

МАВЛЮТОВСКИЕ ЧТЕНИЯ

Том 5

Материалы
XVIII Всероссийской молодёжной научной конференции
(г. Уфа, 25 – 29 ноября 2024 г.)

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

МАВЛЮТОВСКИЕ ЧТЕНИЯ

Том 5

*Материалы
XVIII Всероссийской молодёжной научной конференции*

(г. Уфа, 25 – 29 ноября 2024 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 № 4 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**,
д-р техн. наук, профессор **Н.М. Шерыхалина** (*секция 5.2*);
канд. техн. наук, доцент **Е.Ю. Сазонова**,
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*);
ассистент **Н.К. Ханнанов** (*секция 5.8, секция 5.11*);
канд. физ.-мат. наук, доцент **С.С. Поречный** (*секция 5.9*);
канд. физ.-мат. наук, доцент **Ю.В. Юлмухаметова** (*секция 5.10*)

Мавлютовские чтения: материалы XVIII Всероссийской молодежной науч-
М12 ной конференции (г. Уфа, 25 – 29 ноября 2024 г.) / отв. ред. А.Ф. Кужаев /
в 9 т. Т. 5. [Электронный ресурс] / Уфимск. ун-т науки и технологий.
– Уфа: РИЦ УУНиТ, 2024. – 990 с. – URL: [https://uust.ru/digital-
publications/2024/309.pdf](https://uust.ru/digital-publications/2024/309.pdf) – Загл. с титула экрана.

ISBN 978-5-7477-6015-8

Том 5: ISBN 978-5-7477-6054-7

В 5-й том сборника материалов конференции вошли статьи секций 5.1–5.11.

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

ISBN 978-5-7477-6054-7 (том 5)
ISBN 978-5-7477-6015-8

УДК 004.9
ББК 32.973-018.2
© УУНиТ, 2024

СЕКЦИЯ 5.1 АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ

УДК 658.8.012.25

Е.А. ДРОНЬ, К.Ф. МУСЛИМОВА

484644sogl@mail.ru

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

Уфимский университет науки и технологий

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ 1С: ПРОИЗВОДСТВО В СООТВЕТСТВИИ С МЕТОДОЛОГИЕЙ ERP

Аннотация: в данной статье рассматривается проект разработки информационной системы на базе платформы 1С: Предприятие. Ключевой момент – заказ на производство продукции.

Ключевые слова: информационная система, заказ на производство, производство, 1С: Предприятие.

Введение

Предприятиям, имеющим собственное производство, необходима автоматизация заказа на производство, так как одним из главных составляющих является рассмотрение заказа.

Предметом исследования является деятельность по реализации проектов, в частности управление по срокам выполнения проектов с декомпозицией на задачи, ответственных исполнителей.

Задачами исследования являются:

- рассмотрение принципов функционирования методологии ERP в части автоматизации производства;
- формирование системной модели исследуемого процесса;
- разработка информационной системы «1С: Производство».

1. Процесс рассмотрения заказов.

Для работы производства необходимо рассматривать получаемые заказы для дальнейшего составления планов по закупкам и производству. Заказчик отправляет заявку, которую принимает отдел продаж, далее ее обрабатывают и отправляют в планово-экономический отдел (ПЭО). ПЭО, в свою очередь, анализируют запасы на складе и отправляют заказ на производство в производственно-диспетчерский отдел (ПДО). В ПДО создается и регулируется очередь заказов, на основе которой работает цех.

На рис. 1 представлена мнемосхема предлагаемого процесса рассмотрения заказа.

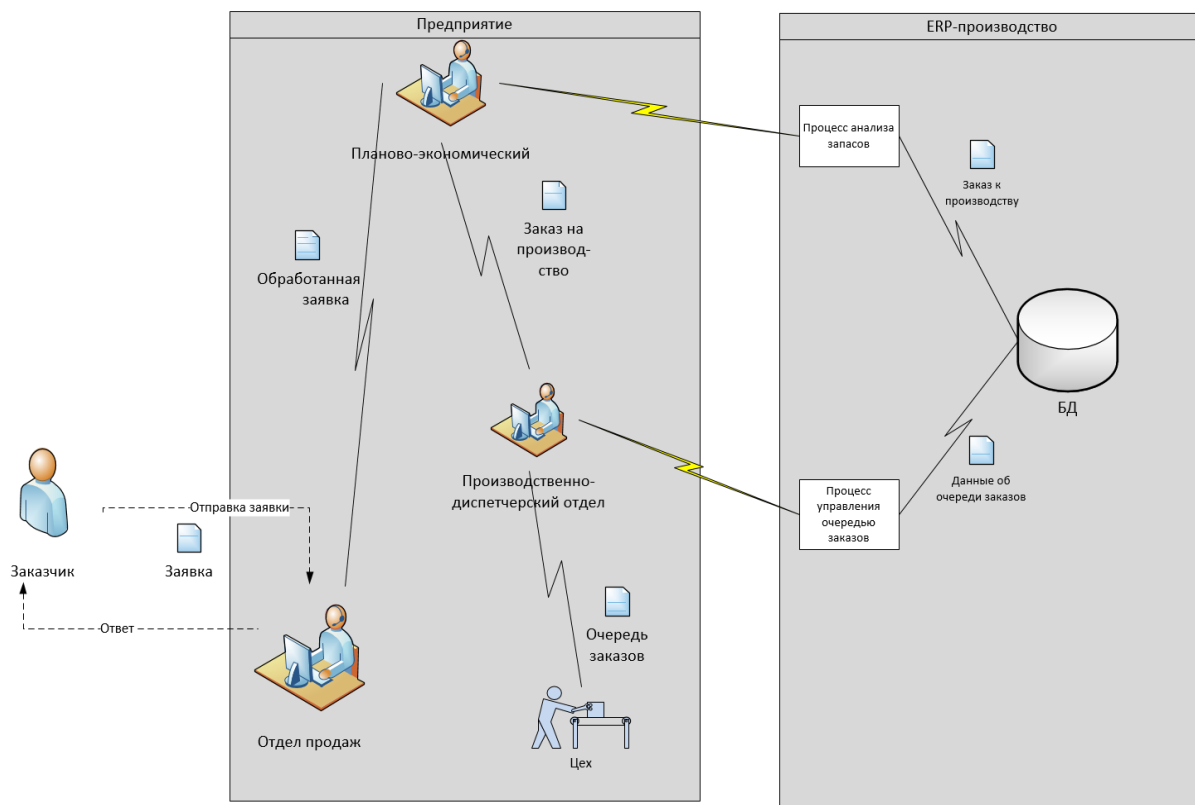


Рис. 1. Мнемосхема предлагаемого процесса рассмотрения заказов

На рис. 2 представлена декомпозиция контекстной диаграммы, на котором можно увидеть этапы, какие отделы ответственны за какие этапы и необходимые входные данные для работы системы.

Работник отдела продаж должен заполнить форму заявки, для добавления в очередь и отправления в ПЭО. Работник планово-экономического отдела обрабатывает заявку и переводит ее в заказ на производство. Работник ПДО утверждает заказ на производство и составляет техническое задание для производства согласно ГОСТам. ТЗ направляется в цех для начала работ.

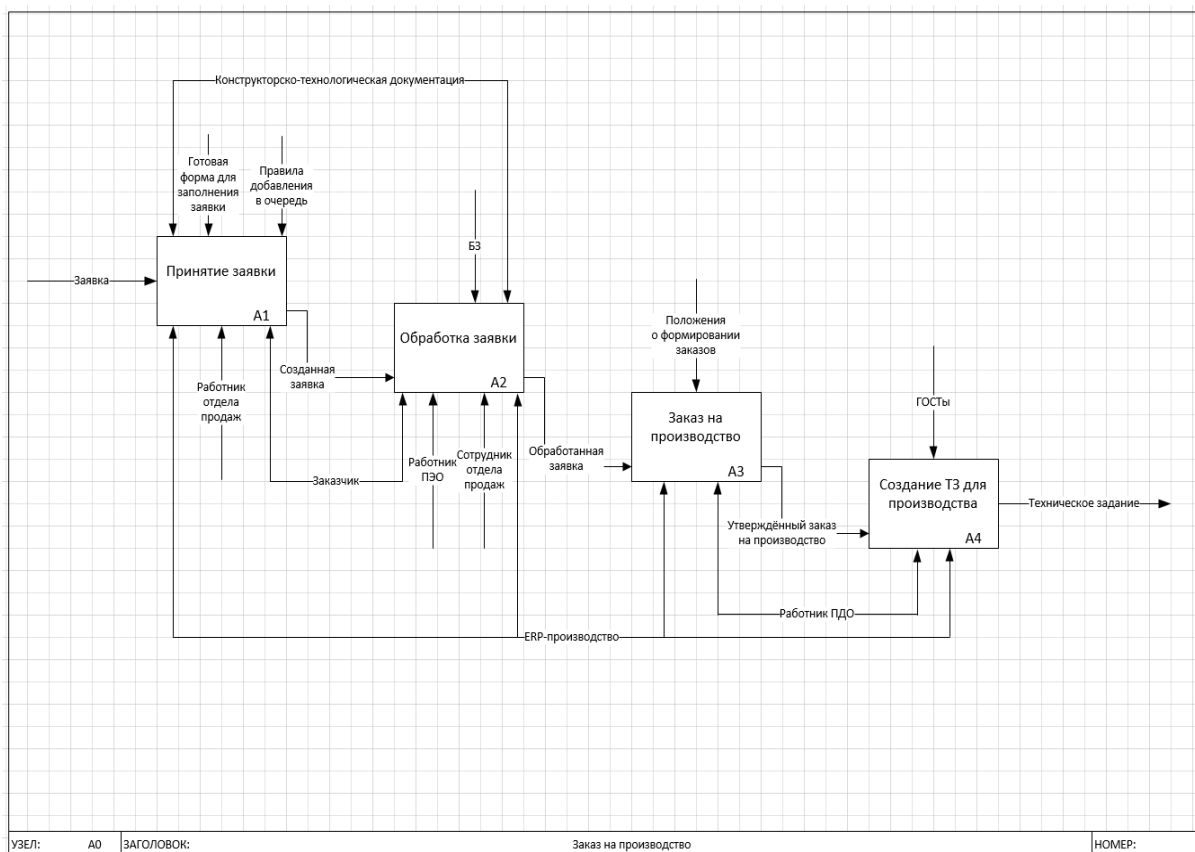


Рис. 2. Декомпозиция контекстной диаграммы предлагаемого процесса рассмотрения заказов

Дерево функций системы изображено на рис. 3. Основным документом является «Заказ на производство». Имеются еще два документа: «Управление очередью заказов» и «Заявка». В справочниках есть «Номенклатура» с перечислением производимых товаров; «Сотрудники» с перечнем сотрудников, их кодов и отделом; «Подразделения» со списком всех подразделений (отделов) предприятия; также есть «Клиенты». Отчет в данной системе один – «Отчет по заказам на производство», в котором есть номер заказа, название и количество продукции.

