно.

Рассмотрим в рамках выше представленных уравнений задачу собственных затухающих колебаний столба жидкости в скважине. Решение уравнений (1) будем искать в виде

$$p = A^{(p)}(z) e^{i\omega t} \text{ и } w = A^{(w)}(z) e^{i\omega t}. \quad (4)$$

Для этого сначала следует определить скорость фильтрации $u_{f(w)}$, используя решение (2) с учетом граничных условий (3). Решение (2) будем искать в виде:

$$p_f(t, z, r) = A_f^{(p)}(z, r) e^{i\omega t}.$$

Для скорости фильтрации получим:

$$u_{f(w)} = -\frac{k_f}{\mu} \left(\frac{\partial p_f}{\partial r} \right)_{r=a} = \frac{k_f x}{\mu} A^{(p)}(z) \frac{K_1(xa)}{K_0(xa)} e^{i\omega t}. \quad (5)$$

Здесь использовано, что $\frac{dK_0(s)}{ds} = -K_1(s)$, где $K_0(xr)$ и $K_1(xr)$ – функции Макдональда.

Подставляя в систему (1) решения вида (4) с учетом (5) имеем:

$$\begin{cases} -\frac{i\omega}{\rho_0 C^2} A^{(p)}(z) + \frac{dA^{(w)}(z)}{dz} + \frac{2nd_f k_f x}{a \mu} \frac{K_1(xa)}{K_0(xa)} = 0 \\ \frac{1}{i\rho_0 \omega (1+2/y)} \frac{dA^{(p)}(z)}{dz} + A^{(w)}(z) = 0, \end{cases} \quad (2.4)$$

где $1 + \frac{2\sqrt{\nu}}{a\sqrt{i\omega}} = 1 + \frac{2}{y}$, $(y = \sqrt{i\omega a^2 / \nu})$.

Тогда при $z=l$ получим:

$$\sin(Kl) = 0, \text{ где } K^2 = \frac{\omega^2}{C^2} \left(1 + \frac{2}{y} \right) \left(1 + \frac{2nd_f k_f x C^2}{i a \nu \omega} \frac{K_1(xa)}{K_0(xa)} \right).$$

Это уравнение представляет собой характеристическое уравнение для определения комплексной частоты $\omega = \Omega + i\delta$. Причем действительная часть Ω определяет круговую частоту колебаний, а мнимая часть – интенсивность затухания.

Получено трансцендентное уравнение для комплексной частоты собственных колебаний столба жидкости в горизонтальной скважине с системой трещин, перпендикулярных стволу скважины. Проведенный численный анализ частотных характеристик колебаний определяет влияние изменения ширины трещины, количество трещин и проницаемость пласта на собственные частоты.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 21-11-00207, <https://rscf.ru/project/21-11-00207/>

Библиографический список

1. *Аносова Е.П., Нагаева З.М., Шагапов В.Ш.* Фильтрация флюида к скважине через радиальную трещину ГРП при постоянном расходе // Изв. РАН. МЖГ. 2023. № 2. С. 90-101.
2. *Баймаков Р.А., Насырова Д.А., Шагапов В.Ш.* Собственные колебания жидкости в скважине, сообщающейся с пластом, при наличии трещины ГРП // Прикладная математика и механика. 2022. Т. 86. Вып. 1. С. 88-104.
3. *Баймаков Р.А., Насырова Д.А., Шагапов В.Ш., Хакимова З.Р.* Колебания столба жидкости в открытой скважине и сообщающейся с пластом, подверженным ГРП // Вестник Башкирского университета. 2022. Т. 7. Вып. 4. С. 872-880

© Насырова Д.А., 2023

УДК 532.39

А.Р. САФИУЛЛИН

safiullinak@mail.ru

Науч. руковод. – канд. ф.-м. наук, доцент **М.Н. ГАЛИМЗЯНОВ**

Уфимский университет науки и технологий

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НАЧАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ СРЕДЫ НА АКУСТИЧЕСКУЮ ВОЛНУ В ПУЗЫРЬКОВОЙ ЖИДКОСТИ

Аннотация: рассматривается распространение слабых возмущений в парогазовой пузырьковой среде, когда в пузырьках помимо нерастворимого в воде газа присутствуют пары воды, которые в процессе движения смеси могут переходить в состав воды. В данной работе проанализированы зависимости фазовой скорости и коэффициента затухания акустической волны от начальных радиуса пузырьков и температуры среды.

Ключевые слова: пузырьковая жидкость, слабые возмущения, фазовая скорость, коэффициент затухания, фазовые переходы.

Пусть в жидкости, находящейся при температуре T_0 и при давлении p_0 , имеются сферические пузырьки радиусом a_0 , которые содержат пар и нерастворимый в жидкой фазе газ. Количество пузырьков задается объемным содержанием α_{g0} . Рассмотрим распространение двумерных акустических волн в описанной пузырьковой жидкости. Схема задачи представлена на рис. 1.

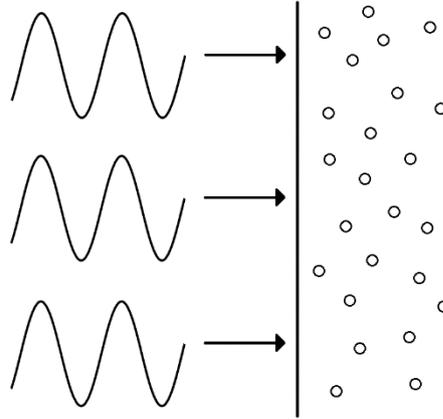


Рис. 1. Падение акустических волн на границу между «чистой» и пузырьковой жидкостями

Для описания свойств акустических волн примем следующую систему уравнений, состоящую из приведенного закона сохранения массы, уравнений импульсов, уравнения Рэлея-Ламба, уравнения теплопроводности и диффузии [1, 2, 3]:

$$\begin{aligned}
 \frac{1}{C_l^2} \frac{\partial p_l}{\partial t} + \rho_{l0}^0 \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right) - 3\rho_{l0}^0 \frac{\alpha_{g0}}{a_0} \frac{\partial a}{\partial t} &= 0, \\
 \rho_{l0}^0 \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial p_l}{\partial x} = 0, \quad \rho_{l0}^0 \frac{\partial v}{\partial t} + \frac{\partial p_l}{\partial y} &= 0, \\
 \rho_{l0}^0 a_0 \frac{\partial^2 a}{\partial t^2} + 4 \frac{\rho_{l0}^0 v_l^\mu}{a_0} \frac{\partial a}{\partial t} = p_g - p_l + \frac{2\sigma}{a_0^2} a, & \\
 \rho_{l0}^0 c_g \frac{\partial T_g}{\partial t} = \frac{\lambda_g}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(\lambda_g r^2 \frac{\partial T_g}{\partial r} \right) + \frac{\partial p_g}{\partial t}, & \\
 \frac{\partial k}{\partial t} = \frac{D}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} r^2 \frac{\partial k}{\partial r}, &
 \end{aligned} \tag{1}$$

где индексы $i = l, v, a$ относятся к параметрам жидкости, пара и газа, а нижний индекс (0) соответствует начальному состоянию, u и v – скорости среды, a – радиус пузырьков, C_l – скорость звука в жидкости, α_{g0} – объемное содержание пузырьков, v_l^μ – кинематическая вязкость жидкости, σ – коэффициент поверхностного натяжения, D – коэффициент диффузии.

Уравнения замыкаются граничными условиями:

$$T_g = T_l = T_{(a)}, \quad k = k_{(a)},$$

$$\lambda_l \frac{\partial T_l}{\partial r} - \lambda_g \frac{\partial T_g}{\partial r} = jL,$$

$$\frac{\partial k}{\partial r} = 0, \quad \frac{\partial T_g}{\partial r} = 0, \quad (r = 0),$$

$$T_l = 0, \quad (r = \infty).$$

где j – интенсивность испарения жидкости, L – удельная теплота парообразования воды.

Решение поставленной задачи ищется в виде затухающей бегущей волны:

$$(p_l, p_g, v, a) \sim e^{i(Kx - \omega t)},$$

$$T_i = T_i(r) e^{i(Kx - \omega t)}, \quad (\text{индекс } i = l, g),$$

$$k = k(r) e^{i(Kx - \omega t)}, \quad (2)$$

$$K = \text{Re}(K) + i \text{Im}(K), \quad i = \sqrt{-1},$$

$$C_p = \frac{\omega}{\text{Re}(K)}, \quad \delta = \text{Im}(K).$$

После подстановки (2) в систему уравнений (1) получаем дисперсионное уравнение, используемое для расчетов. Оно решается численно при заданной частоте ω относительно комплексного числа K . Через его действительную часть рассчитывается фазовая скорость акустической волны C_p . Мнимая часть числа является коэффициентом затухания волны δ .

Важной характеристикой для анализа результатов является миннаэртвовская частота собственных колебаний пузырьков:

$$\omega_R = a_0^{-1} \sqrt{3 \gamma \frac{p_0}{\rho_{l0}^0}}.$$

Рассмотрим влияние начальных радиуса пузырьков и температуры на поведение акустической волны. Для исследования были рассмотрены 3 значения температур (300 К, 353 К, 373 К) при значении объемного содержания, равного 10^{-3} . Построены зависимости фазовых скоростей и коэффициентов затухания акустической волны от частоты для интервала радиусов пузырьков от 10^{-6} м до 10^{-3} м, интервал разбит на 10 значений: 10^{-6} м, $2 \cdot 10^{-6}$ м, $3 \cdot 10^{-6}$ м, $4 \cdot 10^{-6}$ м, $5 \cdot 10^{-6}$ м, $6 \cdot 10^{-6}$ м, $7 \cdot 10^{-6}$ м, $8 \cdot 10^{-6}$ м, $9 \cdot 10^{-6}$ м, 10^{-5} м, $2 \cdot 10^{-5}$ м, $3 \cdot 10^{-5}$ м, $4 \cdot 10^{-5}$ м, $5 \cdot 10^{-5}$ м, $6 \cdot 10^{-5}$ м, $7 \cdot 10^{-5}$ м, $8 \cdot 10^{-5}$ м, $9 \cdot 10^{-5}$ м, 10^{-4} м, $2 \cdot 10^{-4}$ м, $3 \cdot 10^{-4}$ м, $4 \cdot 10^{-4}$ м, $5 \cdot 10^{-4}$ м, $6 \cdot 10^{-4}$ м, $7 \cdot 10^{-4}$ м, $8 \cdot 10^{-4}$ м, $9 \cdot 10^{-4}$ м, 10^{-3} м.

На рис. 2 представлены графики фазовой скорости и коэффициента затухания акустической волны.

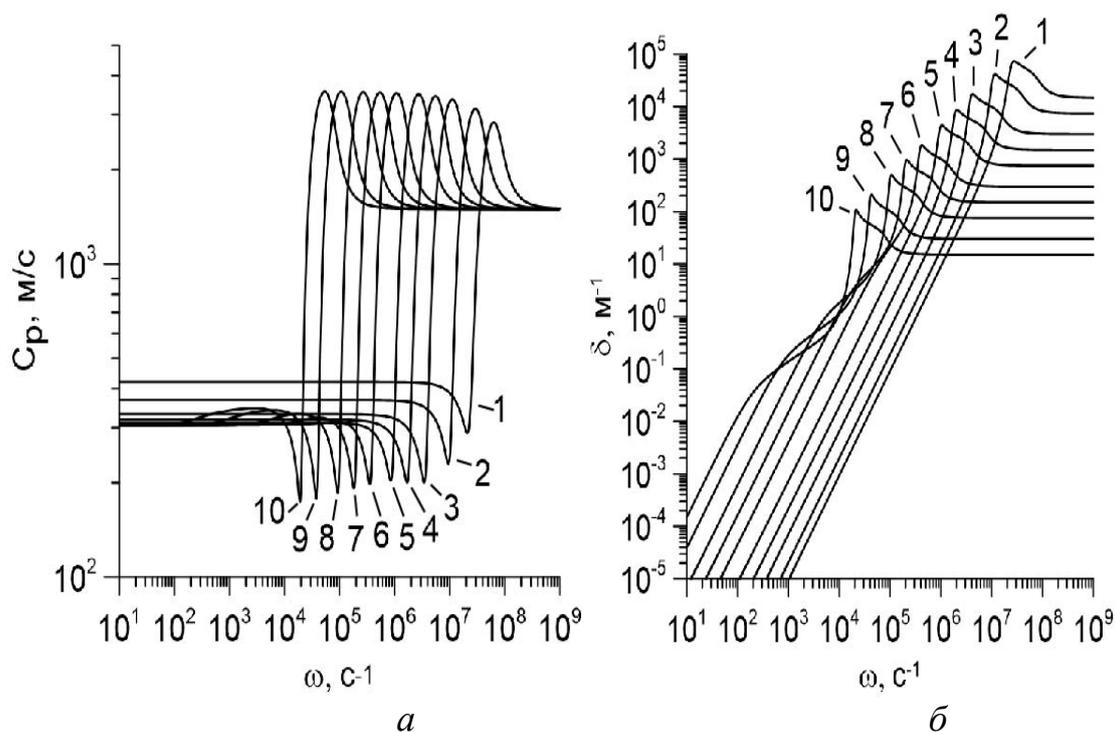


Рис. 2. Характеристики акустической волны в зависимости от ее частоты ω при $p_0 = 10^5$ Па, $\alpha_{g0} = 10^{-3}$, $T_0 = 300$ К и 10 значениях радиусов пузырьков $a_0 =$ от 10^{-6} м (обозначено 1) до 10^{-3} м (обозначено 10);
a – фазовая скорость C_p волны;
б – коэффициент затухания δ волны

С уменьшением радиуса миннаэрттовская частота ω_R – собственная частота колебаний пузырьков – монотонно увеличивается. На рис. 2 (*a*) можно увидеть, что при совпадении частоты волны с миннаэрттовской происходит значительное снижение фазовой скорости. Это связано с тем, что среда и пузырьки колеблются в противофазе, и волны значительно затухают, что заметно на рис 2 (*б*) (чем больше коэффициент, тем сильнее затухание).

В низкочастотной области $\omega < \omega_R$ с увеличением радиуса уменьшается скорость волны от 400 до 300 м/с. Это объясняется следующим образом. При колебании среды изменяется давление и пузырек сжимается либо расширяется, энергия тратится на изменение температуры пузырька. При увеличении радиуса увеличивается поверхность пузырька, и повышается его теплопроводимость. Поэтому пузырьки с большим радиусом рассеивают больше тепла и замедляют движение колебаний значительно. Это также заметно на графике коэффициента затухания – в данной области его значение выше для больших радиусов, то есть волна затухает сильнее.

Исследуем влияние начальной температуры среды. Для этого рассмотрим зависимости фазовой скорости при $T_0 = 353$ К, 373 К в соответствии с рис. 3.