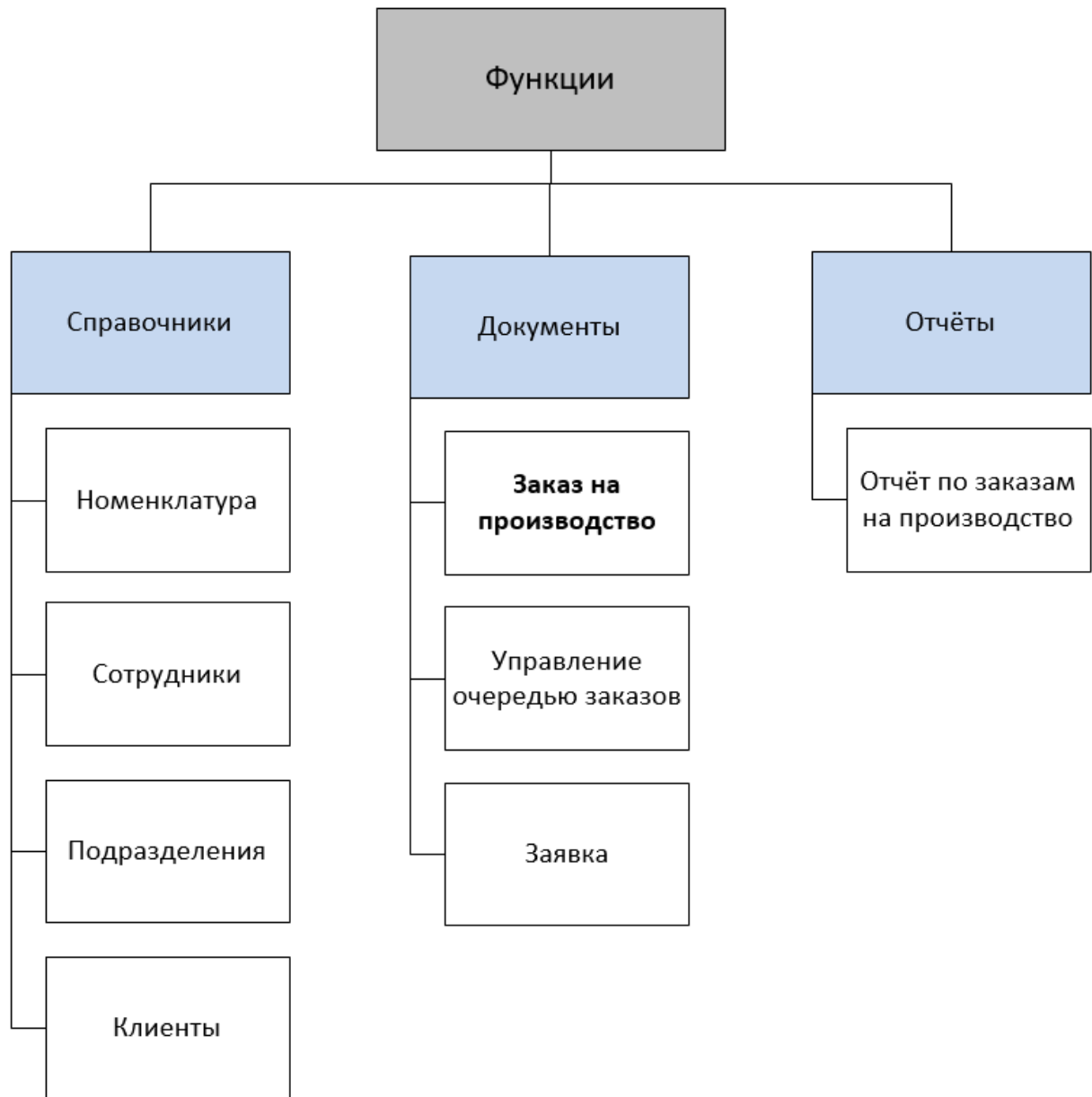


Рис. 3. Дерево функций системы

Схемы алгоритмов работы оператора в информационной системе представлены на рис. 4. От лица работника отдела продаж: после запуска 1С:ERP Производство нужно перейти в подсистему «Заявки» и создать заявку, заполнив необходимые данные, после добавить табличную часть и заполнить ее. Провести и закрыть заявку. От лица работника планово-экономического отдела: после запуска 1С:ERP Производство перейти во вкладку «Заказ на производство» и создать заказ на основе заявки, выбрав ее номер. Заполнить остальные данные, добавить табличную часть и заполнить данные. Перейти на вкладку «Продукция» в табличной части и заполнить эту часть. Провести и закрыть заказ на производство.

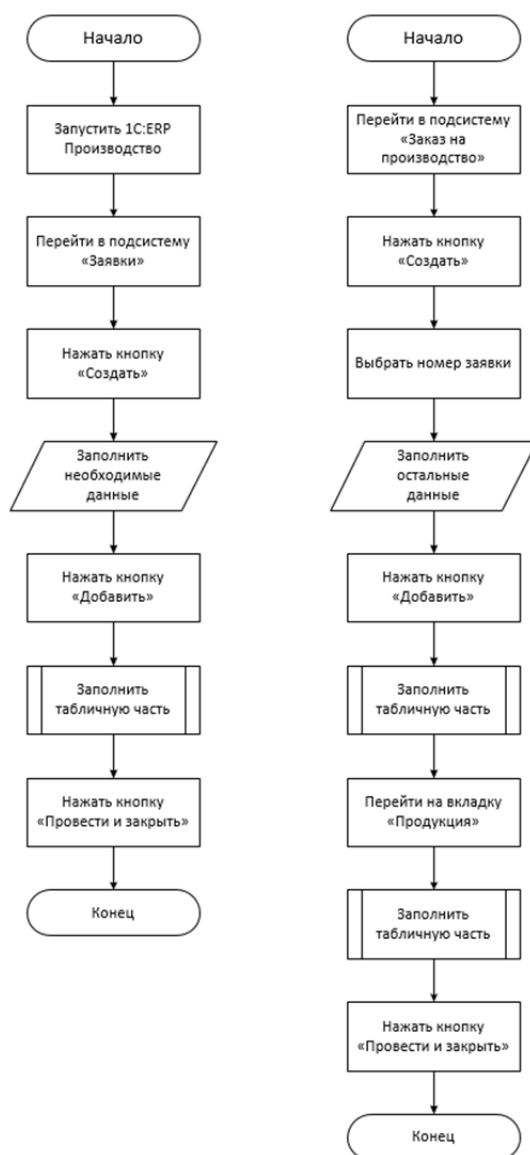


Рис. 4. Схемы алгоритма работы оператора в информационной системе

На основании системного проекта разработана система 1С: Производство на платформе 1С: Предприятие. Экранная форма «Заявка» показана на рис. 5.