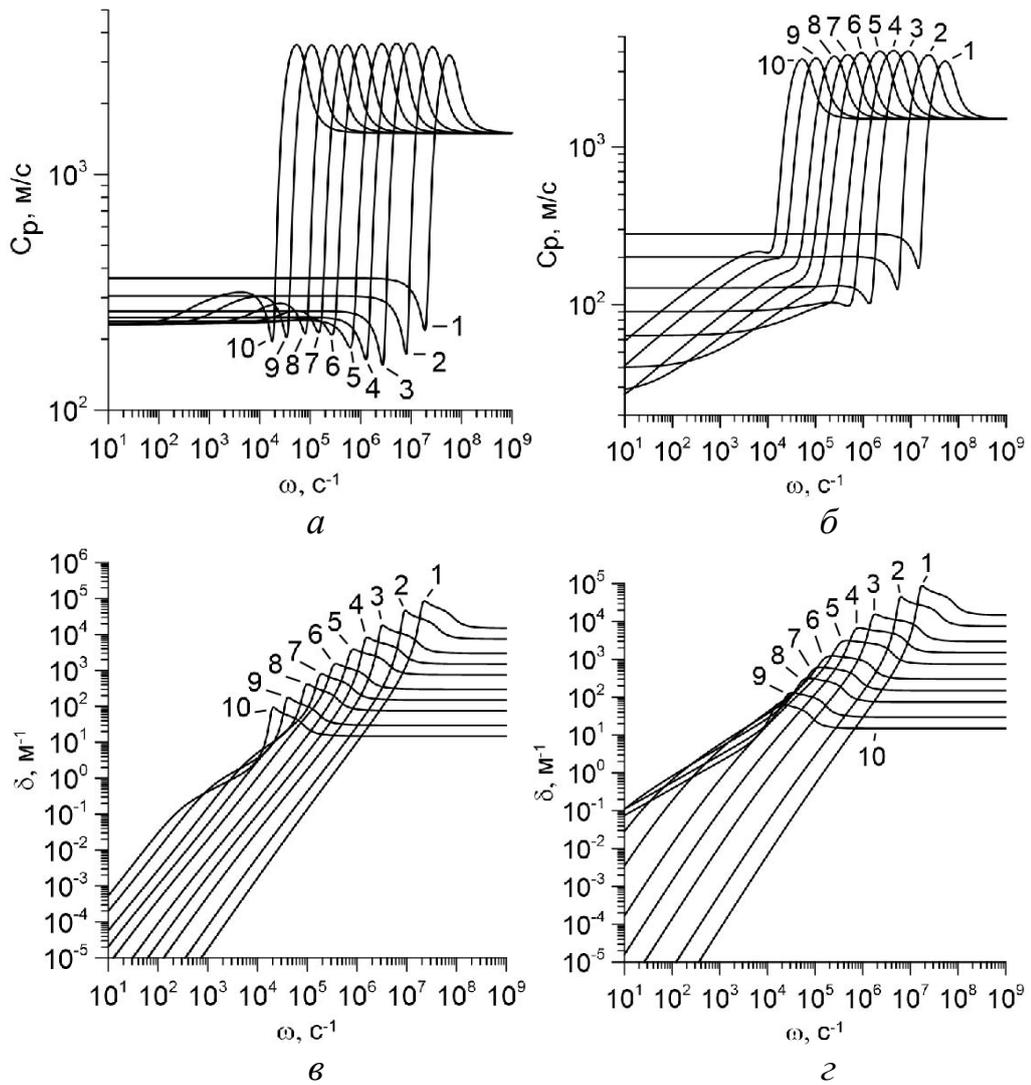


Рис. 3. Характеристики акустической волны в зависимости от ее частоты ω при $p_0 = 10^5$ Па, $\alpha_{g0} = 10^{-3}$ и 10 значениях радиусов пузырьков $a_0 =$ от 10^{-6} м (обозначено 1) до 10^{-3} м (обозначено 10);
 $a, б$ – фазовые скорости C_p волны при $T_0 = 353$ К (a) и 373 К ($б$);
 $в, г$ – коэффициенты затухания δ волны при $T_0 = 353$ К ($в$) и 373 К ($г$)

Для температуры 353 К для больших радиусов пузырьков $a_0 \geq 10^{-5}$ м в низкочастотной области скорость звука ~ 250 м/с, что ниже, чем при температуре 300 К. Если посмотреть на график фазовой скорости при 373 К – см. рис. 3 (б), то для этих радиусов скорость волны уже ниже 100 м/с. Коэффициент затухания также повышается с увеличением температуры для описанных параметров.

Это обосновывается следующим образом. При повышении температуры повышается массовая доля пара в пузырьках, и газа в них уже меньше. Из-за этого больше энергии тратится на фазовые переходы, тем самым увеличиваются диссипативные свойства среды. Это проявляется на пузырьках больших радиусов, так как у них большая площадь соприкосновения со средой, а также

меньше поверхностное натяжение, что позволяет пузырьку впитать больший перепад давления.

Таким образом, было рассмотрено влияние начальных радиуса пузырьков и температуры на фазовую скорость и коэффициент затухания акустической волны.

Библиографический список

1. Нигматулин, Р.И. Динамика многофазных сред [Текст] / Р.И. Нигматулин – М.: Наука, 1987. – Ч.1. – 464 с.

2. Шагапов, В.Ш. Особенности отражения и прохождения акустических волн на границе "чистой" и пузырьковой жидкостей при прямом их падении [Текст] / В.Ш. Шагапов, М.Н. Галимзянов, И.И. Вдовенко // Теплофизика высоких температур. – 2019. – Т. 57, № 2. – С. 284-290.

3. Шагапов, В.Ш. Особенности устойчивости и акустических свойств перегретой жидкости с газовыми зародышами при повышении давления [Текст] / В.Ш. Шагапов, М.Н. Галимзянов, И.И. Вдовенко // Теплофизика высоких температур. – 2019. – Т. 57, № 5. – С. 748-754.

© Сафиуллин А.Р., 2023

УДК 532.39

С.Р. ФАТТАХОВ

salavat232001232001@mail.ru

Науч. руковод. – канд. ф.-м. наук, доцент **М.Н. ГАЛИМЗЯНОВ**

Уфимский университет науки и технологий

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ВОЛН ДАВЛЕНИЯ В КАНАЛЕ С ПУЗЫРЬКОВЫМ КЛАСТЕРОМ В ФОРМЕ ТОРА И ДИСКА

Аннотация: особенности распространения волн в пузырьковой жидкости связаны с тем, что характеристики волны до и после прохождения через пузырьковую завесу могут быть существенно различными. В данной работе рассмотрены двумерные волновые возмущения в канале с водой, содержащей пузырьковый кластер в форме тора и диска. По результатам численных расчетов был произведен сравнительный анализ двух форм пузырьковой завесы.

Ключевые слова: цилиндрический канал; пузырьковый кластер; пузырьковая жидкость; волна давления; тороидальный пузырьковый кластер.

В данной работе мы рассматриваем волновые возмущения в трубе с жидкостью, содержащей пузырьковый кластер. Исследуются кластера в форме тора и диска рис. 1.

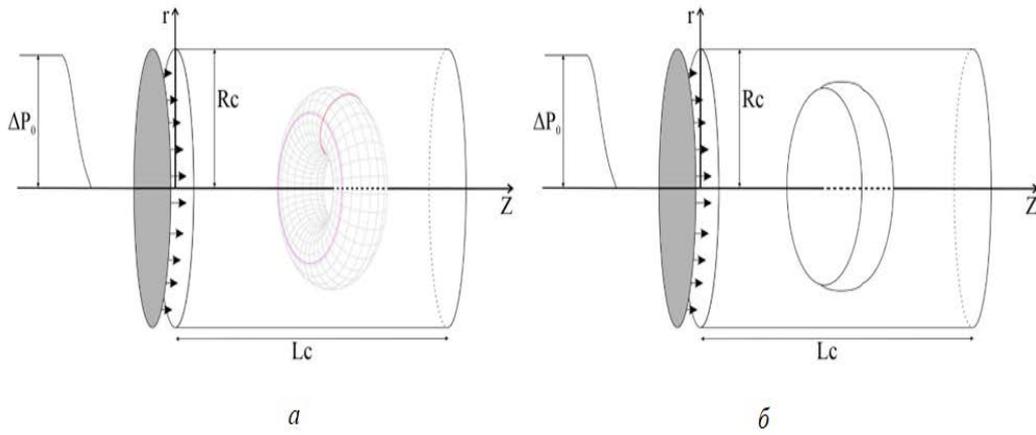


Рис. 1. Схема задачи. ΔP_0 – амплитуда давления входящая в трубу, R_c – радиус трубы, L_c – длина трубы: а – завеса в форме тора; б – завеса в форме диска

Так как в нашей задаче нет зависимости от угла мы производим сечение трубы вдоль оси симметрии $r = 0$, как показана на рис. 2.

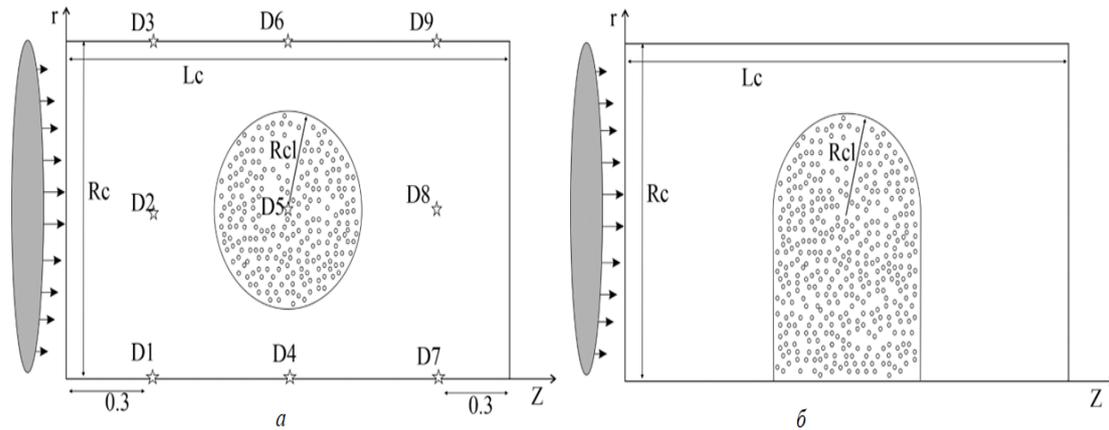


Рис. 2. Сечение расчетной области, R_{c1} – радиус окружности, D1-D7 – точки, в которых, в каждый момент времени, фиксируется давление: а – завеса в форме тора; б – завеса в форме диска

Для описания волнового возмущения в трубе запишем систему уравнений масс, числа пузырьков импульсов и давления в пузырьках [1].

$$\begin{aligned} \frac{d\rho_i}{dt} + \rho_i \frac{\vartheta_r}{r} + \rho_i \left(\frac{\partial \vartheta_r}{\partial r} + \frac{\partial \vartheta_z}{\partial z} \right) &= 0 \quad (i = l, g), \\ \frac{dn}{dt} + n \frac{\vartheta_r}{r} + n \left(\frac{\partial \vartheta_r}{\partial r} + \frac{\partial \vartheta_z}{\partial z} \right) &= 0, \\ \rho \frac{d\vartheta_r}{dt} + \frac{\partial p_l}{\partial r} = 0, \rho \frac{d\vartheta_z}{dt} + \frac{\partial p_l}{\partial z} = 0, \frac{dp_g}{dt} &= -\frac{3\gamma p_g}{a} w - \frac{3(\gamma - 1)}{a} q, w = \frac{da}{dt}, \\ \alpha_l + \alpha_g &= 1, \alpha_g = \frac{4}{3} \pi n a^3, \rho_i = \rho_i^0 \alpha_i, \rho = \rho_g + \rho_l, \end{aligned}$$

где a – радиус пузырьков, γ – показатель адиабаты для газа, ρ_i – давление фаз, ρ_i^0 – истинные плотности фаз, α_i – объемное содержание пузырьков фаз, q – интенсивность теплообмена, n – число пузырьков в единице объема, w – радиальная скорость пузырьков, ϑ_r, ϑ_z – радиальная и осевая составляющая скорости. Нижними индексами $i = l, g$ отмечены параметры жидкой и газовой фазы.

При описании радиального движения в соответствии с уточнением, предложенным в [2], будем полагать, что $w = w_R + w_A$, где первое слагаемое определяется из уравнения Релея-Ламба, а второе слагаемое из решения задачи о сферической разгрузке на сфере радиуса a в несущей жидкости в акустическом приближении.

$$a \frac{dw_R}{dt} + \frac{3}{2} w_R^2 + 4\nu_l \frac{w_R}{a} = \frac{p_g - p_l}{\rho_l^0}, w_R = \frac{p_g - p_l}{\rho_l^0 C_l \alpha_g^{1/3}},$$

где ν_l – вязкость жидкости, C_l – скорость звука в «чистой» жидкости. Будем полагать, что жидкость является линейно сжимаемой, а газ калорически совершенным

$$p_l = p_0 + C_l^2 (\rho_l^0 - \rho_{l0}^0), p_g = \rho_g^0 R T_g,$$

где R – газовая постоянная. Здесь и в дальнейшем индексами 0 внизу снабжены параметры, относящиеся к начальному невозмущенному состоянию. Тепловой поток q задается приближенным конечным соотношением

$$q = Nu \lambda_g \frac{T_g - T_0}{2a}, \frac{T_g}{T_0} = \frac{p_g}{p_0} \left(\frac{a}{a_0} \right)^3, Nu = \sqrt{Pe}, \quad Pe \geq 100, Nu = 10, Pe < 100,$$

$$Pe = 12(\gamma - 1) \frac{T_0 a |w|}{|T_g - T_0| k_g}, k_g = \frac{\lambda_g}{c_g \rho_g},$$

где $T_0 = \text{const}$ – температура жидкости, c_g и λ_g – теплоёмкость и теплопроводность газа, Nu и Pe – числа Нуссельта и Пекле.

В ходе численного эксперимента были получены результаты, представленные на рис. 3. В расчетах радиус пузырькового кластера R_{cl} принимал следующие значения: 0.0125м, 0.025м, 0.0375м. Объемное содержание пузырьков в кластере α_i принимало следующие значения: 0.001, 0.01.

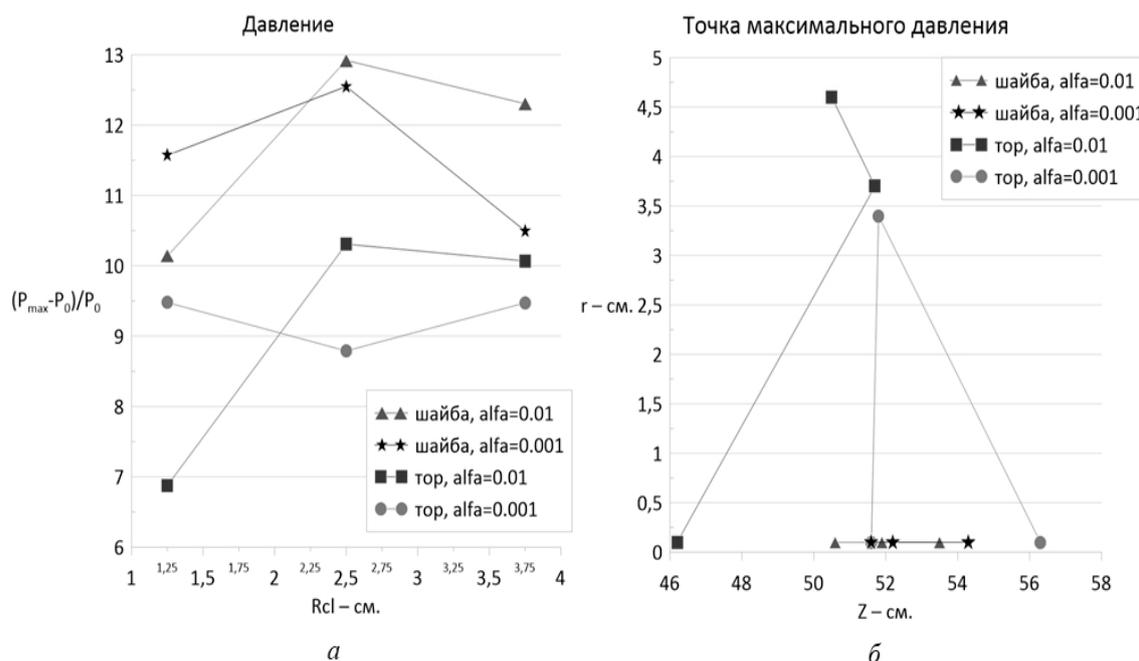


Рис. 3. Результаты расчетов: а – максимальное отношение разности давлений к начальному давлению во всей задаче; б – точки максимального давления

На рис. 3а видно, что пузырьковый кластер в форме диска дает большую амплитуду волны по сравнению с пузырьковым кластером в форме тора при любом объемном содержании пузырьков. Также стоит отметить, что вероятно должен существовать определенный радиус пузырьковой завесы, при котором тор и диск даже при разных объемных содержаниях будут давать одинаковую амплитуду давления.

Из рис. 3б можно заметить, что фокусировка максимально давления, в случае пузырькового кластера в форме диска, происходит в центре завесы. В случае тора возможно смещение из центра в сторону пузырьковой завесы в зависимости от радиуса тора и значения объемного содержания.

Библиографический список

1. Нигматулин Р.И. Динамика многофазных сред. М.: Наука. – Т1, 2, 1987. – 360 с.
2. Шагапов В.Ш., Вахитов Н.К. Волны в пузырьковой системе при наличии химических реакций в гаховой фазе. // ФГВ. – 1989. № 6 – С. 14-22.

© Фаттахов С.Р., 2023

Б.А. ДЕНИСОВ

shepcom123@yandex.rumailto:ishmorat@mail.ru

Науч. руковод. – д. ф.-м. наук, профессор **В.А. БАЙКОВ***Институт математики с ВЦ УФИЦ РАН***МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО УДАРА В ТРУБАХ**

Рассмотрим моделирование гидравлического удара в трубе с изменяющимся сечением по ее длине.

Имеем вещество плотностью ρ в объеме V , ограниченной ориентированной наружу поверхностью Ω . Масса вещества, заключенного в объеме: $\iiint \rho dV$

Уменьшение вещества во времени $-\frac{\partial}{\partial t} \iiint \rho dV$

Задан поток вещества с помощью векторного поля скорости \mathbf{u} .

Скорость вытекания через границу: $\iint \rho \mathbf{u} d\Omega$

Уравнение непрерывности: $-\frac{\partial}{\partial t} \iiint \rho dV = \iint \rho \mathbf{u} d\Omega$

Перепишем

$$\frac{\partial}{\partial t} \iiint \rho dV + \iint \rho \mathbf{u} d\Omega = 0; \quad \frac{\partial}{\partial t} \iiint \rho dV + \iiint \mathbf{div} \rho \mathbf{u} dV = 0;$$

$$\iiint \left(\frac{\partial \rho}{\partial t} + \mathbf{div} \rho \mathbf{u} \right) dV = 0; \quad \frac{\partial \rho}{\partial t} + \mathbf{div} \rho \mathbf{u} = 0$$

Если есть дополнительная утечка в каждой точке пространства с интенсивностью q , тогда

$$-\frac{\partial}{\partial t} \iiint \rho dV = \iint \rho \mathbf{u} d\Omega + \iiint \rho q dV$$

Перепишем

$$\iiint \left(\frac{\partial \rho}{\partial t} + \mathbf{div} \rho \mathbf{u} + \rho q \right) dV = 0; \quad \frac{\partial \rho}{\partial t} + \mathbf{div} \rho \mathbf{u} + \rho q = 0$$

В случае одномерного объекта (труба, трещина) выполним частичное интегрирование по поперечной поверхности:

$$\iiint \left(\frac{\partial \rho}{\partial t} + \mathbf{div} \rho \mathbf{u} + \rho q \right) dV = 0; \quad \iiint \left(\frac{\partial \rho}{\partial t} + \mathbf{div} \rho \mathbf{u} + \rho q \right) dS dx = 0$$

т.к. все переменные при сокращении размерности усредняются по площади, то

$$\int \left(\frac{\partial \rho S}{\partial t} + \mathbf{div} \rho S \mathbf{u} + \rho S q \right) dx = 0; \quad \frac{\partial \rho S}{\partial t} + \mathbf{div} \rho S \mathbf{u} + \rho S q = 0$$

Здесь важно понимать, что после осреднения по площади скорость понимается в смысле средней скорости по сечению.

При этом от скорости остается только одна продольная компонента, тогда:

$$\int \left(\frac{\partial \rho S}{\partial t} + \frac{\partial \rho S u}{\partial x} + \rho S q \right) dx = 0; \quad \frac{\partial \rho S}{\partial t} + \frac{\partial \rho S u}{\partial x} + \rho S q = 0.$$

В компактной форме $(\rho S)_t + (\rho S u)_x + \rho S q = 0$.

Чтобы явно разделить эффекты сжимаемости жидкости и упругости стенок, перепишем: $\rho_t S + \rho S_t + (\rho S u)_x + \rho S q = 0$.

Если хотим утечку представить в виде, линейная скорость через площадку, тогда $\rho_t S + \rho S_t + (\rho S u)_x + \rho \Pi u_L = 0$,

где соответственно $u_L = \frac{S}{\Pi} q$, Π – периметр.

1. Уравнение непрерывности для трубы

Рассмотрим исходное общее уравнение $\rho_t S + \rho S_t + (\rho S u)_x + \rho S q = 0$

Убираем упругость стенок, убираем утечку $\rho_t S + (\rho S u)_x = 0$

Слагаемое сжимаемости: $\rho_t S = \rho_p S p_t$

Т.к. сжимаемость $\beta = \frac{1}{\rho} \frac{\partial \rho}{\partial p}$, $\rho_p = \beta \rho$

Получим $\rho_t S = \beta \rho S p_t$.

Итоговое уравнение: $\beta \rho S p_t + (\rho S u)_x = 0$

2. Общее уравнение движения

По Ландау-Лившицу уравнение Эйлера $\rho \frac{d\mathbf{u}}{dt} = -\mathbf{grad} p + \rho \mathbf{g} - \mathbf{P}\tau$.

Полная производная $\rho \frac{\partial \mathbf{u}}{\partial t} + \rho(\mathbf{u}\nabla)\mathbf{u} = -\nabla p + \rho \mathbf{g} - F_{\text{тр}}$.

Осредняем по сечению $\rho u_t + \rho u u_x = -p_x + \rho g \cos \theta - F_{\text{тр}}$.

Учитываем коэффициент Кориолиса

$$\rho u_t + \rho((1 + \beta)u^2)_x = -p_x + \rho g \cos \theta - F_{\text{тр}}$$

$$p_x = -\rho g \cos \theta + F_{\text{тр}} + \rho u_t + \rho((1 + \beta)u^2)_x$$

Таким образом в форме Мукерджи-Брилл получается такая схема перепада давления:

$$\left(\frac{\partial p}{\partial x}\right)_{total} = \left(\frac{\partial p}{\partial x}\right)_{elevation} + \left(\frac{\partial p}{\partial x}\right)_{friction} + \left(\frac{\partial p}{\partial x}\right)_{inertia} + \left(\frac{\partial p}{\partial x}\right)_{convective\ acceleration}$$

Трение

$$F_{тр} = k_0 \frac{\lambda(Re)}{D_h} \frac{\rho u^2}{2}, \quad Re = \frac{\rho u D_h}{\mu}$$

	Труба / перфорация
$D_h =$	d

$\lambda =$	Общая зависимость
Ламинарный режим	$64 Re^{-1}$
Турбулентный	$0.3164 Re^{-0.25}$

$k_0 =$	Труба / перфорация
Ламинарный режим	1
Турбулентный	1

$\beta =$	Труба / перфорация
Ламинарный режим	1/3
Турбулентный	0

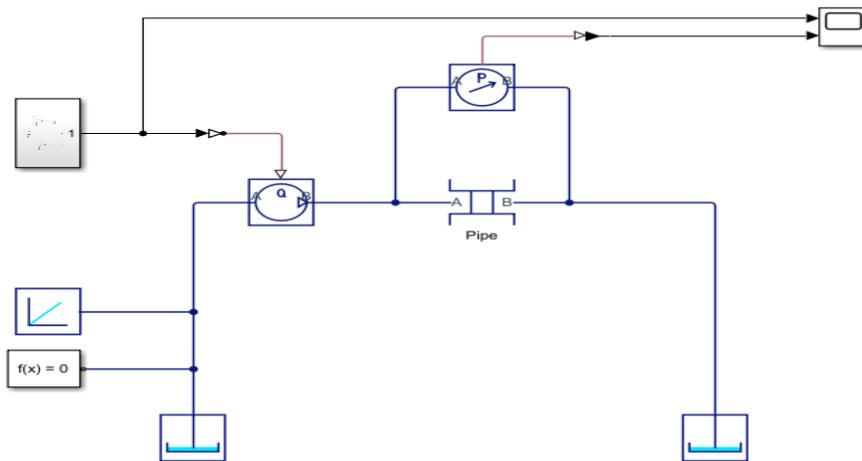
Получим:

$$p_x = -\rho g \cos \theta + \frac{k_0 \lambda \rho u^2}{D_h} \frac{\rho u^2}{2} + \rho u_t + \rho((1 + \beta)u^2)_x$$

$$p_x = -\rho g \cos \theta + \frac{\lambda \rho u^2}{d} \frac{\rho u^2}{2} + \rho u_t + \rho((1 + \beta)u^2)_x$$

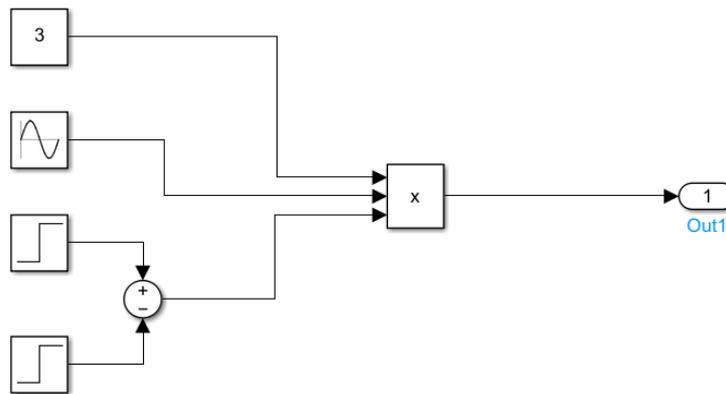
Для моделирования гидравлического удара в трубах использовалась программа Matlab с пакетом Simulink.

Была построена следующая модель:

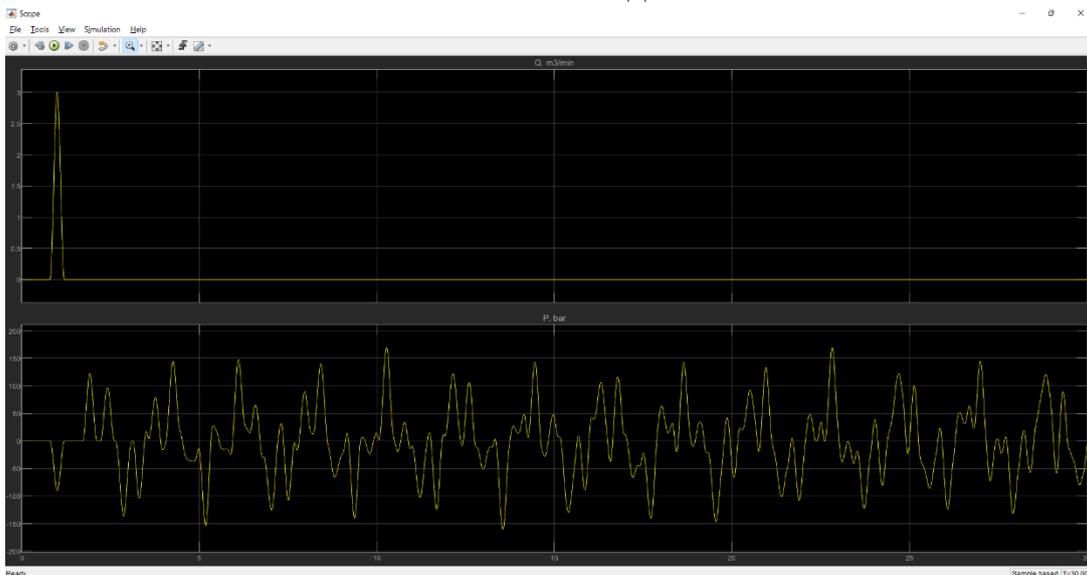


Были рассмотрены 2 случая в ламинарном режиме с разными краевыми условиями.