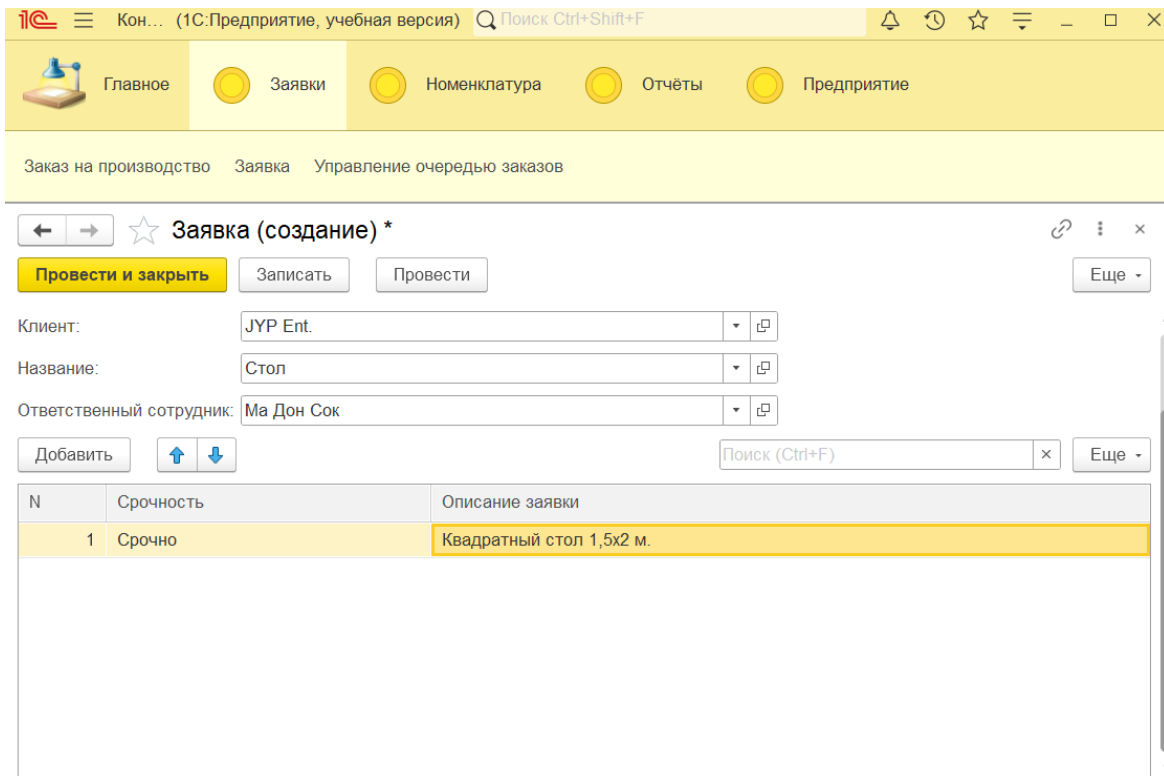


Рис. 5. Экранная форма «Заявка»

На рис. 6 представлена экранная форма «Заказ на производство».

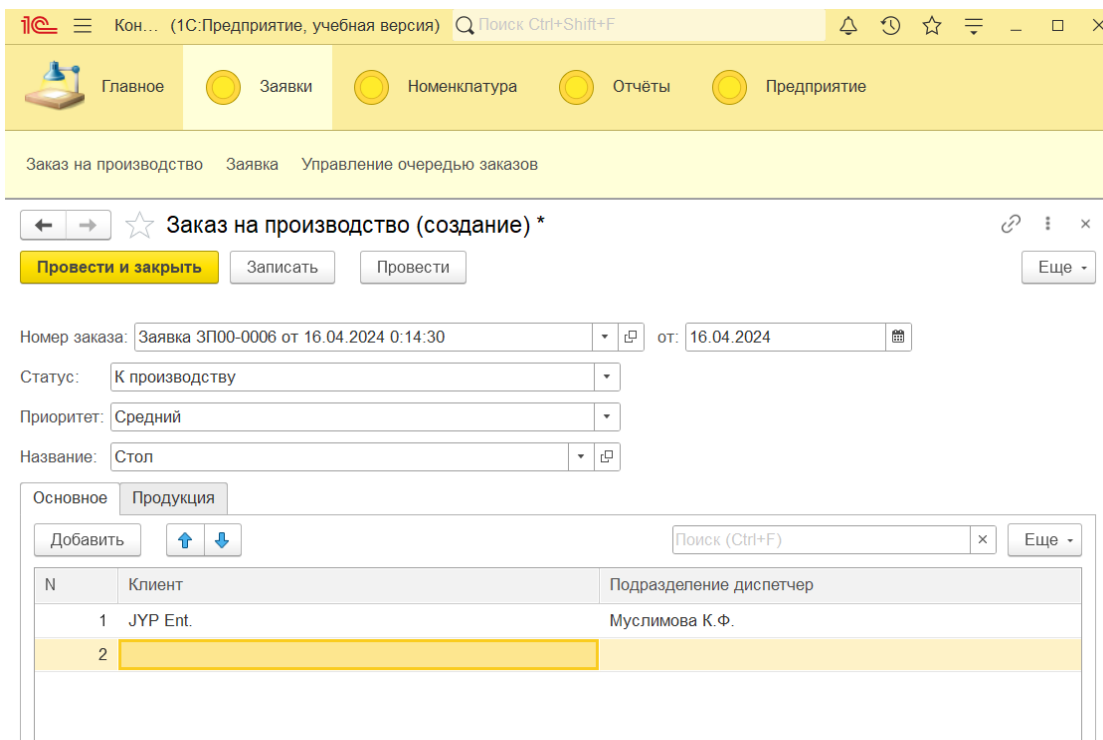
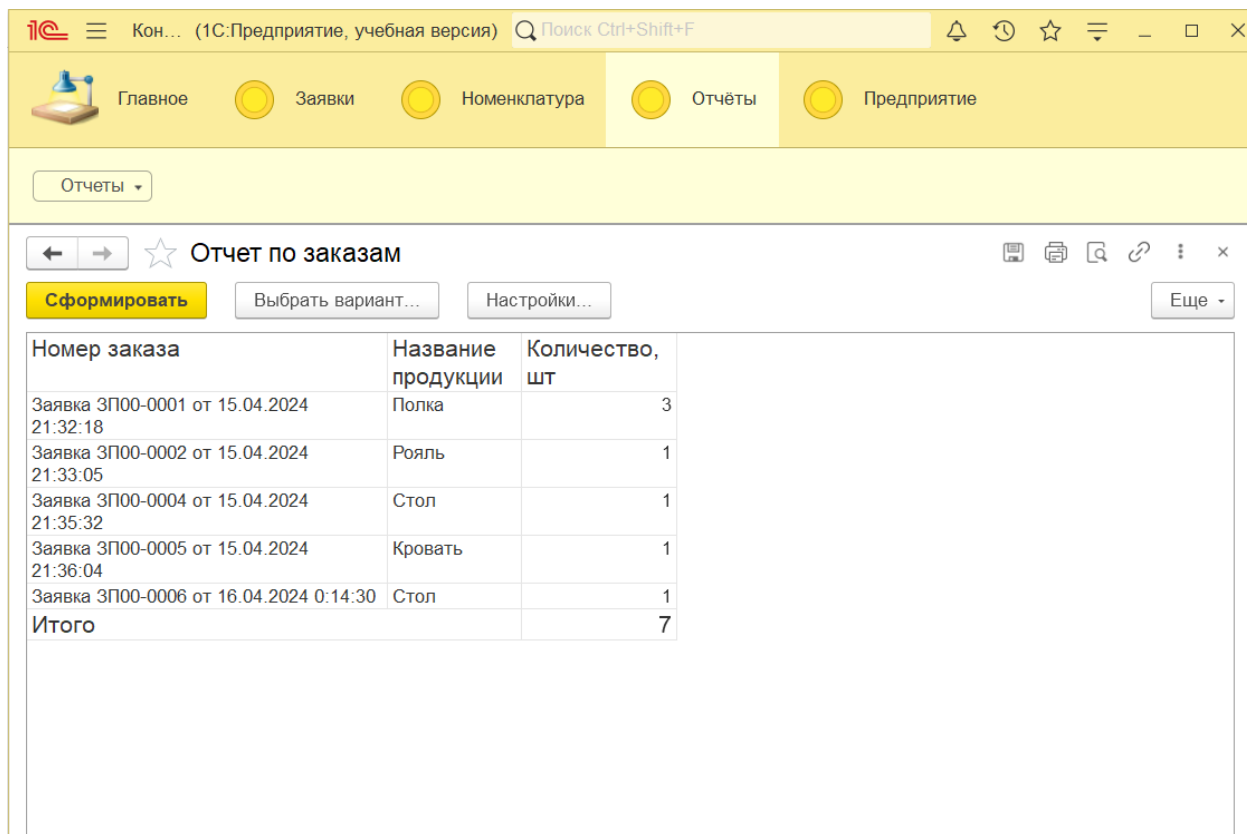


Рис. 6. Экранная форма создания заказа на производство.
Табличная часть «Основное»

«Отчет по заказам» представлен на рис. 7.



Номер заказа	Название продукции	Количество, шт
Заявка ЗП00-0001 от 15.04.2024 21:32:18	Полка	3
Заявка ЗП00-0002 от 15.04.2024 21:33:05	Рояль	1
Заявка ЗП00-0004 от 15.04.2024 21:35:32	Стол	1
Заявка ЗП00-0005 от 15.04.2024 21:36:04	Кровать	1
Заявка ЗП00-0006 от 16.04.2024 0:14:30	Стол	1
Итого		7

Рис. 7. Экранная форма «Отчет по заказам»

Проведено исследование принципов проектирования подсистемы «Производство» по методологии ERP-систем. Выполнен системный проект методом структурного моделирования. Была построена функциональная модель процесса управления производством, где одним из главных элементов является заказ на производство, определены функции системы, и разработан алгоритм работы подсистемы «Производство». В качестве программного продукта для разработки собственной подсистемы «Производство» выбрано 1С: Предприятие. Конечным результатом является разработка модуля «1С: Производство» на основе данных системного проекта.

Библиографический список

1. Алистарова Н.В. Разработка функциональных моделей производства // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2017. № 3. С. 447–457.
2. Казначеевская Т.В. Внедрение технологии информационного моделирования: проблемы и пути их решения // Молодой ученый. 2018. № 19. С. 103–105.

3. Карпова П.В. Информационное моделирование как поэтапный способ перехода на новый уровень проектирования // Молодой ученый. 2018. № 47. С. 41–43.

4. Петрушевская В.В. Системно-динамическая модель управления // Финансовые исследования. 2015. № 47. С. 190–195.