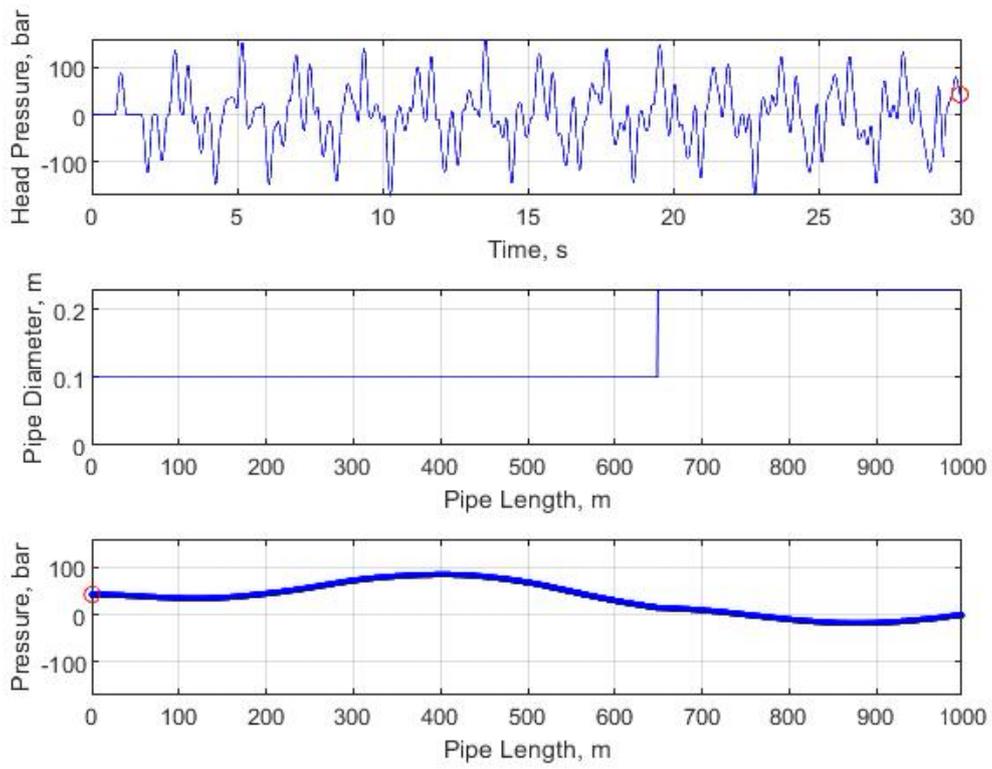
Первый случай Модель в Simulink:



Выход:

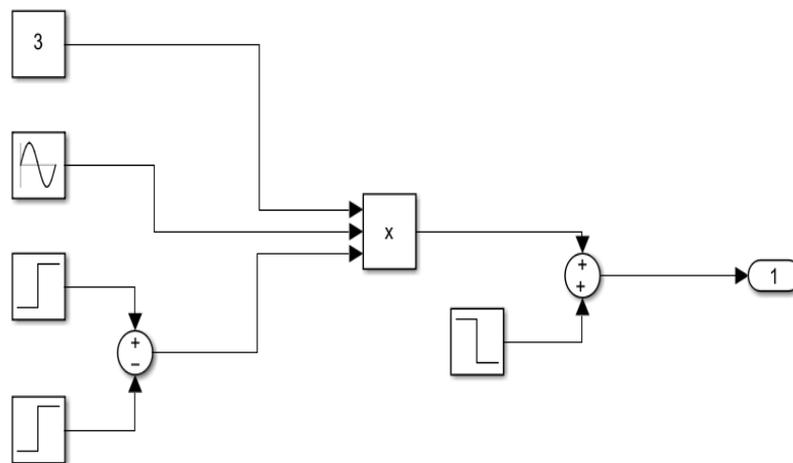


Графики:

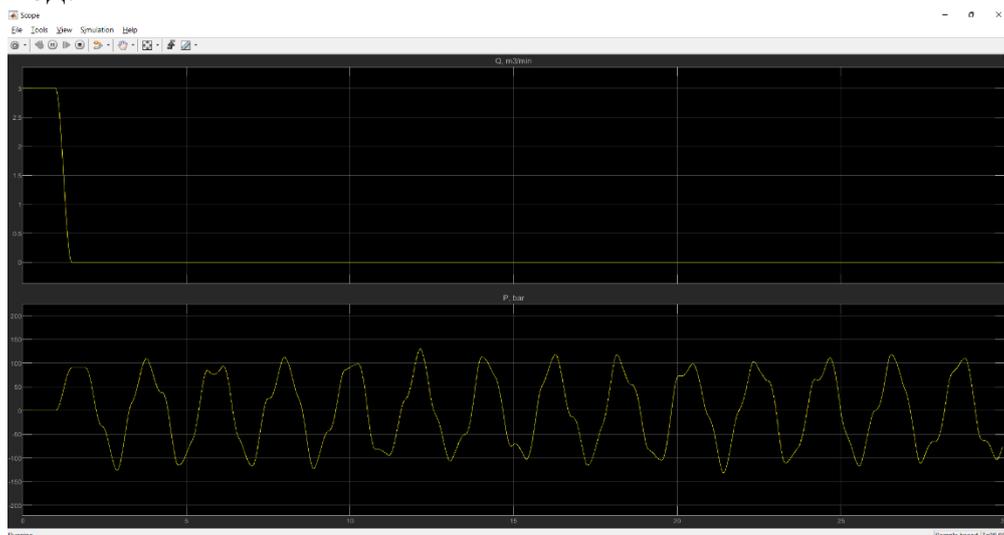


Второй случай

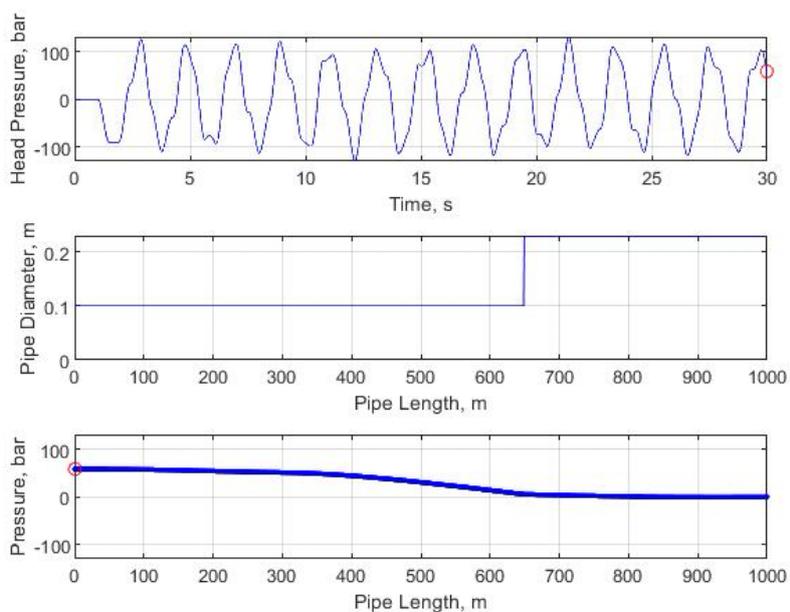
Модель в Simulink:



Выход:



Графики:



Итак, была построена модель гидроудара в сложном трубопроводе для двух краевых условий. На приведенных графиках видна реверберация.

Библиографический список

1. Басниев К.С., Кочина И.Н., Максимов В.М. Подземная гидромеханика
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е. М. Теоретическая физика в 10 т. Т.6. Гидродинамика.

© Денисов Б.А., 2023

Р.Р. ЗАГИТОВ*rr.zagitov.02@gmail.com*Науч. руковод. – канд. физ.-мат. наук, доцент **Ю.В. ЮЛМУХАМЕТОВА***Уфимский университет науки и технологий***ОБОБЩЕНИЕ ТОЧНОГО РЕШЕНИЯ НЕУСТАНОВИВШИХСЯ ДВИЖЕНИЙ НЕСЖИМАЕМОЙ ЖИДКОСТИ С ЛИНЕЙНЫМ ПОЛЕМ СКОРОСТЕЙ**

Аннотация: рассматриваются уравнения неустановившихся движений несжимаемой жидкости. Для точного решения из работы Л.ИВ. Овсянникова [1] найдено его обобщение для ненулевых констант движения.

Ключевые слова: линейное поле скоростей; точное решение; уравнения гидродинамики.

Рассматриваются уравнения движения идеальной несжимаемой жидкости

$$\frac{d\vec{u}}{dt} = -\frac{1}{\rho}\nabla p \quad (1)$$

$$\operatorname{div} \vec{u} = 0, \quad (2)$$

где $\vec{u} = (u, v, w)$ – вектор скорости, ρ – плотность жидкости, p – давление, t – время, $\nabla = (\partial_x, \partial_y, \partial_z)$.

В работе [1] показано, что формулы

$$\vec{u} = \vec{x}'_0 + M'M^{-1}(\vec{x} - \vec{x}_0), \quad (3)$$

$$p = p_0 - \frac{\rho_0}{2} \varphi(t) [(\vec{x} - \vec{x}_0) \cdot (M^T)^{-1} L M^{-1} (\vec{x} - \vec{x}_0) + 2\vec{l} \cdot M^{-1} (\vec{x} - \vec{x}_0) + c], \quad (4)$$

где p_0, ρ_0, c – заданные постоянные величины, \vec{l} – заданный постоянный вектор и $M(t)$ и L – некоторые 3×3 матрицы ($L = \text{const}$), определяют точное решение уравнений (1), (2). Такое решение задает решение уравнений газодинамики с линейным полем скоростей [2].

Используя методы представленные в статье [1], исследуется точное решение, где в качестве начальных данных вводятся ненулевые параметры: $\vec{l} = (l_1, l_2, l_3)$, $\vec{a} = (a_1, a_2, a_3)$, $c = -R^2$, где l_i, a_j – некоторые константы, $i, j = 1, 2, 3$.

$$L = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}, M'_0 = \begin{pmatrix} b & 0 & 0 \\ 0 & -b & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}, M = \begin{pmatrix} m(t) & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{m(t)} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

Для таких начальных данных найдено точное решение уравнений (1), (2).

$$\begin{cases} x(t) = \frac{1}{6(bt+1)^3} - \frac{3a_1 + 2b}{3b} + C_1(bt+1) \\ y(t) = \frac{b^2t^2 + 2a_2bt^2 + 2a_2t}{2(bt+1)} + \frac{C_2}{bt+1} \\ z(t) = \frac{1}{6(bt+1)} + \left(a_3 + \frac{b}{3}t\right) + C_3 \end{cases} \quad (5)$$

Примем константы интегрирования $\vec{C} = (C_1, C_2, C_3)$ за лагранжевы координаты и найдем якобиан перехода из эйлеровых координат в лагранжевы.

$$J = \begin{pmatrix} \frac{\partial x}{\partial C_1} & \frac{\partial x}{\partial C_2} & \frac{\partial x}{\partial C_3} \\ \frac{\partial y}{\partial C_1} & \frac{\partial y}{\partial C_2} & \frac{\partial y}{\partial C_3} \\ \frac{\partial z}{\partial C_1} & \frac{\partial z}{\partial C_2} & \frac{\partial z}{\partial C_3} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} bt+1 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{bt+1} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \equiv M.$$

Якобиан J имеет диагональный вид, его определитель $|J|$ равен 1. Следовательно, особенностей на данном решении нет.

На рис. 1 изображен график движения жидкости по данной траектории (5) в моменты времени $t \in [0, 1]$. Значения постоянных таковы:

$$C_1 = 10, C_2 = 10, C_3 = 10, a_1 = 10, a_2 = 10, a_3 = 10, b = 10 \quad (6)$$

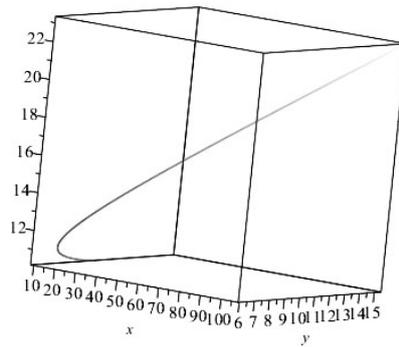
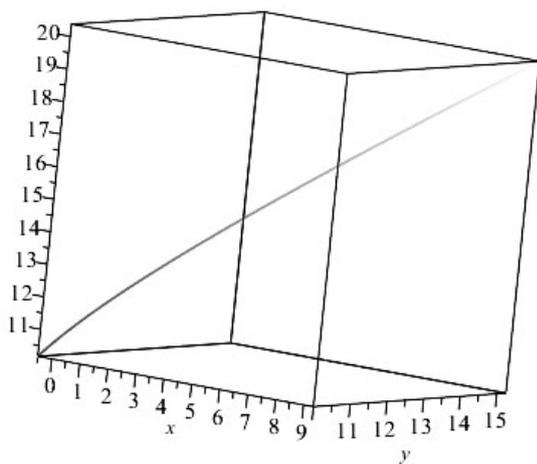
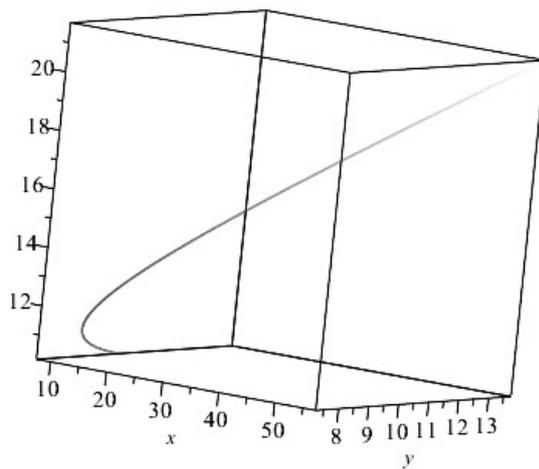


Рис. 1. Траектория движения частиц при заданных значениях констант (6)

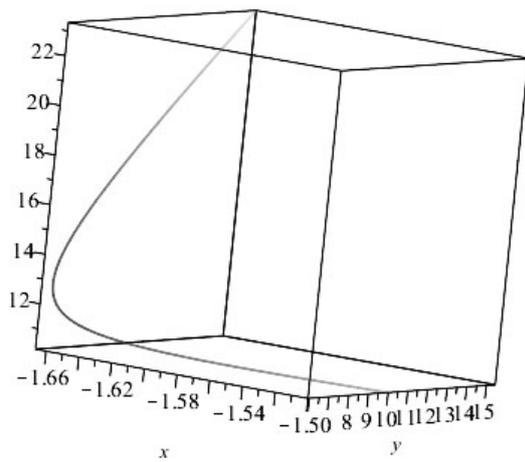
На рис. 2 построены графики движения частиц жидкости, где значения постоянных варьированы



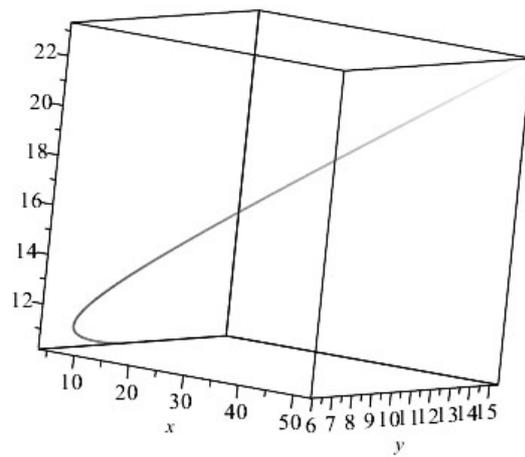
а



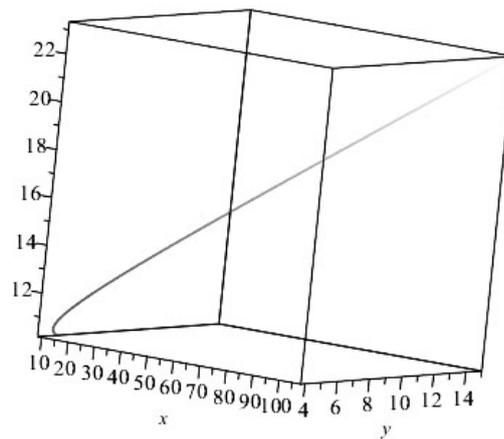
б



б



в



г

Рис. 3. Траектории движения частиц при варьированных значениях постоянных:

а – б = 1;

б – б = 5;

в – С1 = 5;

г – С1 = 0;

д – С2 = 5;

Построено движение выделенного объема. Взят момент времени $t_0 = 0$.