© Дронь Е.А., Муслимова К.Ф., 2024

И.Р. СУНАГАТОВ

Sunagatov.I@outlook.com

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

Уфимский университет науки и технологий

К ВОПРОСУ ОБ УПРАВЛЕНИИ СБОРКОЙ ИЗДЕЛИЙ НА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРЕДПРИЯТИИ

Аннотация: в данной статье рассматривается реинжиниринг процесса сборки изделий на машиностроительных предприятиях с использованием автоматизированных систем подбора узлов. Основной акцент сделан на исключении «ложной сборки», возникающей из-за неподходящих узлов, что снижает производительность и увеличивает затраты. Предложенная система автоматизирует подбор и проверку узлов, включая адаптацию параметров (например, подрезку), а также фиксирует все данные об изделии для формирования уникального номера и отслеживания его истории. Это позволяет уменьшить количество ошибок, исключить дополнительные операции по доработке узлов, повысить производительность и сократить время сборки.

Ключевые слова: ложная сборка; изделие; подбор узлов; подрезка; машиностроительное предприятие.

Одной из главных задач современных машиностроительных предприятий является повышение эффективности и минимизация рисков на всех этапах сборки продукции и производственных процессов. Одним из главных процессов в машиностроении является сборка изделий, для этого требуется точные расчеты для подбора и установки узлов в изделие. Ошибки на данном этапе могут привести к полной или частичной разборке изделия или узлов, что снижает производительность производства и увеличивает затраты компании.

Один из способов решения данной проблемы является реинжиниринг процесса управления сборкой изделия с использованием автоматизированных систем подбора узлов. Эти системы помогут исключить «Ложную сборку», когда изделие собирается с неподходящими узлами, требующими последующие корректировки и полную или частичную разборку изделия. Так же в предложенной системе будет возможность адаптации узлов на месте (подрезка), что позволит избежать дополнительных логистических и производственных операций по возвращению узлов на этапы доработки.

В данной работе рассмотрены аспекты внедрения автоматизированной системы подбора узлов для сборки изделий на машиностроительном предприятии. Предлагаемая система обеспечит оптимизацию процесса сборки изделий, исключит «Ложную сборку» и ошибки на этапах подбора узлов. Также позволит формировать уникальные номера изделий с учетом индивидуальных характеристик каждого узла.

Процесс сборки изделия – это сложная операция, которая состоит из множества этапов, включающую последовательную сборку узлов. У каждого узла есть свои параметры, допуски и стандарты, которые ни в коем случае не должны быть нарушены, в противном случае узел будет отправлен на разборку с последующим выявлением несоответствия.

Ложная сборка – процесс, когда узлы устанавливаются на свои места, но в результате выявляют несоответствие, которое приводит к полной разборке изделия, замене узлов и повторной сборке. Такой процесс очень трудоемкий и может уменьшить время сборки изделия в 2-3 раза больше, плюсом добавляется время на замену узлов, потому что узел надо отправить обратно и забрать новый. Причин ложной сборки может быть много, например отклонения, которые могут быть незаметны на этапе подбора, но критичны после физической сборки.

Процесс сборки изделия на машиностроительном предприятии проходит через несколько этапов, начиная с запуска производственного заказа и заканчивая готовностью изделия к испытаниям. Этот процесс включает в себя множество контрольных точек и операций, направленных на проверку параметров собранных узлов и устранение возможных несоответствий (рис. 1).

На первом этапе происходит запуск производственного заказа, который инициирует начало сборки узла. После этого начинается непосредственная операция по сборке, в ходе которой все элементы узла собираются в единое целое. Важным моментом является фиксация параметров узла, таких как его размеры и другие ключевые характеристики. Эти данные затем вносятся в систему, где они проверяются на соответствие установленным допускам.

Следующий этап – это проверка, находятся ли параметры узла в допустимых пределах. Если узел соответствует допускам, он переходит на следующую стадию, где формируется отчет по сборке, и данные передаются на последующие этапы производства. Однако если узел не соответствует требованиям, начинается процедура выявления несоответствий.

В случае обнаружения несоответствий происходит несколько возможных сценариев. Если проблемы незначительны, может быть проведена операция по подрезке узла для приведения его параметров в соответствие с допусками. Если же узел не поддается корректировке, он может быть заменен другим узлом, соответствующим всем требованиям. В

более сложных случаях, когда устранить проблему невозможно, выполняется полная разборка узла, после чего он отправляется на доработку или переработку.

Если все узлы успешно проходят контроль и находятся в пределах допустимых значений, для изделия создается соответствующая документация, фиксирующая параметры сборки. После этого изделие присваивается уникальный номер, который позволяет отследить его историю и характеристики на всех этапах производства. Завершающим этапом является готовность изделия к испытаниям, что подтверждает успешное завершение процесса сборки.

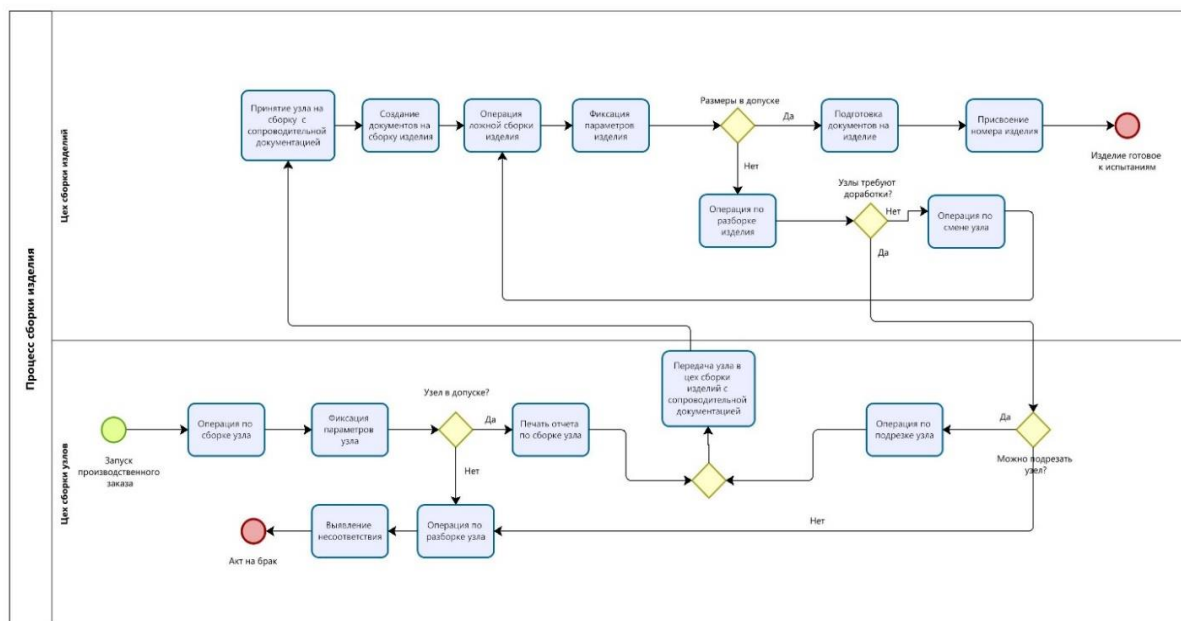


Рис. 1. Существующий процесс сборки изделия

Одной из ключевых проблем в существующем процессе является так называемая ложная сборка. Такая ложная сборка существенно увеличивает затраты времени и ресурсов. Также многоэтапные проверки и корректировки узлов, такие как подрезка или замена, добавляют дополнительные шаги в процесс, что замедляет общую производительность.

Предлагаемый процесс сборки изделия на машиностроительном предприятии представляет собой автоматизированную систему, которая значительно уменьшает время сборки изделия и полностью избавляет от процесса ложной сборки. Основная цель этого процесса – минимизация количества ошибок и снижение затрат на операции по ложной сборке за счет автоматизированного подбора узлов и корректировок (рис. 2).

Процесс начинается с запуска производственного заказа на сборку узлов. После этого проводится операция по сборке узла, на которой все параметры узла фиксируются и заносятся в систему. На данном этапе происходит автоматическая проверка узла на соответствие установленным

допускам. Если параметры узла не соответствуют допускам, система фиксирует выявленные несоответствия, и принимается решение о дальнейшем ходе действий.

ERP-система, встроенная в процесс, дает рекомендации по доработке узлов, если это необходимо. Например, если узел можно скорректировать, предлагается подрезка узла для приведения его в соответствие с установленными параметрами. Если же корректировка невозможна, система может рекомендовать замену узла. После доработки узел повторно проверяется на соответствие допускам. Если все параметры находятся в пределах нормы, узел передается в цех сборки изделий вместе с сопровождающей документацией.

В случае, если узел не поддается исправлению, он отправляется на разборку, а для неисправного узла составляется акт на брак. Этот подход позволяет избежать ситуаций, когда несоответствующий узел включается в сборку, что существенно снижает вероятность ошибок.

Как только все узлы успешно собраны и соответствуют необходимым параметрам, система автоматически формирует комплект документации на изделие. На заключительном этапе изделию присваивается уникальный номер, который позволяет отследить его историю, включая составные части и этапы сборки.