Тогда $x(t_0)$:

$$\begin{cases} x(0) = \frac{1}{6} - \frac{3a_1 + 2b}{3b} + C_1 \\ y(0) = C_2 \\ z(0) = \frac{1}{6} + C_3 \end{cases} .$$

Поверхность $\gamma(t): F(x, y, z) = 0$, ограничивающая контактную характеристику C_0 :

$$\begin{aligned} & \left(x(bt + 1) + \frac{1}{6(bt + 1)^3} + \frac{(3a_1 + 2b)t}{3} - \frac{bt + 1}{6} - x_0 \right)^2 \left(-\frac{y}{bt + 1} \right. \\ & \left. + \frac{b^2 t^2 + 2a_2 bt + 2a_2 t}{2(bt + 1)} - y_0 \right)^2 + \left(z + \frac{1}{6(bt + 1)^2} + \left(a_3 + \frac{b}{3} \right) t - \frac{1}{6} - z_0 \right)^2 \\ & = R^2 \end{aligned}$$

Движение выделенного объема представлено на рис. 4. На нем видно, что с течением времени $t > 0$ сферический объем вырождается в эллипсоид. При чем при $t \rightarrow +\infty$ эллипсоид растягивается до цилиндра по оси y .

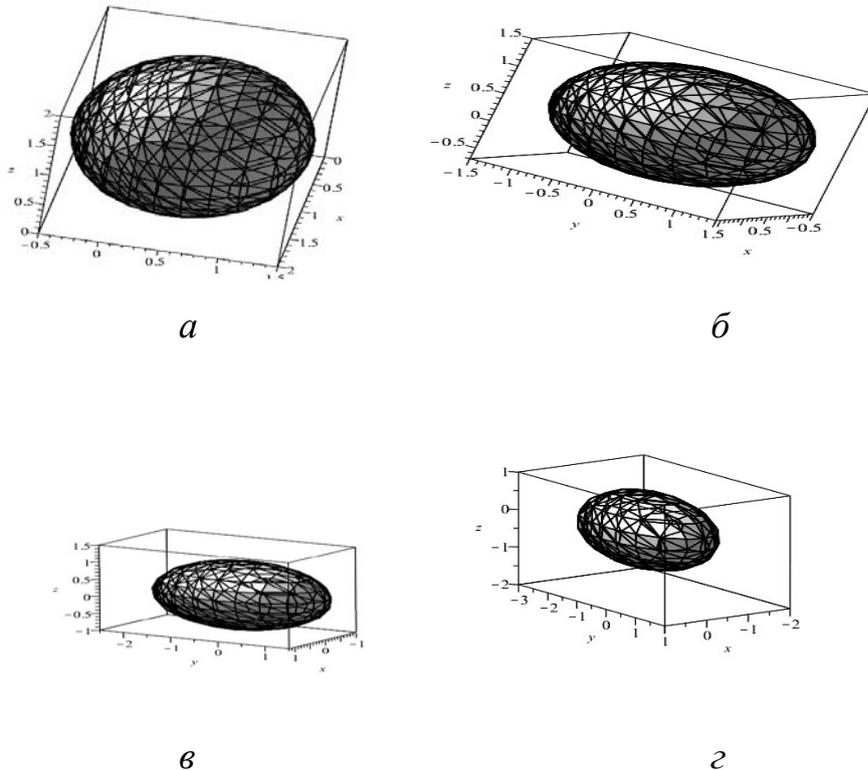


Рис. 4. Движение выделенного объема в моменты времени $t \in [0, 1]$. а – момент времени $t = 0$;
 б – момент времени $t = 0.5$;
 в – момент времени $t = 0.8$;
 г – моменты времени $t = 1$.

Библиографический список

1. Овсянников, Л.В. Об одном классе неустановившихся движений несжимаемой жидкости // Труды пятой сессии Ученого совета по народнохозяйственному использованию взрыва. – Фрунзе: ИЛИМ, 1965. С.34-42
2. Юлмухаметова, Ю.В. Подмодели газовой динамики с линейным полем скоростей // Сибирские электронные математические известия, Новосибирск: Институт математики им. С.Л. Соболева СО РАН Т.9, 2012. С. 208-226.
3. Овсянников, Л.В. Лекции по основам газовой динамики – Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2003, 336 стр.
4. Уразбахтина, Л.З., Юлмухаметова, Ю.В. Плоский коллапс газа с линейным полем скоростей // Тр. Института математики и механики УрО РАН Т.29, 2023, С. 207-216.

© Загитов Р.Р., 2023

УДК 532.39

А.А. СОРОКИН

ilya.sorokin.90@bk.ru

Науч. руковод. – д. физ.-мат. наук, доцент **С.Ю. ЛУКАЩУК**

Уфимский университет науки и технологий

НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА РЕШЕНИЙ ОДНОГО ДРОБНО-ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО ОБОБЩЕНИЯ УРАВНЕНИЯ БЕССЕЛЯ

Для классических функций Бесселя 1 и 2 рода существуют следующие рекуррентные соотношения:

$$\frac{dY_m(R)}{dR} = Y_{m-1}(R) - \frac{m}{R}Y_m(R); \frac{dY_m(R)}{dR} = \frac{m}{R}Y_m(R) - Y_{m+1}(R);$$
$$2 \cdot \frac{dY_m(R)}{dR} = Y_{m-1}(R) - Y_{m+1}(R); \frac{2m}{R} \cdot Y_m(R) = Y_{m-1}(R) + Y_{m+1}(R).$$

Наша задача заключалась в построении дробно-дифференциальных обобщений этих свойств для полученных частных решений. Так как первым частным решением является классическая функция Бесселя 1 рода, и для нее все свойства выполнены, то мы будем рассматривать только второе частное решение.

Доказано следующее утверждение:

У т в е р ж д е н и е 1.

Пусть

$$H_m^\alpha(R) = H_{24}^{21} \left[\frac{R}{2} \left| \begin{matrix} \left(-\frac{\alpha+m}{2-\alpha}; \frac{1}{2-\alpha}\right) \left(\frac{1}{2} - \frac{\alpha+m}{2-\alpha}; \frac{1}{2-\alpha}\right) \\ \left(\frac{m}{2}; \frac{1}{2}\right) \left(-\frac{\alpha+m}{2-\alpha}; \frac{1}{2-\alpha}\right) \left(-\frac{m}{2}; \frac{1}{2}\right) \left(\frac{1}{2} - \frac{\alpha+m}{2-\alpha}; \frac{1}{2-\alpha}\right) \end{matrix} \right. \right]$$

$$\text{Тогда } \frac{dH_m^\alpha(R)}{dR} = \frac{m}{R} H_m^\alpha(R) - H_{m+1}^\alpha(R) \quad \forall \alpha \in [0, 2)$$

Д о к а з а т е л ь с т в о.

Это свойство является обобщением второго классического рекуррентного свойства, и как мы видим, оно полностью с ним совпадает независимо от дробного параметра интегрирования. Идея доказательства заключается в представлении Н-функции в виде интеграла Меллина-Барнса и его дифференцировании под знаком интеграла.

$$\begin{aligned} & \frac{dH_m^\alpha}{dR} \\ &= \frac{d}{dR} \left(\frac{1}{2\pi i} \int_{a-i\infty}^{a+i\infty} \frac{\Gamma\left(\frac{m+s}{2}\right) \Gamma\left(1 - \frac{s-\alpha-m}{2-\alpha}\right) \Gamma\left(\frac{s-\alpha-m}{2-\alpha}\right)}{\Gamma\left(1 + \frac{m-s}{2}\right) \Gamma\left(\frac{1}{2} - \frac{s-\alpha-m}{2-\alpha}\right) \Gamma\left(\frac{1}{2} + \frac{s-\alpha-m}{2-\alpha}\right)} \left(\frac{R}{2}\right)^{-s} ds \right) = \\ &= \frac{1}{4\pi i} \int_{a-i\infty}^{a+i\infty} \frac{\Gamma\left(\frac{m+s}{2}\right) \Gamma\left(1 - \frac{s-\alpha-m}{2-\alpha}\right) \Gamma\left(\frac{s-\alpha-m}{2-\alpha}\right)}{\Gamma\left(1 + \frac{m-s}{2}\right) \Gamma\left(\frac{1}{2} - \frac{s-\alpha-m}{2-\alpha}\right) \Gamma\left(\frac{1}{2} + \frac{s-\alpha-m}{2-\alpha}\right)} (-s) \left(\frac{R}{2}\right)^{-s-1} ds \end{aligned}$$

Дифференцирование под знаком интеграла допустимо ввиду равномерной сходимости интеграла на любом конечном отрезке по R. Прибавим m в новом множителе s и разобьем интеграл на два интеграла:

$$\begin{aligned} & \frac{1}{4\pi i} \int_{a-i\infty}^{a+i\infty} \frac{\Gamma\left(\frac{m+s}{2}\right) \Gamma\left(1 - \frac{s-\alpha-m}{2-\alpha}\right) \Gamma\left(\frac{s-\alpha-m}{2-\alpha}\right)}{\Gamma\left(1 + \frac{m-s}{2}\right) \Gamma\left(\frac{1}{2} - \frac{s-\alpha-m}{2-\alpha}\right) \Gamma\left(\frac{1}{2} + \frac{s-\alpha-m}{2-\alpha}\right)} (-s) \left(\frac{R}{2}\right)^{-s-1} ds = \\ &= \frac{1}{4\pi i} \int_{a-i\infty}^{a+i\infty} \frac{\Gamma\left(\frac{m+s}{2}\right) \Gamma\left(1 - \frac{s-\alpha-m}{2-\alpha}\right) \Gamma\left(\frac{s-\alpha-m}{2-\alpha}\right)}{\Gamma\left(1 + \frac{m-s}{2}\right) \Gamma\left(\frac{1}{2} - \frac{s-\alpha-m}{2-\alpha}\right) \Gamma\left(\frac{1}{2} + \frac{s-\alpha-m}{2-\alpha}\right)} (-m-s \\ & \quad + m) \left(\frac{R}{2}\right)^{-s-1} ds = \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= -\frac{1}{2\pi i} \int_{a-i\infty}^{a+i\infty} \frac{\Gamma\left(\frac{m+s}{2}\right)\Gamma\left(\frac{m+s}{2}\right)}{\Gamma\left(1+\frac{m-s}{2}\right)} \frac{\Gamma\left(1-\frac{s-\alpha-m}{2-\alpha}\right)\Gamma\left(\frac{s-\alpha-m}{2-\alpha}\right)}{\Gamma\left(\frac{1}{2}-\frac{s-\alpha-m}{2-\alpha}\right)\Gamma\left(\frac{1}{2}+\frac{s-\alpha-m}{2-\alpha}\right)} \left(\frac{R}{2}\right)^{-s-1} ds \\
&\quad + \\
&\quad + \frac{m}{R} \cdot \frac{1}{2\pi i} \int_{a-i\infty}^{a+i\infty} \frac{\Gamma\left(\frac{m+s}{2}\right)}{\Gamma\left(1+\frac{m-s}{2}\right)} \frac{\Gamma\left(1-\frac{s-\alpha-m}{2-\alpha}\right)\Gamma\left(\frac{s-\alpha-m}{2-\alpha}\right)}{\Gamma\left(\frac{1}{2}-\frac{s-\alpha-m}{2-\alpha}\right)\Gamma\left(\frac{1}{2}+\frac{s-\alpha-m}{2-\alpha}\right)} \left(\frac{R}{2}\right)^{-s} ds = \\
&= -\frac{1}{2\pi i} \int_{a-i\infty}^{a+i\infty} \frac{\Gamma\left(\frac{m+2+s}{2}\right)}{\Gamma\left(1+\frac{m-s}{2}\right)} \frac{\Gamma\left(1-\frac{s-\alpha-m}{2-\alpha}\right)\Gamma\left(\frac{s-\alpha-m}{2-\alpha}\right)}{\Gamma\left(\frac{1}{2}-\frac{s-\alpha-m}{2-\alpha}\right)\Gamma\left(\frac{1}{2}+\frac{s-\alpha-m}{2-\alpha}\right)} \left(\frac{R}{2}\right)^{-s-1} ds \\
&\quad + \frac{m}{R} H_m^\alpha(R)
\end{aligned}$$

Во втором интеграле структура подынтегральной функции не изменилась, поэтому она совпадает с H -функцией порядка m . В первом интеграле по основному свойству гамма-функции $\Gamma(z+1) = z\Gamma(z)$ получим

$$\begin{aligned}
&\frac{1}{2\pi i} \int_{a-i\infty}^{a+i\infty} \frac{\Gamma\left(\frac{m+s}{2}\right)\Gamma\left(\frac{m+s}{2}\right)}{\Gamma\left(1+\frac{m-s}{2}\right)} \frac{\Gamma\left(1-\frac{s-\alpha-m}{2-\alpha}\right)\Gamma\left(\frac{s-\alpha-m}{2-\alpha}\right)}{\Gamma\left(\frac{1}{2}-\frac{s-\alpha-m}{2-\alpha}\right)\Gamma\left(\frac{1}{2}+\frac{s-\alpha-m}{2-\alpha}\right)} \left(\frac{R}{2}\right)^{-s-1} ds = \\
&= \frac{1}{2\pi i} \int_{a-i\infty}^{a+i\infty} \frac{\Gamma\left(\frac{2+m+s}{2}\right)}{\Gamma\left(1+\frac{m-s}{2}\right)} \frac{\Gamma\left(1-\frac{s-\alpha-m}{2-\alpha}\right)\Gamma\left(\frac{s-\alpha-m}{2-\alpha}\right)}{\Gamma\left(\frac{1}{2}-\frac{s-\alpha-m}{2-\alpha}\right)\Gamma\left(\frac{1}{2}+\frac{s-\alpha-m}{2-\alpha}\right)} \left(\frac{R}{2}\right)^{-s-1} ds
\end{aligned}$$

При таких выкладках расположение полюсов гамма-функций относительно контура интегрирования также не нарушается. Сделав замену $s = \bar{s} - 1$ получим:

$$\begin{aligned}
&\frac{1}{2\pi i} \int_{a-i\infty}^{a+i\infty} \frac{\Gamma\left(\frac{2+m+s}{2}\right)}{\Gamma\left(1+\frac{m-s}{2}\right)} \frac{\Gamma\left(1-\frac{s-\alpha-m}{2-\alpha}\right)\Gamma\left(\frac{s-\alpha-m}{2-\alpha}\right)}{\Gamma\left(\frac{1}{2}-\frac{s-\alpha-m}{2-\alpha}\right)\Gamma\left(\frac{1}{2}+\frac{s-\alpha-m}{2-\alpha}\right)} \left(\frac{R}{2}\right)^{-s-1} ds = \\
&= \frac{1}{2\pi i} \int_{a-i\infty}^{a+i\infty} \frac{\Gamma\left(\frac{1+m+s}{2}\right)}{\Gamma\left(1+\frac{m+1-s}{2}\right)} \frac{\Gamma\left(1-\frac{s-\alpha-m-1}{2-\alpha}\right)\Gamma\left(\frac{s-\alpha-m-1}{2-\alpha}\right)}{\Gamma\left(\frac{1}{2}-\frac{s-\alpha-m-1}{2-\alpha}\right)\Gamma\left(\frac{1}{2}+\frac{s-\alpha-m-1}{2-\alpha}\right)} \left(\frac{R}{2}\right)^{-s-1} ds \\
&= H_{m+1}^\alpha(R)
\end{aligned}$$

В итоге мы получили требуемое свойство: $\frac{dH_m^\alpha(R)}{dR} = \frac{m}{R} H_m^\alpha(R) - H_{m+1}^\alpha(R)$

Теперь выведем дробно-дифференциальное обобщение первого рекуррентного свойства. Справедливо следующее утверждение:

Утверждение 2.