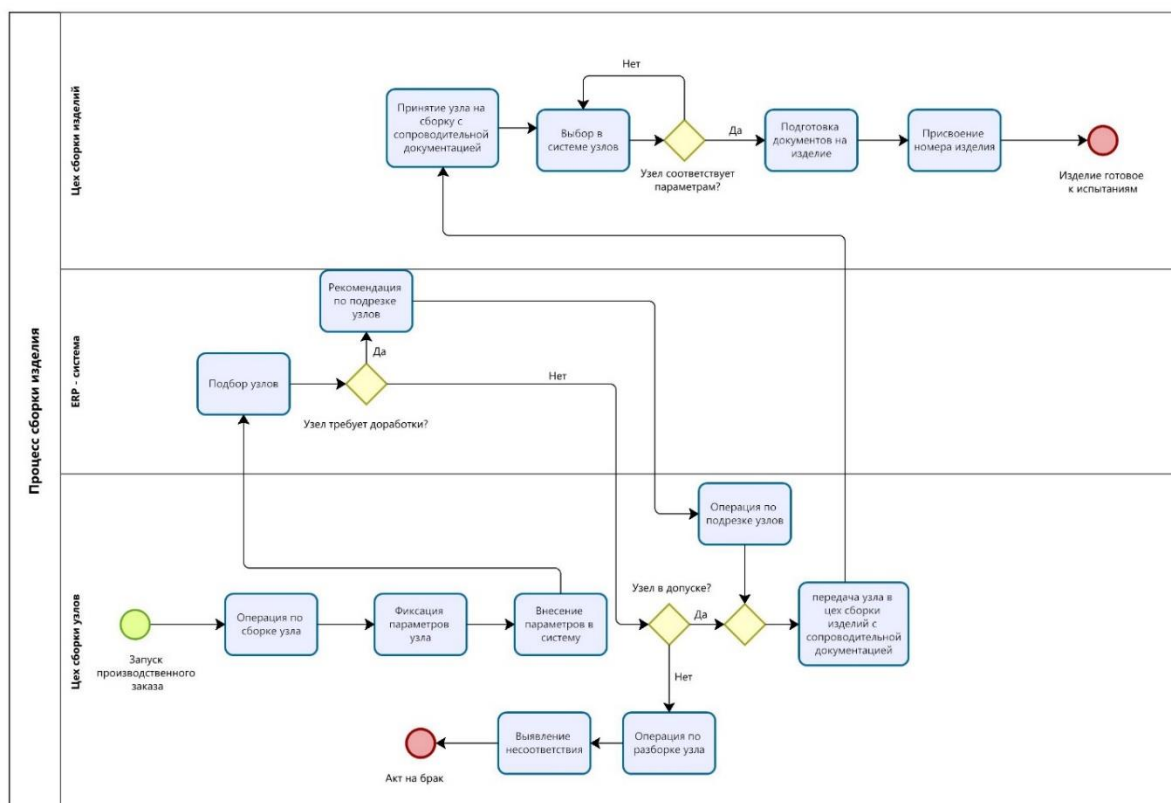


Рис. 2. Предлагаемый процесс сборки изделия

Ключевыми преимуществами предлагаемого процесса являются автоматизация подбора узлов, уменьшение количества операций и

исключение ложной сборки за счет рекомендаций по корректировке, а также интеграция с ERP-системой для точного отслеживания параметров узлов и всех этапов сборки. Это позволяет повысить общую эффективность сборки изделий, снизить затраты на производственные процессы, уменьшить время сборки изделия, сократить количество брака и повысить контроль качества на каждом этапе производства.

Результатом внедрения процесса сборки изделия является значительное повышение эффективности производственного процесса на предприятии. Сравнение с существующим процессом наглядно демонстрирует улучшения.

В текущей системе сборки для производства 35 изделий требуется в среднем один месяц. Этот временной промежуток включает множество операций по ложной сборке, многочисленные проверки параметров и доработки узлов. Процесс часто замедляется из-за необходимости дополнительных операций по подрезке узлов и частой повторной сборки (рис. 3).

Имя	Тип	Законченные случаи	Начальные случаи	Минимальное время	Максимальное время	Среднее время	Общее время
Процесс 1	Процесс	35	35	8h	1d 22h	21h 6m 51s	30d 19h
Запуск производственного заказа	Начальное событие	35					
Фиксация параметров узла	Задача	35	35	30m	30m	30m	17h 30m
Передача узла в цех сборки изделий с сопроводительной документацией	Задача	35	35	3h	3h	3h	4d 9h
Принятие узла на сборку с сопроводительной документацией	Задача	35	35	30m	30m	30m	17h 30m
Операция ложной сборки изделия	Задача	42	42	8h	8h	8h	14d
Фиксация параметров изделия	Задача	42	42	45m	45m	45m	1d 7h 30m
Размеры в допуске	Шляс	42	42				
Операция по разборке изделия	Задача	10	10	4h	4h	4h	1d 16h
Операция по смене узла	Задача	7	7	1h 30m	1h 30m	1h 30m	10h 30m
Узлы требуют доработки?	Шляс	10	10				
Подготовка документов на изделие	Задача	32	32	15m	15m	15m	8h
Присвоение номера изделия	Задача	32	32	15m	15m	15m	8h
Изделие готово к испытаниям	Окончательное событие	32					
Операция по сборке узла	Задача	35	35	4h	4h	4h	3d 20h
Узел в допуске?	Шляс	35	35				

Рис. 3. Результат имитационного моделирования существующего процесса сборки изделия

После внедрения предлагаемого процесса, который включает автоматизацию подбора узлов, исключение операций ложной сборки и более точный контроль параметров на каждом этапе, сборка тех же 35 изделий занимает всего 14 дней и 5 часов. Это сокращает время сборки более чем в два раза (рис. 4).

Имя	Тип	Законченные случаи	Начатые случаи	Минимальное время	Максимальное время	Среднее время	Общее время
Процесс сборки изделия	Процесс	35	35	8h 45m	12h	9h 45m 51s	14d 3h 45m
Акт на брак	Окончательное событие	2					
Изделие готовое с испытаниями	Окончательное событие	33					
Запуск производственного заказа	Начальное событие	35					
Операция по разборке узла	Задача	2	2	3h	3h	3h	6h
Операция по сборке узла	Задача	35	35	4h	4h	4h	5d 20h
Присвоение номера изделию	Задача	33	33	15m	15m	15m	8h 15m
Узел в допуске?	Шляк	33	33				
Выбор в системе узлов	Задача	49	49	15m	15m	15m	12h 15m
Принятие узла на сборку с сопроводительной документацией	Задача	33	33	30m	30m	30m	16h 30m
передача узла в цех сборки изделий с сопроводительной документацией	Задача	33	33	3h	3h	3h	4d 3h
Фиксация параметров узла	Задача	35	35	30m	30m	30m	17h 30m
Подготовка документов на изделие	Задача	33	33	15m	15m	15m	8h 15m
Внесение параметров в систему	Задача	35	35	15m	15m	15m	8h 45m
Выявление несоответствия	Задача	2	2	30m	30m	30m	1h
Узел соответствует параметрам?	Шляк	49	49				

Рис. 4. Результат имитационного моделирования предлагаемого процесса сборки изделия

Такая оптимизация позволяет не только ускорить производственные процессы, но и существенно снизить производственные затраты. Снижение времени на сборку сокращает эксплуатационные расходы, освобождает производственные мощности для выполнения других заказов, а также улучшает общее качество сборки за счет уменьшения количества ошибок и доработок.

Внедрение автоматизированного процесса управления сборкой изделий на машиностроительном предприятии показывает значительные улучшения в производительности и качестве выпускаемой продукции. Благодаря автоматизации подбора узлов, исключение операций ложной сборки и более точному контролю параметров каждого узла, удалось значительно ускорить процесс производства, снизить количество ошибок и повысить эффективность работы.

Сравнение текущего и предлагаемого процессов демонстрирует, что время на сборку 35 изделий сократилось с одного месяца до 14 дней и 5 часов. Это более чем двукратное сокращение времени на сборку позволяет снизить время и затраты на производственные операции, за счет сокращения операции ложной сборки улучшив общий контроль качества и снизив количество брака.

Таким образом, реинжиниринг процесса сборки изделий с использованием автоматизированных решений и интеграции с ERP-системой становится важным шагом на пути к повышению конкурентоспособности

предприятия, позволяя добиться более высоких результатов с меньшими затратами и в более короткие сроки.

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 «Порядок сборки изделия».

© Сунагатов И.Р., 2024

М.Н. САДОВЩИКОВ, Т.Т. БУЛГАКОВ, Я.О. МЕЛЬНИКОВ

smn2003@yandex.ru

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

Уфимский университет науки и технологий

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПО МЕТОДОЛОГИИ COBIT НА ПЛАТФОРМЕ 1С: ПРЕДПРИЯТИЕ

Аннотация: в статье рассматривается разработка системы по методологии Cobit 5 в конфигурации 1С.

Ключевые слова: конфигурация 1С, методология Cobit 5.

В данной статье рассматривается реализация методологии Cobit 5 в конфигурации 1С. Основная задача данной методологии заключается в том, чтобы руководитель вместе с техническими специалистами мог оценивать результаты внедрения информационных решений и технологий.

Основными проблемами данной методологии является неудобное представление документации, а также то, что официальная технология имеет неудобный вариант распространения.

Для решения данной проблемы было принято решение реализовать методологию Cobit 5 в конфигурации 1С. Информационная система 1С предприятие используется многими предприятиями (имеет широкое распространение), имеет удобную форму для внедрения новых технологий и методологий в предприятие.

В ходе реализации данного решения была разработана мнемосхема процесса оценки внедренных IT решений и технологий (рис. 1). Сначала выделяется проблема, возникшая у предприятия в ходе работы, после чего предлагается внедрить IT решение или технология.

Технический специалист, внедряет в рабочий отдел, где возникла проблема, тестируемое IT решение. Далее спустя некоторое время, данный технический специалист оценивает результаты работы IT решения. В зависимости от полученных результатов руководитель принимает решение имеет ли смысл внедрять технологию. На рис. 2 приведена блок схема данного процесса.

На рис. 3 приведено дерево функций, которые реализуются разработанной в 1С программой.

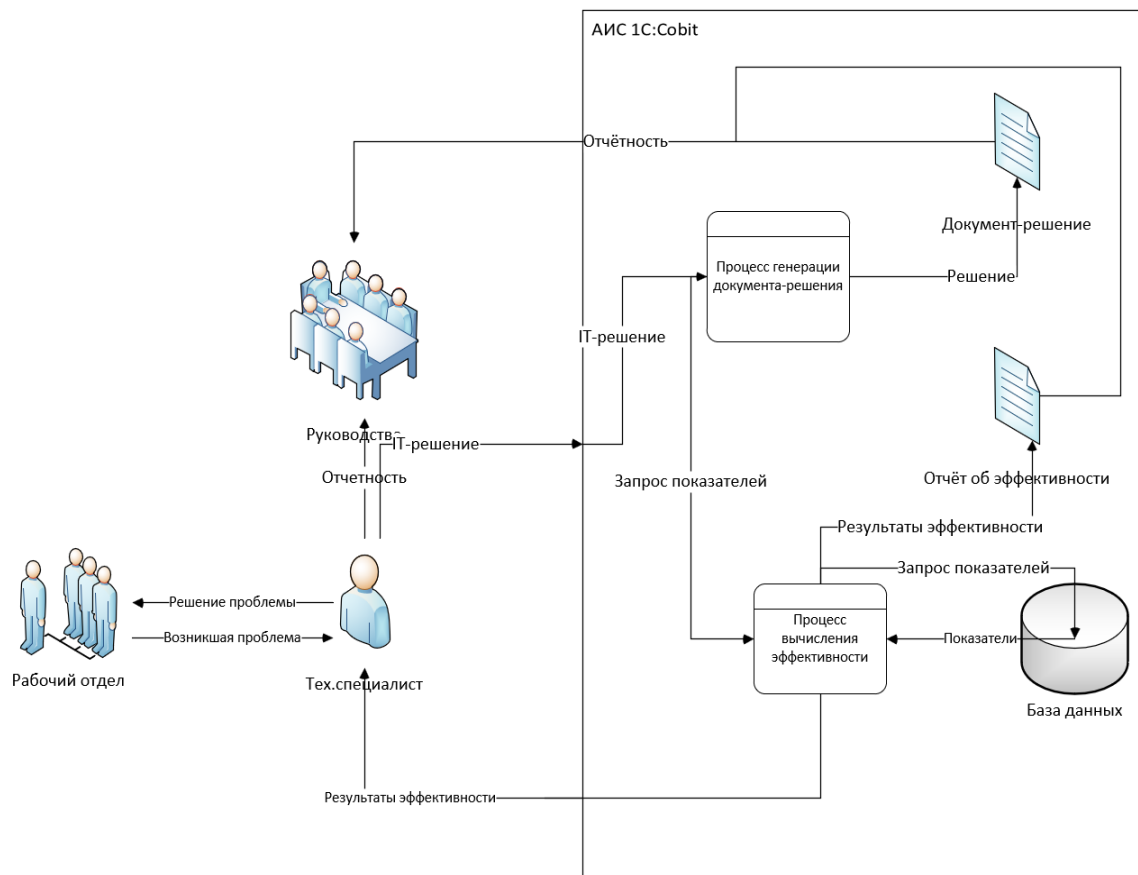


Рис. 1. Мнемосхема процесса оценки внедрения ИТ решения и технологий

Функция редактирования списков, позволяет изменять списки необходимые для работы:

Отделы – список отделов предприятий используются для указания в каком отделе возникла проблема и куда необходимо внедрить ИТ решение.

Проблемы – список возникающих проблем предприятия, которые необходимо решить для улучшения его работы.

Сотрудники – список технических специалистов, которые ответственные за решение ИТ решений

Документы решения – список документов, в которых содержится информация, касающаяся внедряемой ИТ технологии.

Оценки внедренных решений – список оценок, которыми оцениваются внедряемые решения.

Функция создания документов позволяет создавать документы, в которых содержится информация о решаемой проблеме, а также внедряемых решениях.

Функция создания отчетов позволяет создавать отчеты необходимые для оценки внедренных ИТ решений.