Пусть

$$H_m^\alpha(R) = H_{24}^{21} \left[\frac{R}{2} \left| \begin{array}{c} \left(-\frac{\alpha+m}{2-\alpha}; \frac{1}{2-\alpha}\right) \left(\frac{1}{2} - \frac{\alpha+m}{2-\alpha}; \frac{1}{2-\alpha}\right) \\ \left(\frac{m}{2}; \frac{1}{2}\right) \left(-\frac{\alpha+m}{2-\alpha}; \frac{1}{2-\alpha}\right) \left(-\frac{m}{2}; \frac{1}{2}\right) \left(\frac{1}{2} - \frac{\alpha+m}{2-\alpha}; \frac{1}{2-\alpha}\right) \end{array} \right. \right]$$

Тогда

$$\begin{aligned} & \frac{d}{dR} \left(s^{-\frac{m}{2}} I_0^{\frac{\alpha}{2}} s^{m-\frac{\alpha}{2}} I_{+\infty}^{\frac{\alpha}{2}} s^{-\frac{m}{2}} H_m^\alpha(\sqrt{s}) \right)_{s=R^2} = \\ & = H_{m-1}^\alpha(R) - \frac{m}{R} \left(s^{-\frac{m}{2}} I_0^{\frac{\alpha}{2}} s^{m-\frac{\alpha}{2}} I_{+\infty}^{\frac{\alpha}{2}} s^{-\frac{m}{2}} H_m^\alpha(\sqrt{s}) \right)_{s=R^2} \end{aligned}$$

Доказательство.

Очевидно, что в предельном нулевом случае дробного параметра интегрирования это утверждение переходит в классическое левостороннее свойство. Посчитаем в левой части дробные интегралы от функции Фокса:

$$\begin{aligned} & s^{-\frac{m}{2}} I_0^{\frac{\alpha}{2}} s^{m-\frac{\alpha}{2}} I_{+\infty}^{\frac{\alpha}{2}} s^{-\frac{m}{2}} H_m^\alpha(\sqrt{s}) = \\ & = H_{24}^{21} \left[\frac{R}{2} \left| \begin{array}{c} \left(-\frac{m}{2-\alpha}, \frac{1}{2-\alpha}\right) \left(\frac{1}{2} - \frac{m}{2-\alpha}, \frac{1}{2-\alpha}\right) \\ \left(\frac{m}{2}, \frac{1}{2}\right) \left(-\frac{m}{2-\alpha}, \frac{1}{2-\alpha}\right) \left(-\frac{m}{2}, \frac{1}{2}\right) \left(\frac{1}{2} - \frac{m}{2-\alpha}, \frac{1}{2-\alpha}\right) \end{array} \right. \right] \end{aligned}$$

Далее продифференцируем новую функцию Фокса под знаком интеграла:

$$\begin{aligned} & \frac{d}{dR} H_{24}^{21} \left[\frac{R}{2} \left| \begin{array}{c} \left(-\frac{m}{2-\alpha}, \frac{1}{2-\alpha}\right) \left(\frac{1}{2} - \frac{m}{2-\alpha}, \frac{1}{2-\alpha}\right) \\ \left(\frac{m}{2}, \frac{1}{2}\right) \left(-\frac{m}{2-\alpha}, \frac{1}{2-\alpha}\right) \left(-\frac{m}{2}, \frac{1}{2}\right) \left(\frac{1}{2} - \frac{m}{2-\alpha}, \frac{1}{2-\alpha}\right) \end{array} \right. \right] = \\ & = \frac{1}{4\pi i} \int_{a-i\infty}^{a+i\infty} \frac{\Gamma\left(\frac{m+s}{2}\right)}{\Gamma\left(1 + \frac{m-s}{2}\right)} \frac{\Gamma\left(1 - \frac{s-m}{2-\alpha}\right) \Gamma\left(\frac{s-m}{2-\alpha}\right)}{\Gamma\left(\frac{1}{2} - \frac{s-m}{2-\alpha}\right) \Gamma\left(\frac{1}{2} + \frac{s-m}{2-\alpha}\right)} (-s) \left(\frac{R}{2}\right)^{-s-1} ds = \end{aligned}$$

Прибавим m в новом множителе s и разобьем интеграл на два интеграла:

$$\frac{1}{4\pi i} \int_{a-i\infty}^{a+i\infty} \frac{\Gamma\left(\frac{m+s}{2}\right)}{\Gamma\left(1 + \frac{m-s}{2}\right)} \frac{\Gamma\left(1 - \frac{s-m}{2-\alpha}\right) \Gamma\left(\frac{s-m}{2-\alpha}\right)}{\Gamma\left(\frac{1}{2} - \frac{s-m}{2-\alpha}\right) \Gamma\left(\frac{1}{2} + \frac{s-m}{2-\alpha}\right)} (-s) \left(\frac{R}{2}\right)^{-s-1} ds =$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{1}{2\pi i} \int_{a-i\infty}^{a+i\infty} \frac{\Gamma\left(\frac{m+s}{2}\right)}{\Gamma\left(1+\frac{m-s}{2}\right)} \frac{\Gamma\left(1-\frac{s-m}{2-\alpha}\right)\Gamma\left(\frac{s-m}{2-\alpha}\right)}{\Gamma\left(\frac{1}{2}-\frac{s-m}{2-\alpha}\right)\Gamma\left(\frac{1}{2}+\frac{s-m}{2-\alpha}\right)} \left(\frac{m-s}{2}\right) \left(\frac{R}{2}\right)^{-s-1} ds - \\
&\quad - \frac{m}{R} \cdot \frac{1}{2\pi i} \int_{a-i\infty}^{a+i\infty} \frac{\Gamma\left(\frac{m+s}{2}\right)}{\Gamma\left(1+\frac{m-s}{2}\right)} \frac{\Gamma\left(1-\frac{s-m}{2-\alpha}\right)\Gamma\left(\frac{s-m}{2-\alpha}\right)}{\Gamma\left(\frac{1}{2}-\frac{s-m}{2-\alpha}\right)\Gamma\left(\frac{1}{2}+\frac{s-m}{2-\alpha}\right)} \left(\frac{R}{2}\right)^{-s} ds
\end{aligned}$$

Второй интеграл Меллина-Барнса является композицией дробных интегралов от Н-функции порядка m . В первом интеграле по основному свойству гамма-функций $\Gamma(z+1) = z\Gamma(z)$ понизим порядок гамма-функции в знаменателе:

$$\begin{aligned}
&\frac{1}{2\pi i} \int_{a-i\infty}^{a+i\infty} \frac{\Gamma\left(\frac{m+s}{2}\right)}{\Gamma\left(1+\frac{m-s}{2}\right)} \frac{\Gamma\left(1-\frac{s-m}{2-\alpha}\right)\Gamma\left(\frac{s-m}{2-\alpha}\right)}{\Gamma\left(\frac{1}{2}-\frac{s-m}{2-\alpha}\right)\Gamma\left(\frac{1}{2}+\frac{s-m}{2-\alpha}\right)} \left(\frac{m-s}{2}\right) \left(\frac{R}{2}\right)^{-s-1} ds - \\
&\quad - \frac{m}{R} \cdot \frac{1}{2\pi i} \int_{a-i\infty}^{a+i\infty} \frac{\Gamma\left(\frac{m+s}{2}\right)}{\Gamma\left(1+\frac{m-s}{2}\right)} \frac{\Gamma\left(1-\frac{s-m}{2-\alpha}\right)\Gamma\left(\frac{s-m}{2-\alpha}\right)}{\Gamma\left(\frac{1}{2}-\frac{s-m}{2-\alpha}\right)\Gamma\left(\frac{1}{2}+\frac{s-m}{2-\alpha}\right)} \left(\frac{R}{2}\right)^{-s} ds = \\
&= \frac{1}{2\pi i} \int_{a-i\infty}^{a+i\infty} \frac{\Gamma\left(\frac{m+s}{2}\right)}{\Gamma\left(\frac{m-s}{2}\right)} \frac{\Gamma\left(1-\frac{s-m}{2-\alpha}\right)\Gamma\left(\frac{s-m}{2-\alpha}\right)}{\Gamma\left(\frac{1}{2}-\frac{s-m}{2-\alpha}\right)\Gamma\left(\frac{1}{2}+\frac{s-m}{2-\alpha}\right)} \left(\frac{R}{2}\right)^{-s-1} ds - \\
&\quad - \frac{m}{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}} H_m^{\alpha}(\sqrt{s}) \right)_{s=R^2} \\
&\frac{\Gamma\left(1-\frac{s-m}{2-\alpha}\right)\Gamma\left(\frac{s-m}{2-\alpha}\right)}{\Gamma\left(\frac{1}{2}-\frac{s-m}{2-\alpha}\right)\Gamma\left(\frac{1}{2}+\frac{s-m}{2-\alpha}\right)} = \frac{\Gamma\left(1-\frac{s-m+2-\alpha}{2-\alpha}\right)\Gamma\left(\frac{s-m+2-\alpha}{2-\alpha}\right)}{\Gamma\left(\frac{1}{2}-\frac{s-m+2-\alpha}{2-\alpha}\right)\Gamma\left(\frac{1}{2}+\frac{s-m+2-\alpha}{2-\alpha}\right)} \Rightarrow \\
&\Rightarrow \frac{1}{2\pi i} \int_{a-i\infty}^{a+i\infty} \frac{\Gamma\left(\frac{m+s}{2}\right)}{\Gamma\left(1+\frac{m-2-s}{2}\right)} \frac{\Gamma\left(1-\frac{s-m+2-\alpha}{2-\alpha}\right)\Gamma\left(\frac{s-m+2-\alpha}{2-\alpha}\right)}{\Gamma\left(\frac{1}{2}-\frac{s-m+2-\alpha}{2-\alpha}\right)\Gamma\left(\frac{1}{2}+\frac{s-m+2-\alpha}{2-\alpha}\right)} \left(\frac{R}{2}\right)^{-s-1} ds \\
&= \\
&= \frac{1}{2\pi i} \int_{a-i\infty}^{a+i\infty} \frac{\Gamma\left(\frac{m-1+s}{2}\right)}{\Gamma\left(1+\frac{m-1-s}{2}\right)} \frac{\Gamma\left(1-\frac{s-m+1-\alpha}{2-\alpha}\right)\Gamma\left(\frac{s-m+1-\alpha}{2-\alpha}\right)}{\Gamma\left(\frac{1}{2}-\frac{s-m+1-\alpha}{2-\alpha}\right)\Gamma\left(\frac{1}{2}+\frac{s-m+1-\alpha}{2-\alpha}\right)} \left(\frac{R}{2}\right)^{-s} ds \\
&= \\
&= H_{m-1}^{\alpha}(R)
\end{aligned}$$

В итоге мы получили требуемое свойство:

$$\begin{aligned} & \frac{d}{dR} \left(s^{-\frac{m}{2}} I_0^{\frac{\alpha}{2}} s^{m-\frac{\alpha}{2}} I_{+\infty}^{\frac{\alpha}{2}} s^{-\frac{m}{2}} H_m^\alpha(\sqrt{s}) \right)_{s=R^2} = \\ & = H_{m-1}^\alpha(R) - \frac{m}{R} \left(s^{-\frac{m}{2}} I_0^{\frac{\alpha}{2}} s^{m-\frac{\alpha}{2}} I_{+\infty}^{\frac{\alpha}{2}} s^{-\frac{m}{2}} H_m^\alpha(\sqrt{s}) \right)_{s=R^2} \end{aligned}$$

В предельном нулевом случае дробного параметра интегрирования это свойство переходит в свойство классической функции Неймана:

$$\frac{dY_m(R)}{dR} = Y_{m-1}(R) - \frac{m}{R} Y_m(R)$$

Библиографический список

[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.

[5] Учайкин В.В. Автомодельная аномальная диффузия и устойчивые законы // УФН. 2003. Т. 173, № 8. С. 847-876.

[6] Mainardi F., Pagnini G., Saxena R.K. Fox H functions in fractional diffusion // J. Comput. Appl. Math. 2015. V. 178. Pp. 321-331.

[7] Pozrikidis C. The fractional Laplacian. Boca Raton: CRC Press, 2016. 294 p.

[8] Luchko Yu. On some new properties of the fundamental solution to the multi-dimensional space- and time-fractional diffusion-wave equation // Mathematics. – 2019. – V. 5, No. 4. – #76.

[9] Vazquez J. L. Nonlinear diffusion with fractional Laplacian operators / In: Holden H., Karlsen K. (eds) Nonlinear Partial Differential Equations. Abel Symposia. V. 7. Springer, Berlin, Heidelberg, 2012. P. 271-298.

© Сорокин А.А., 2023

А.А. ЗАРЯНОВ

artemzaryanov2013@yandex.ru

mailto:ishmorat@mail.ru

Науч. руковод. – кканд. ф.-м. наук, **А.А. КАСАТКИН**

**ОЦЕНКА ЧАСТНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ПРОИЗВОЛЬНОГО ПОРЯДКА
ФУНКЦИИ, ЗАДАННОЙ В ВИДЕ КОМБИНАЦИИ ГАУССОВЫХ
РАДИАЛЬНО-БАЗИСНЫХ ФУНКЦИЙ**

Задача локализации нулей производной функций часто возникает при необходимости определить расположение седловых точек, например, при визуализации разломов алгоритмом Marching Cubes [1], и это обуславливает актуальность рассматриваемой в статье проблемы.