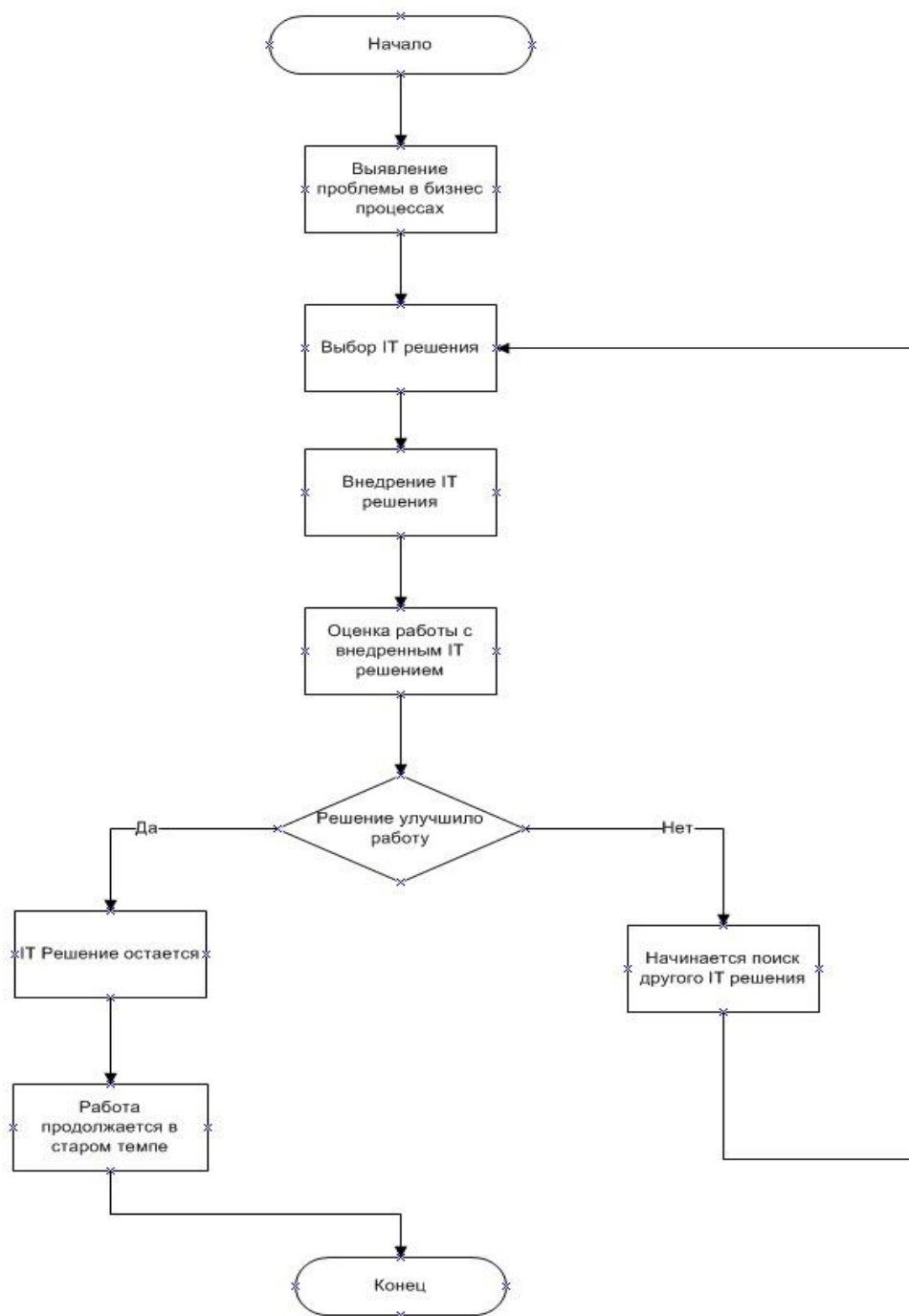


Рис. 2. Блок схема внедрения IT решения

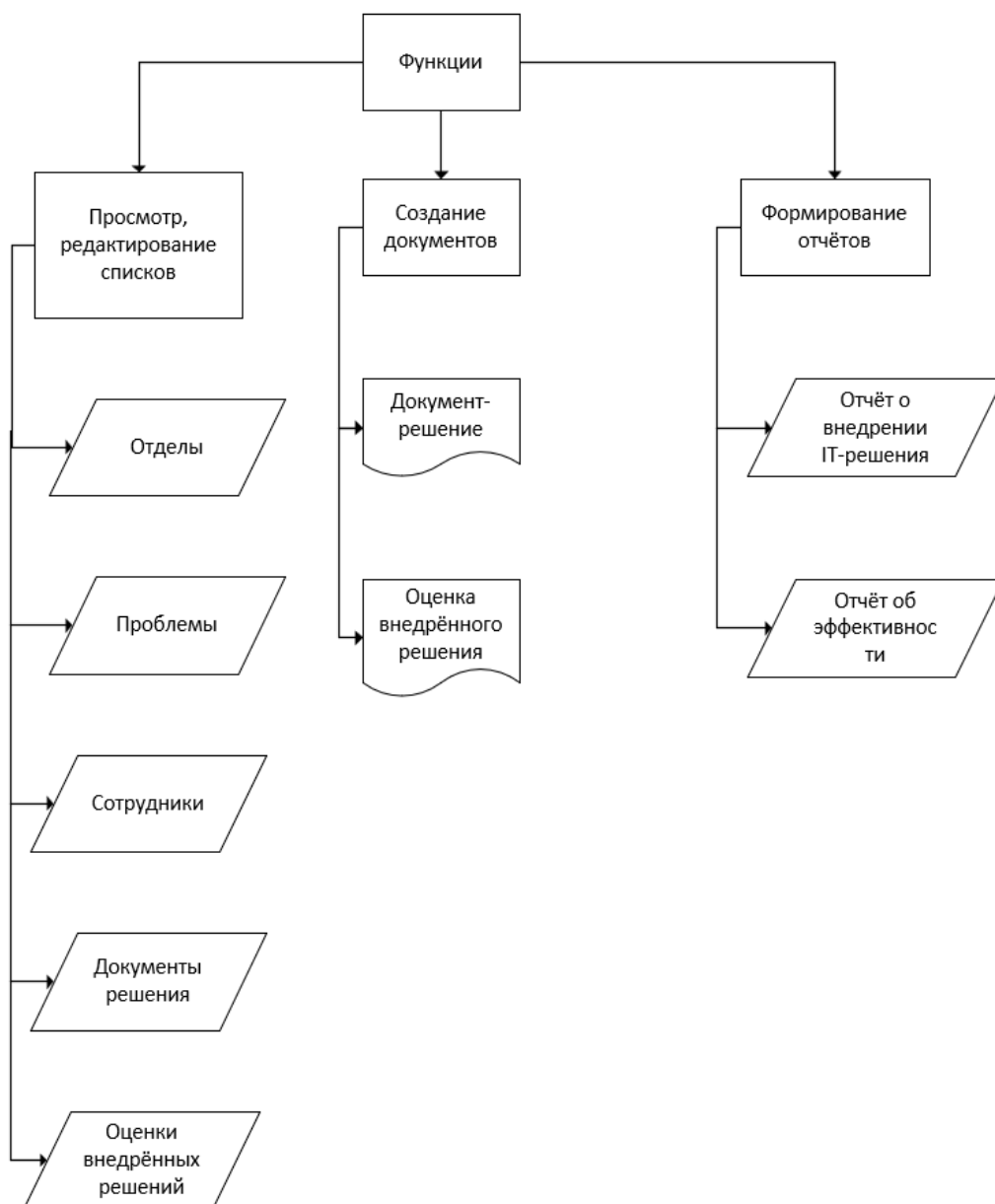


Рис. 3. Дерево функций

Функция редактирования списков, позволяет изменять списки необходимые для работы:

Отделы – список отделов предприятий используются для указания в каком отделе возникла проблема и куда необходимо внедрить IT решение.

Проблемы – список возникающих проблем предприятия, которые необходимо решить для улучшения его работы.

Сотрудники – список технических специалистов, которые ответственные за решение IT решений

Документы решения – список документов, в которых содержится информация, касающаяся внедряемой IT технологии.

Оценки внедренных решений – список оценок, которыми оцениваются внедряемые решения.

Функция создания документов позволяет создавать документы, в которых содержится информация о решаемой проблеме, а так же внедряемых решениях.

Функция создания отчетов позволяет создавать отчеты необходимые для оценки внедренных IT решений.

На рис. 4 приведены экранные формы разработанной системы.

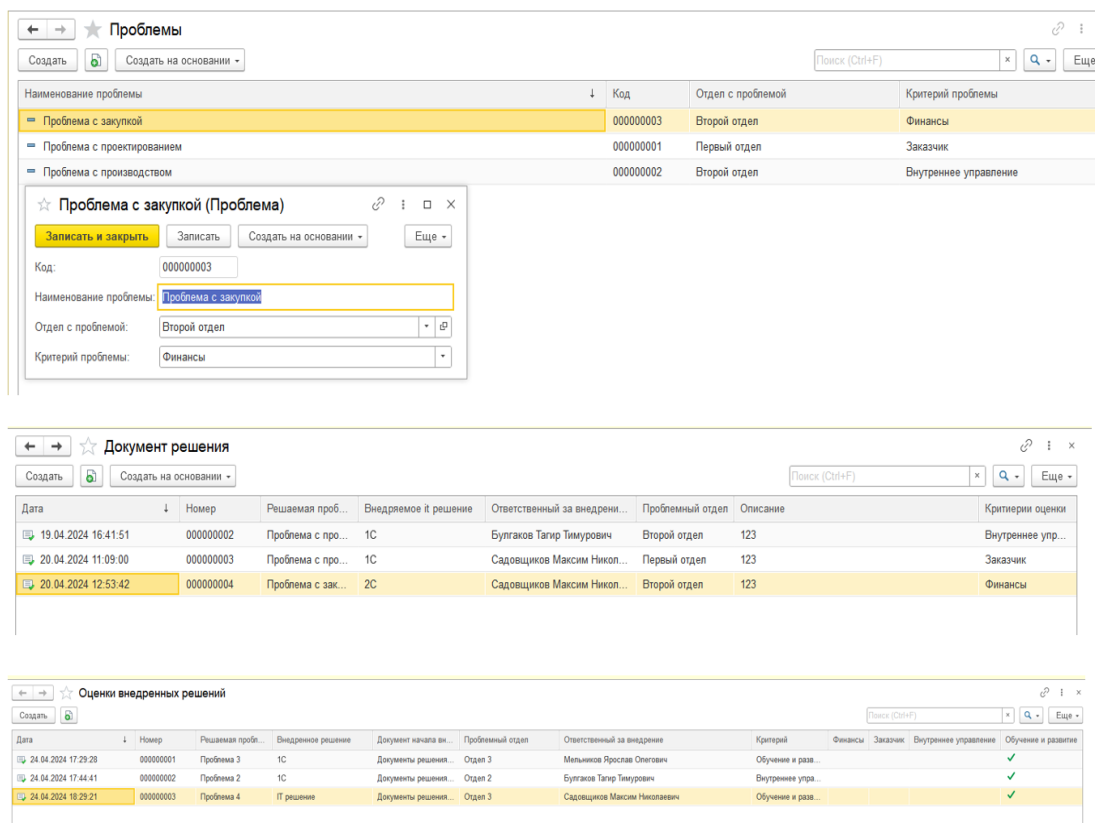


Рис. 4. Экранные формы

СОВИТ 5 предлагает структурированный подход к управлению ИТ-процессами, оценке способностей организации, планированию изменений и созданию ценности для бизнеса.

Библиографический список

1. Документация методологии СОВИТ 5.
2. Документация конфигурации 1С учебная версия.

© Садовщиков М.Н., 2024

Н.А. КОНОНОВ, Е.М. КОНОНОВА, М.А. КОНОНОВ

knnv.nkt@gmail.com, knnv.em@gmail.com, knnv.mk@outlook.com

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

Уфимский университет науки и технологий

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ ИНТЕРФЕЙСАХ ЦИФРОВЫХ СЕРВИСОВ

Аннотация: статья посвящена вопросу применения в современные сервисы нейросетевых алгоритмов. В начале статьи поясняется важность интеллектуальных технологий для современных компаний. Далее предлагается классификация интеллектуальных возможностей, рассматриваются актуальные примеры интеграции нейросетевых алгоритмов. В заключение изучены перспективные области развития для машинного обучения.

Ключевые слова: искусственный интеллект; интеллектуальный интерфейс; автоматизация бизнес-процессов; персонализация контента; машинное обучение; нейросетевые алгоритмы.

В современном мире люди ежедневно пользуются разнообразными веб-сервисами [1] (программные системы со стандартизированными интерфейсами) и веб-приложениями (программное обеспечение, которое запускается в веб-браузере). В последние несколько лет все большее количество сервисов и приложений прибегает к интеграции технологий искусственного интеллекта в свои системы для реализации функций и возможностей, повышающих эффективность и быстродействие этих систем. Поэтому справедливо заметить, что интеллектуальные технологии, включая алгоритмы машинного обучения, обработку естественного языка и аналитику больших данных, играют ключевую роль в трансформации современных цифровых решений. Их значимость можно выделить в нескольких ключевых аспектах:

1. Автоматизация процессов: интеллектуальные технологии позволяют автоматизировать рутинные задачи, что повышает эффективность и снижает затраты.

2. Улучшение пользовательского опыта: персонализация взаимодействия с пользователями через рекомендации и интерактивные интерфейсы, такие как чат-боты, делает взаимодействие более естественным и удобным.

1. Аналитика и принятие решений: интеллектуальные технологии помогают выявлять тренды и закономерности в данных.

2. Инновации и конкурентное преимущество: Использование интеллектуальных технологий способствует разработке новых продуктов и услуг.

В целом, интеллектуальные технологии становятся неотъемлемой частью стратегий компаний.

Целью данной статьи является анализ существующих подходов, которые используют современные компании и организации, по внедрению интеллектуальных технологий в функционал своих цифровых продуктов.

Предметом исследования являются интеллектуальные возможности, которые внедряются сервисами и приложениями, их можно классифицировать по выполняемой ими задачи:

- 1) интеллектуальная персонализация контента;
- 2) автоматизация бизнес-процессов [2];
- 3) улучшение пользовательского интерфейса.

Использование различных алгоритмов для персонализации контента применяется уже давно. Однако использование интеллектуальных технологий для обеспечения пользователя более персонализированным контентом получило широкое распространение в 2000-2010 годах, когда сервис для прослушивания музыки Spotify начал применять более сложные алгоритмы для анализа пользовательских предпочтений и создания персонализированных рекомендаций.

Рассмотрим еще один пример – Yandex Music. Исходя из опыта использования и информации, доступной в открытых источниках, сервис использует алгоритмы машинного обучения для анализа музыкальных предпочтений пользователя на основе его действий. Затем алгоритмы анализируют тренды. На основании совокупности вышеперечисленных анализов подбираются персонализированные рекомендации.

Также в сервисе используется искусственный интеллект для реализации функции «Нейромузыка». Для ее реализации пользовательские данные также обрабатываются алгоритмами, и на основе анализа генерируется музыка, схожая с той, что нравится пользователю.