Пусть после интерполяции поверхности получена функция

$$f(\mathbf{x}) = \sum_{i=1}^N f_i(\mathbf{x}), \quad (1)$$

где $f_i(\mathbf{x}) = w_i e^{-\frac{\|\mathbf{x}-v_i\|_2^2}{2h}}$ – гауссова радиально-базисная функция,

$w_i \in R$, $h \in R^+$ – веса и центры соответственно,

$C = \{a_j \leq x_j \leq A_j; a_j, A_j \in R; j = 1 \dots d\}$ – исследуемая ячейка.

Будем искать оценку частных производных от данной функции в области C . Это может быть полезно, например, при оценке ряда Тейлора для функции $f(\mathbf{x})$.

Введем обозначение частных производных с мультииндексом α

$$D^\alpha f = \frac{\partial^{\alpha_1} \dots \partial^{\alpha_d} f}{\partial x_1^{\alpha_1} \dots \partial x_d^{\alpha_d}}, \quad \alpha = (\alpha_1, \dots, \alpha_d),$$

Сначала найдем оценку модуля производной порядка n функции $g(x)$, которая является линейной комбинацией одномерных гауссовых функций,

$$g(x) = \sum_{i=1}^N w_i e^{-\frac{(x-v_i)^2}{2h}}, \quad w_i, v_i \in R$$

на отрезке $[a, b] \subset R$.

Производная высшего порядка гауссовой функции может быть выражена через многочлены Эрмита.

Определение: Многочлены Эрмита определяются выражением

$$H_n(x) = (-1)^n e^{\frac{x^2}{2}} \frac{d^n}{dx^n} e^{-\frac{x^2}{2}}. \quad (2)$$

Лемма 1:

$$\frac{d^n g_i(x)}{dx^n} = (-1)^n h^{-\frac{n}{2}} H_n\left(\frac{x - v_i}{\sqrt{h}}\right) e^{-\frac{(x-v_i)^2}{2h}}$$

Определение[2]. Функция

$$\Gamma(z) = \int_0^{\infty} t^{z-1} e^{-t} dt, \operatorname{Re}(z) > 0$$

называется Гамма функцией.

Определение[2]. Функция

$$U(a, b, z) = \frac{1}{\Gamma(a)} \int_0^{\infty} e^{-zt} t^{a-1} (1+t)^{b-a-1} dt,$$

где $\operatorname{Re}(a), \operatorname{Re}(z) > 0$, называется функцией Трикоми или вырожденной гипергеометрической функцией.

Доказаны следующие теоремы:

Теорема 1.

Оценка $g^{(n)}(x)$ на отрезке $[a, b]$ задается следующим выражением

$$\left| \frac{d^n g(x)}{dx^n} \right| \leq 2h^{-\frac{n}{2}} \sum_{i=1}^N |w_i| e^{-\frac{(x-v_i)^2}{2h}} I_n\left(\frac{x - v_i}{\sqrt{h}}\right),$$

где

$$I_n(s) = \begin{cases} 2^{\frac{n-1}{2}} \Gamma\left(\frac{n+1}{2}\right), s = 0, \\ |s|^{n+1} \frac{\sqrt{\pi}}{2} U\left(\frac{1}{2}, \frac{n+3}{2}, \frac{s^2}{2}\right), s \neq 0. \end{cases}$$

Следствие.

Оценка $g^{(n)}(x)$ по модулю на отрезке $[a, b]$ задается следующим выражением

$$\left| \frac{d^n g(x)}{dx^n} \right| \leq 2h^{-\frac{n}{2}} \sum_{i=1}^N |w_i| \max e^{-\frac{(x-v_i)^2}{2h}} I_n \left(\frac{\operatorname{argmax}_{x \in \{a,b\}} |x| - v_i}{\sqrt{h}} \right),$$

$$I_n(s) = \begin{cases} 2^{\frac{n-1}{2}} \Gamma\left(\frac{n+1}{2}\right), s = 0, \\ |s|^{n+1} \frac{\sqrt{\pi}}{2} U\left(\frac{1}{2}, \frac{n+3}{2}, \frac{s^2}{2}\right), s \neq 0. \end{cases}$$

Теорема 2

Оценка $D^\alpha f$ по модулю задается следующим выражением

$$|D^\alpha f| \leq 2^d \sum_{i=1}^N |w_i| e^{-\frac{\|x-v_i\|^2}{2h}} \prod_{j=1}^d h^{-\frac{a_j}{2}} I_{\alpha_j} \left(\frac{x_j - v_{ij}}{\sqrt{h}} \right),$$

где

$$I_{\alpha_j} \left(\frac{x_j - v_{ij}}{\sqrt{h}} \right) = \begin{cases} 2^{\frac{n-1}{2}} \Gamma\left(\frac{n+1}{2}\right), x_j = v_{ij}, \\ \frac{\sqrt{\pi}}{2} \left| \frac{x_j - v_{ij}}{\sqrt{h}} \right|^{a_j+1} U\left(\frac{1}{2}, \frac{n+3}{2}, \frac{1}{2} \left(\frac{x_j - v_{ij}}{\sqrt{h}} \right)^2\right), x_j \neq v_{ij}. \end{cases}$$

Следствие.

Оценка $D^\alpha f$ по модулю в области C задается следующим выражением

$$|D^\alpha f| \leq 2^d \sum_{i=1}^N |w_i| \max_C e^{-\frac{\|x-v_i\|^2}{2h}} \prod_{j=1}^d h^{-\frac{a_j}{2}} I_{\alpha_j} \left(\frac{\operatorname{argmax}_{x \in \{a,b\}} |x - v_i|}{\sqrt{h}} \right),$$

где

$$I_{\alpha_j} \left(\frac{x_j - v_{ij}}{\sqrt{h}} \right) = \begin{cases} 2^{\frac{a_j-1}{2}} \Gamma\left(\frac{a_j+1}{2}\right), x_j = v_{ij}, \\ \frac{\sqrt{\pi}}{2} \left| \frac{x_j - v_{ij}}{\sqrt{h}} \right|^{a_j+1} U\left(\frac{1}{2}, \frac{a_j+3}{2}, \frac{1}{2} \left(\frac{x_j - v_{ij}}{\sqrt{h}} \right)^2\right), x_j \neq v_{ij}. \end{cases}$$

Библиографический список

1. B.R. de Araújo, Daniel S. Lopes, Pauline Jepp, Joaquim A. Jorge, and Brian Wyvill. 2015. A Survey on Implicit Surface Polygonization. ACM Comput. Surv. 47, 4, Article 60 (July 2015), 39.
2. Abramowitz M. and Stegun I.A. (Editors), Handbook of Mathematical Functions, National Bureau of Standards Applied Mathematics, Washington, 1964, 503-505.

© Зарянов А.А., 2023

СОДЕРЖАНИЕ

Секция 5.1. Автоматизированные системы обработки информации и управления

<i>Ибраков Э.Р.</i> Автоматизированная система управления электропривода запорно-регулирующей арматуры с возможностью получения ее состояния во время движения	3
<i>Салимгареев К.И.</i> Анализ и формирование предложений по совершенствованию бизнес-процесса составления графика отпусков	7
<i>Кононов М.А.</i> Исследование и классификация физических процессов в видеоиграх	13
<i>Кононов Н.А., Цкриалашвили Д.И.</i> Применение принципов системного анализа и семантического моделирования на этапе проектирования информационной системы для решения задачи расчета налога на доходы физических лиц, отнесенных к числу нерезидентов	18
<i>Кононов Н.А., Баландина О.А.</i> Применение системного моделирования в качестве инструмента формирования требований к информационной системе на примере бизнес-процесса конкурсного отбора	22
<i>Рахматуллина Р.И.</i> Система электронного документооборота в общеобразовательных учреждениях	26
<i>Рахматуллина Р.И.</i> Управление документооборотом в общеобразовательных учреждениях	31
<i>Юзмухаметов К.З.</i> Средства и методы OSINT.....	37
<i>Кромина А.М., Одинцов Д. Е.</i> Информационная система формирования договоров о практической подготовке обучающихся	42
<i>Данилова Е.А.</i> Автоматизация стенда по испытанию малоразмерных ГТД	47
<i>Лаврентьева Е.А., Насыров А.Р., Шайхуллин Т.Р.</i> Реинжиниринг системы информационной поддержки сотрудников машиностроительного предприятия	53
<i>Сунагатов И.Р.</i> К вопросу о повторяемости несоответствий ДСЕ на машиностроительном предприятии	57
<i>Степанян С.А.</i> Проблема частых случаев несоответствия и брака на производственном предприятии	62
<i>Красько Е.Е.</i> Проблемы внедрения информационных систем на производственные предприятия	66
<i>Бахтигареева А.Р.</i> Реинжиниринг бизнес-процесса формирования смет на базе цифровой модели здания	71
<i>Юсупова А.Р.</i> Реинжиниринг организации учебного процесса на основе технологий PROCESS MINING	75
<i>Шайхуллин Т.Р., Лаврентьева Е.А., Насыров А.Р.</i> Использование современных информационных технологий ведения проекта при	

разработке и внедрении информационной системы «Личный кабинет» на машиностроительном предприятии	81
Секция 5.2. Математическое и программное обеспечение	
<i>Искандаров И. У.</i> Аппроксимация функций. Метод наименьших квадратов	88
<i>Щербаков О.В., Пензин А.В.</i> Архитектура приложения «Виртуальный ремонтный цех»	94
<i>Дорофеев Н.Г.</i> Библиотека подсистемы управления ресурсами для игровых движков	101
<i>Сайфуллин Р.О., Шаймарданова Е.Р.</i> Бикубическая интерполяция.....	109
<i>Габдрахманов Э.Р.</i> Веб-приложение для совместного прослушивания музыки	113
<i>Силезнева А.Ю.</i> Восстановление функциональных зависимостей. Вычис- ление значений многочлена. Схема Горнера. Вычисление трансцендентных функций	119
<i>Шабрин А.А.</i> Интерполяция с помощью многочлена Лагранжа	124
<i>Кнутова П.Ю.</i> Интерполяция функций с помощью сплайна	126
<i>Иванов А.Ю.</i> Источники и классификация погрешности	131
<i>Рахимов И.Ж.</i> Математическое и программное обеспечение для поиска наилучшего маршрута доставки грузов с учетом временных окон	135
<i>Салихов Р.Н.</i> Математическое и программное обеспечение задачи ранжирования в тематическом блоке приложений	142
<i>Шаймарданова Е.Р., Сайфуллин Р.О.</i> Билинейная интерполяция	147
<i>Шаймарданова Е.Р.</i> О некорректности вычислительных задач	152
<i>Беспоясова В.А.</i> Обзор базовых видов тестирования программного обеспечения	156
<i>Савин Е.В.</i> Оценка погрешности интерполяции с помощью рекуррентного соотношения Эйткена	162
<i>Орлов Г.О.</i> Подход к визуализации тензора геомагнитного поля с использованием глифов	166
<i>Сафронов И.А., Давлетбаев Р.Р.</i> Программное обеспечение для управления системой отопления на основе платформы ARDUINO	171
<i>Никитин Н.Р.</i> Разработка веб-приложения 3D визуализации пространственных данных на примере ГИС УУНиТ	175
<i>Кашанов Р.А.</i> Решение задачи маршрутизации с учетом двумерного размещения груза внутри на базе метаэвристики «Муравьиная колония»	179
<i>Ращепкин Е.А.</i> Современные подходы к анонимизации данных и генерации наборов тестовых данных	186
<i>Мухаметзянов В.В.</i> Составление расписания для многоэтапных работ. Сравнение методов составления расписания	190

<i>Бадмаев А.Д.</i> О некоторых системах счисления с иррациональным основанием	199
Секция 5.3. Анализ данных, искусственный интеллект и машинное обучение	
<i>Алекторов Г.К., Зубов Н.Р.</i> Исследование системы обнаружения и классификации объектов дорожного движения с использованием нейронной сети PointPillars	205
<i>Гайнетдинов Р.Р.</i> Аналитический обзор методов решения для задачи прогнозирования дорожного потока	211
<i>Гиниятуллин А.И.</i> Ремасштабирование сейсмических исследований с использованием методов машинного обучения	216
<i>Давлетбаев Р.Р., Сафронов И.А.</i> Анализ составов многокомпонентных никелевых сплавов на основе методов машинного обучения	219
<i>Зиновьев М.С.</i> Современное состояние исследований в области использования машинного обучения в эндокринологии	226
<i>Моисеева А.В.</i> Разработка и создание модели интеллектуального анализа данных симптомов болезни и формирование интерпретируемых баз знаний	232
<i>Коберницкий С.С.</i> Информационно-аналитическая поддержка процесса составления рейтинга	234
<i>Улямаев Т.И.</i> Программный модуль выявления именованных сущностей в предметно-ориентированных текстовых документах	240
<i>Каракаев Т.Р.</i> Программное обеспечение для диагностики заболеваний, по КТ-снимкам лёгких с использованием нейросети	245
<i>Колотов М.А.</i> применение методов машинного обучения в задачах предсказания вероятности банкротства предприятий России	251
<i>Короткова А.А.</i> Выбор методики и факторов для оценки студенческой вовлеченности	255
<i>Косоручкина А.А., Чирко А.Д., Шапошникова А.С.</i> Анализ смертности пациентов от гипертонии в зависимости от показателей состояния организма	261
<i>Крымгужин Т.З.</i> Автоматизация тестирования на основе скриптов с использованием метода машинного обучения	267
<i>Печенкина А.В.</i> Применение методов прогнозирования с использованием машинного обучения в ведении проектной деятельности	273
<i>Покровский И.А., Латкин И.С., Казыханова Л.А.</i> Метод классификации состояния пациентов для определения заболевания сердца	279
<i>Поярков В.Н.</i> Информационная поддержка принятия решений при управлении эмоциональным состоянием сотрудников	286
<i>Салимов А.А.</i> Обзор инструментов интеллектуального проектирования и дизайна помещений	293

<i>Тараторин Н.С.</i> Сравнение методов поиска оптимального количества главных компонент при PCA на примере транскриптомных данных	297
<i>Хаертдинов А.И.</i> Современные подходы к анализу новообразований щитовидной железы с использованием методов машинного обучения	302
<i>Хамзин С.Н.</i> Анализ современного состояния в области структурирования медицинской текстовой информации	308
<i>Чуркин О.Е.</i> Текущее состояние развития больших языковых моделей и некоторые способы повышения их эффективности	314
<i>Янбердин У.М., Яппаров Р.М.</i> Искусственный интеллект в обеспечении информационной безопасности	324
<i>Яруллина А.И.</i> Улучшение продукта компании при помощи машиной обработки естественного языка	327
<i>Ефименко В.В.</i> Современные алгоритмы: обработка данных геномов и транскриптомов	331
<i>Ястребов Д.С., Зайнетдинов Ф.М., Шаяхметов Р.Д.</i> Анализ состояния области распознавания рентгеновских, КТ и МРТ снимков органов дыхания с помощью методов машинного обучения	337
<i>Зайнетдинов Ф.М., Ястребов Д.С., Шаяхметов Р.Д.</i> Анализ геномных браузеров для интеграции с биоинформационными инструментами	344
<i>Шапурко Е.В., Прищепо В.С.</i> Анализ возможностей искусственного интеллекта и областей его применения	351
<i>Пастернак А.А.</i> Проектирование модуля Python для визуализации динамически меняющихся 3D структур химического процесса	356
<i>Шишков Н.В.</i> Распознавание голоса в сфере информационных технологий	365
Секция 5.4. Вычислительная техника и защита информации	
<i>Башмаков Н.М.</i> Выявление аномальной сетевой активности, связанной с компьютерными атаками	370
<i>Атарская Е.А.</i> Система обнаружения аномалий на основе анализа журнала событий	377
<i>Заид Алкилани М.О.</i> Определение информационных субъектов и объектов доступа в промышленной (технологической) сети для разработки политики разграничения доступа	383
<i>Кузнецов И.П., Нагорный И.В., Московский В.И.</i> Динамический анализ вредоносных программ с помощью песочницы Cuckoo	388
<i>Иванко В.О., Семёнов В.С., Гизитдинов Р.А.</i> Обзор существующих киберполигонов	394
<i>Алчинов М.Г.</i> Vulnerability management (Управление уязвимостями)	399
<i>Крылов Р.В., Галлямов Р.И.</i> Анализ российских DLP-систем	405
<i>Гусейнов Б.Э., Аитбаев В.С., Фурсов Н.Ю.</i> Информационная безопасность ПЛК в АСУТП	410

<i>Бакулин М.А.</i> Техника сетевой атаки ARP-spoofing. Методы обнаружения и предотвращения	414
<i>Усов С.С.</i> Методы обнаружения текста, сгенерированного с помощью нейронной сети ChatGPT-3.5 в научных работах с помощью сайта Антиплагиат	419
<i>Миханько А.Д., Самойлов М.Е., Сапожников М.А.</i> Обзор ведущих отечественных SIEM	427
<i>Грохотов В.А.</i> Методы обнаружения вредоносного программного обеспечения	433
<i>Ахметова Д.А., Мечкаев А.А.</i> Безопасность контейнеров приложений: угрозы и решения	440
<i>Мечкаев А.А., Галиахметова Д.Д., Ахметова Д.А.</i> Распознавание именованных сущностей в специализированных текстах с помощью моделей машинного обучения	447
<i>Ахметов Т.Р., Салимов Т.Р.</i> Анализ методов обнаружения и предотвращения атак на сетевую безопасность	450
<i>Михайлова Е.В.</i> Методы автоматизации установки ALD Pro и решение сопутствующих проблем	456
<i>Сафиуллин И.Т.</i> О функциональном программировании	459
<i>Сабитов Р.Р.</i> Исследование проблем безопасности в IoT-устройствах и методы защиты	463
<i>Гаврилов Д.В.</i> Важность разработки игр по информационной безопасности	469
Секция 5.5. Геоинформационные системы	
<i>Айкашев И.А., Макаров Е.О.</i> Разработка сервиса аутентификации и авторизации для ГИС-приложения «Геопарки РБ»	471
<i>Беляева Ю.П.</i> Разработка системы паспортизации объектов водопроводных сетей в ГИС QGIS	475
<i>Ван А.И.</i> Разработка алгоритмов оптимизации веб-приложения ГИС УУНиТ	481
<i>Витвинова И.И., Атнабаев А.Ф.</i> Разработка цифрового двойника системы отопления с применением ГИС-технологий	488
<i>Гончар А.Д., Нигматуллин А.В.</i> Анализ и концептуальное проектирование геопортала «Янган-тау»	494
<i>Иликбаева Р.В., Хабибуллин А.И.</i> Инфологическая модель при проектировании базы данных ГИС УУНиТ	499
<i>Калганов А.С., Бирюков В.В.</i> Геоинформационная система для визуализации данных геофизических наблюдений морских арктических экспедиций	504
<i>Кинзин Т.И.</i> Приложение для упрощений перевода координат	518

<i>Миронова У.С.</i> Разработка подсистемы информационной поддержки деятельности бюро расписаний в составе ГИС УУНиТ	521
<i>Нигматуллин А.В., Гончар А.Д., Макаров Е.О.</i> Модель архитектуры геопортала «Геопарки Республики Башкортостан»	526
<i>Осипенко А.А.</i> Порталы геопарков	532
<i>Хабибуллин А.И., Иликбаева Р.В.</i> Разработка информационно-справочной подсистемы в составе ГИС УУНиТ на основе свободного программного обеспечения	538
<i>Ясаков В.И., Муллагулов А. А., Амиров А.А.</i> Информационная поддержка процесса обслуживания инженерных коммуникаций на основе ГИС-технологий	544

**Секция 5.6. Анализ, обработка и моделирование
пространственных данных**

<i>Асадуллин Д.Р., Мартышко Е.К.</i> Использование нейронной сети для размещения камеры в помещениях и управления ими	549
<i>Гильванов К.В.</i> Анализ возможности геоинформационных систем для проведения поисково-спасательных операций	552
<i>Даутов Р.А.</i> Геоинформационные системы и геодезия: интеграция данных для точной пространственной информации	555
<i>Исмагилов А.Р.</i> Перспективы применения искусственного интеллекта в геоинформационных системах	560
<i>Латин А.Н.</i> Информационная система распознавания и оцифровки аскаплов	563
<i>Мухаметов Д.И., Шаймарданов Д.А.</i> Разработка алгоритма принадлежности сетевых устройств к сетям на основе их топологических отношений в ГИС	567
<i>Нуриев Б.А., Ильясов Р.Р.</i> Проектирование цифровых двойников для создания экосистемы «Умный кампус УУНиТ» на базе ГИС-технологий.....	574
<i>Попов А.С.</i> Прогнозирование полярных сияний с применением методов машинного обучения	579
<i>Соколова А.А.</i> Мобильная информационная система для прогнозирования полярных сияний на базе технологии Яндекс «Онлайн карты»	585
<i>Трушников Д.А.</i> Визуализация геофизических данных	591
<i>Шаймарданов Д.А., Мухаметов Д. И.</i> Навигация в университете: решение проблемы маршрутизации внутри корпусов и поиска аудиторий	596
<i>Шайхинуров Т.А.</i> Использование машинного обучения для классификации объектов при векторизации растровых данных	601
<i>Юдина А.И.</i> Использование геоинформационных систем для прогнозирования и предотвращения экологических рисков	604

<i>Шишков Н.В.</i> Распознавание голоса в сфере информационных технологий	608
<i>Насырьянова Р.Б.</i> Представление геологических разрезов в геоинформационных системах	611
<i>Парсаданян А.А.</i> Разработка информационной системы для учёта и хранения костюмов и реквизитов	616

Секция 5.7. Системный анализ, управление и информационные технологии

<i>Кочурова Е.А.</i> Анализ информационных систем. Сервис хранения и передачи заявок.....	620
<i>Кромина А.М.</i> Информационная система комплексного исследования психологического состояния для обучающихся	625
<i>Муратова А.И., Логанова В.С.</i> Цифровая трансформация: кадровая политика ИТ в подразделениях организаций	629
<i>Панпе Д.В.</i> Методы обнаружения и противодействия DGA	635
<i>Рамазанов Б.Р.</i> Обучение нейронной сети для распознавания деталей по цвету на основе Arduino Uno	641
<i>Давлиева А.С.</i> Повышение эффективности управления функциональной безопасностью аппаратно-программного комплекса при интенсивной внешней нагрузке	646
<i>Ханнанов Н.К.</i> Разработка оптимальных решений для упаковки сложных трехмерных объектов в прямоугольный контейнер на основе дискретно-логического представления информации	649
<i>Тимофеева К.Ю.</i> Имитационное моделирование системного архетипа «Трагедия общих ресурсов»	654

Секция 5.8. Моделирование и исследование операций в организационно-технических системах

<i>Сомов А.А., Ниязмуллина К.И.</i> Распознавание и классифицирование объектов с помощью нейронных сетей	659
<i>Гарифуллин Т.И.</i> КОТ. Краткие Отзывы о Товарах	664
<i>Глуценко В.А., Шундеев А.В., Шлёнкин Д.В.</i> Моделирование и визуализация запуска ракеты носителя со стартового комплекса	670
<i>Глуценко В.А., Шлёнкин Д. В.</i> Трёхмерное визуальное моделирование полета и стабилизации беспилотного летательного аппарата (БПЛА)	676
<i>Ибатуллин М.Р.</i> Программная система для обучения химии на основе VR-технологий. Подсистема Web-тьютор	683
<i>Кузнецова А.А., Сергеева А.Е.</i> Исследование влияния характеристик зданий на теплопотребление с применением языка R	687
<i>Кузьмина А.И.</i> Методы решения задачи формирования коллектива исполнителей для IT-сервисной компании	690

<i>Мамыкин А.Е.</i> Создание графических эффектов на изображении фрактального дерева	694
<i>Мухаметов М.Р.</i> Программа обхода препятствий для подвижной платформы на основе Arduino	699
<i>Сергеев Д.С.</i> Разработка виртуального окружения в VR лаборатории по химии	703
<i>Сергеева А.Е., Кузнецова А.А.</i> Исследование влияния показателей средне-суточной температуры на теплотребление с использованием языка R ...	708
<i>Фальшунова Д.Е.</i> Применение алгоритма оптимизации распределения для решения задачи автоматизации оперативного управления трудовыми ресурсами крупных производственных компаний	713
<i>Шерстнев П.А.</i> Подсистема взаимодействия обучающегося с виртуальным окружением VR лаборатории по химии	717
<i>Шерстнев П.А., Сергеев Д.С., Ибатуллин М.Р.</i> Разработка программной системы для поддержки практического цикла обучения химии	722
<i>Шлёнкин Д.В., Глуценко В.А., Минасов Ш. М.</i> Повышение эффективности интерфейса системы планирования расписания учебного процесса	727
<i>Шундеев А.В., Глуценко В.А., Шлёнкин Д.В., Саблин Д. П.</i> Геймификация процесса обучения, фокусирующегося на изучении темы топографические карты	731
<i>Сидоров Д.С.</i> Система подбора справочных данных и классификаторов для выполнения расчетов фитингов	738
Секция 5.9. Математическое и компьютерное моделирование	
<i>Абдулов И.А.</i> Триангуляция с учетом дополнительных ребер	741
<i>Аллаяров Р.Д.</i> Цифровое имитационное моделирование производственных систем	746
<i>Бадретдинов А.И.</i> Численное решение дробно-дифференциального уравнения Кортевега-де Фриза-Бюргерса	751
<i>Гиматова Р.Р.</i> Исследование моделей с конкурирующими событиями на примере рестеноза сосудов	755
<i>Горячев М.А.</i> Дифференциальный кодек нестационарных сигналов с применением нейронных сетей	758
<i>Гумеров И.И.</i> Квантовый алгоритм приближенной оптимизации	763
<i>Добровольцев А.С.</i> Исследование подходов к повышению параллельной эффективности расчетов гидродинамических моделей нефтегазовых месторождений на кластерных системах	768
<i>Каримова Г.Р.</i> Акустические волны на границе раздела двух сред	771
<i>Киреева А.Р.</i> Пространственная статистика на примере сердечно-сосудистых заболеваний	776
<i>Козлова А.Ю.</i> Континуальная модель несомой дисперсной среды	778

<i>Муратшин И.И.</i> Квантовые случайные блуждания по одномерной решетке и гиперкубу	781
<i>Наливкин В.В.</i> Симметричный анализ нелинейного уравнения Клейна-Гордона со слабой диссипацией	788
<i>Привалов Л.Ю.</i> Варианты численного решения гидродинамической системы графа перетоков	794
<i>Сафина А.А.</i> Технологии и алгоритмы оптимального комплексирования методов изучения физических объектов	799
<i>Спеле А.В.</i> Алгоритм построения сегментации неоднородной среды по границам сегментов нескольких сигналов	803
<i>Спеле В.В.</i> Численное моделирование распространения монохроматической волны в среде со степенной пространственной нелокальностью методом возмущений	806
<i>Султанов М.Ф.</i> Симметрии дробно-дифференциального обобщения уравнения Шредингера с производными Маршо	809
<i>Файзрахманов Ш.Ф.</i> Автомодельные радиальные решения обобщенной системы уравнений газовой динамики	814
<i>Садриев С.Р., Шишенин Н.В.</i> Исследование попятного движения планет в солнечной системе на основании компьютерного моделирования движения тел в солнечной системе	819
Секция 5.10. Математическое моделирование и вычислительная математика	
<i>Галлямитдинов И.И.</i> Групповая классификация некоторых обобщений уравнения Островского	825
<i>Кириллова Е.А., Коняев Ю.С.</i> Применение математического пакета Maple к вероятностным расчетам дробных возрастов	831
<i>Абдрахманов С.И.</i> Стохастическое нелинейное уравнение конвективной диффузии	835
<i>Насырова Д.А.</i> О собственных колебаниях жидкости в горизонтальной скважине, сообщающейся с пластом	839
<i>Сафиуллин А.Р.</i> Исследование влияния начальных параметров среды на акустическую волну в пузырьковой жидкости	843
<i>Фаттахов С.Р.</i> Исследование динамики волн давления в канале с пузырьковым кластером в форме тора и диска	848
<i>Денисов Б.А.</i> Моделирование гидравлического удара в трубах	852
<i>Загитов Р.Р.</i> Обобщение точного решения неустановившихся движений несжимаемой жидкости с линейным полем скоростей	858
<i>Сорокин А.А.</i> Некоторые свойства решений одного дробно-дифференциального обобщения уравнения Бесселя	863
<i>Зарянов А.А.</i> Оценка частных производных произвольного порядка функции, заданной в виде комбинации гауссовых радиально-базисных функций	869

При подготовке электронного издания использовались следующие программные средства:

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

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.

Научное издание

МАВЛЮТОВСКИЕ ЧТЕНИЯ

Том 5

Материалы

XVII Всероссийской молодёжной научной конференции

(г. Уфа, 21 – 23 ноября 2023 г.)

Электронное издание сетевого доступа

*За достоверность информации, изложенной в статьях,
ответственность несут авторы.*

Статьи публикуются в авторской редакции

Подписано к использованию 27.12.2024 г.

Гарнитура «Times New Roman». Объем 23,18 Мб.

Заказ 306.

*ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий»
450008, Башкортостан, г. Уфа, ул. Карла Маркса, 12.*

Тел.: +7-908-35-05-007

e-mail: ric-bdu@yandex.ru