Примером использования интеллектуальных технологий для автоматизации процессов может служить интеграция алгоритмов машинного обучения [3] в поисковые системы. В поисковых системах применение нейросетевых моделей позволяет улучшать качество поиска посредством обработки естественного языка, оптимизации ранжирования, а также обнаружения и предотвращения спама. Таким образом, возрастает общая эффективность системы. Такие поисковые сервисы, как Google, Bing и Yandex с 2020 года активно используют алгоритмы машинного обучения для улучшения и автоматизации сортировки результатов поиска.

Наиболее интересным является улучшение пользовательского интерфейса. Многие современные компании собирают статистику и аналитику по улучшению интерфейса с помощью нейросетевых алгоритмов [3]. Компании собирают данные о том, как пользователи взаимодействуют с интерфейсом, включая клики, прокрутку, время, проведенное на странице, и другие действия. Нейронные сети могут анализировать эти данные для выявления паттернов и предпочтений пользователей. На основании этих данных специалисты и дизайнеры дорабатывают интерфейс веб-приложений и веб-сервисов.

Однако можно заметить, что в этой сфере есть потенциал для развития. Обучить нейросети самим вносить изменения в интерфейс сайта на основании данных аналитики, чтобы полностью автоматизировать процесс улучшения интерфейса конкретно под каждого пользователя. Можно выделить несколько причин, почему такой интеллектуальный интерфейс все еще не стал широко распространен.

Во-первых, одна из основных причин заключается в сложности и многообразии пользовательских предпочтений. Каждый пользователь уникален, и его поведение может сильно отличаться от поведения других. Нейронные сети, хотя и способны выявлять общие паттерны, могут столкнуться с трудностями при попытке адаптироваться к индивидуальным потребностям каждого пользователя. Это требует значительных вычислительных ресурсов и времени для обучения, что может быть нецелесообразным для многих компаний.

Во-вторых, требует высокой степени качество изначального программного кода. Программный код должен быть легко поддерживаемым и легко модифицируемым, а также немаловажно, что такой код должен иметь семантическую целостность [4–6].

В-третьих, этические и юридические аспекты также играют важную роль. Автоматизация изменений в интерфейсе может вызвать опасения по поводу конфиденциальности данных пользователей и их согласия на использование персонализированных алгоритмов. Компании должны учитывать требования законодательства, связанного с защитой данных, и быть уверенными, что они соблюдают все нормы и правила.

В-четвертых, адаптивные интерфейсы могут собирать и обрабатывать значительное количество личных данных, что увеличивает риск их утечки или несанкционированного доступа. Кроме того, злоумышленники могут использовать уязвимости в таких системах для манипуляции интерфейсом, существует риск, что алгоритмы, отвечающие за адаптацию интерфейса, могут быть подвержены кибератакам.

Это приводит нас к выводу о том, что не существуют явных причин, по которым не могут быть реализованы подобные интеллектуальные интерфейсы, просто их реализация связана с рядом трудоемких процессов, требует большую вычислительную мощность от компании, решившей реализовать подобную технологию.

Библиографический список

1. Флах П. Машинное обучение. Наука и искусство построения алгоритмов, которые извлекают знания из данных. М.: ДМК Пресс, 2015. 402 с.
2. Крюгер А.М., Сухарева Е.И., Афанасьева Т.Н. Автоматизация бизнес-процессов и ее влияние на работу компаний // Актуальные проблемы авиации и космонавтики: сборник материалов V Международной научно-практической конференции, посвященной Дню космонавтики / Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева» (Красноярск), 2019. Том 3. С. 112–114.
3. Нейроинформатика / А.Н. Горбань, В.Л. Дунин-Барковский, А.Н. Кирдин и др. Новосибирск: Наука (Сибирское отделение), 1998.
4. Цкриалашвили Д.И., Кононов Н.А. Автоматизация бизнес-процесса расчета НДФЛ на основе программного модуля с применением семантической интеграции // Мировые научные достижения в области естественных и технических исследований: теории и практики. Краснодар: Новация, 2024. С. 290–293.
5. Palchevsky E.V., Antonov V.V., Makarova E.A., Kononov N.A., Voyakovskaya Ya.S. Method of data preprocessing on the basis of pulse neural network to improve the accuracy of water level forecast on the example of Ufa city of the Republic of Bashkortostan // Programnaya ingeneria. 2024. № 5. С. 265–272.
6. Кононов Н.А. Разработка современных веб-интерфейсов как наукоемкое направление информационных технологий: онтология графических пользовательских интерфейсов // Совершенствование науки и образования в области естественных и технических исследований. Ставрополь: Параграф, 2023. С. 38–40.

© Кононов Н.А., Кононова Е.М., Кононов М.А., 2024

В.А. ИЗГИНА

izgina.vilena777@mail.ru

Науч. руковод. – д-р экон. наук, проф. **Р.Х. БАХИТОВА**

Уфимский университет науки и технологий

МОДУЛЬНАЯ АРХИТЕКТУРА КАК РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ В РАЗВИТИИ ПРЕДПРИЯТИЙ

Аннотация: в данной статье рассматривается модульная архитектура как эффективное решение для минимизации проблем, а также проводится сравнение с микросервисной архитектурой. Для примера в статье проведен анализ процесса «Управление производственными заказами». Построена модель сценарий процедуры, протекающий в компании ООО «Крафт Памп», а также модель сценария процедуры при внедрении модульной архитектуры.

Ключевые слова: модульная архитектура; микросервисная архитектура; информационные системы; гибкость; масштабирование.

В современных реалиях функционирования предприятий возникает целый ряд вызовов, способных существенно затруднить развитие и адаптацию информационных систем (ИС). К числу этих проблем относятся не только сложности, связанные с масштабированием и обновлением систем, но и ограничения в выборе технологий и инструментов, а также затруднения в интеграции новых функций или модификации уже существующих. Эти аспекты могут негативно сказаться на гибкости и конкурентоспособности организаций, ставя под угрозу их способность оперативно реагировать на изменения в рыночной среде.

Зачастую традиционные монолитные архитектуры, которые некогда казались надежным фундаментом для построения информационных систем, оказываются неэффективными в условиях стремительного технологического прогресса и изменяющихся бизнес-требований. Основные недостатки традиционных монолитных систем:

- сложность масштабирования. Изменение даже одной, казалось бы, незначительной части системы может обернуться настоящим испытанием: для тестирования и внедрения изменений потребуется затратить значительные усилия и время, что порой превращает простую задачу в сложный квест;
- ограничения в выборе технологий. Использование единой технологии для всей системы может ограничивать возможности выбора более эффективных решений для отдельных компонентов;

– трудности в добавлении новых функций. Внедрение новых функций часто требует масштабных изменений в существующем коде, что превращает каждое нововведение в рискованный шаг, а также увеличивает затраты на разработку.

В связи с этим модульная архитектура и микросервисная архитектура становятся все более популярными подходами к проектированию систем. Несмотря на их схожесть, между ними существуют значительные различия, которые могут повлиять на выбор подхода для конкретного предприятия.

Модульная архитектура представляет собой решение, предполагающее разделение системы на независимые, но гармонично взаимодействующие модули, которые способны функционировать как единое целое. В свою очередь, микросервисная архитектура демонстрирует более радикальный подход, разбивая систему на множество мелких сервисов, каждый из которых сосредоточен на выполнении одной конкретной задачи [1]. Хотя оба подхода стремятся преодолеть преграды масштабируемости и гибкости, модульная архитектура обладает рядом неоспоримых преимуществ:

– упрощение интеграции. Модули могут быть разработаны и интегрированы в рамках единой кодовой базы, что значительно облегчает их взаимодействие и снижает накладные расходы на коммуникацию;

– управляемость. Модульная архитектура обеспечивает более легкое управление зависимостями между компонентами, упрощая процесс тестирования и развертывания. Это позволяет разработчикам сосредоточиться на создании качественного кода;

– снижение сложности. Модульная архитектура может быть более интуитивно понятной для разработчиков, поскольку она не требует глубокого понимания распределенных систем и сетевых взаимодействий, характерных для микросервисов;

– легкость масштабирования. Возможность добавления или обновления отдельных модулей без необходимости изменения всей системы создает гибкую среду для роста и адаптации. Это позволяет организациям быстро реагировать на изменяющиеся требования рынка;

– свобода выбора технологий. Каждый модуль может быть реализован с использованием наиболее подходящих для него решений, что способствует инновациям и оптимизации процессов;

– упрощение внедрения новых функций. Модули можно разрабатывать и тестировать независимо друг от друга, что снижает риски и ускоряет процесс разработки. Это создает условия для быстрого реагирования на запросы пользователей и внедрения актуальных функций без значительных затрат времени и ресурсов [2].

Целью данной работы является демонстрация примера внедрения модульного подхода в работу предприятия. ООО «Крафт Памп» является

производственным предприятием, специализирующимся на изготовлении насосного оборудования. В условиях растущей конкуренции и постоянного изменения рыночных требований, компания сталкивается с рядом проблем, связанных с неэффективностью текущих бизнес-процессов. Одним из наиболее критичных процессов, требующих автоматизации, является управление производственными заказами.

Процесс управления производственными заказами представляет собой многоступенчатую и, безусловно, важную деятельность, в которой каждая деталь играет свою ключевую роль. Он включает в себя такие этапы, как прием заказов, планирование производства, сверка номеров, управление запасами и отгрузка готовой продукции. В настоящее время в ООО «Крафт Памп» этот процесс осуществляется вручную с использованием разнообразных инструментов – от электронных таблиц до программы «ЭПОС» и бумажных документов. Такой подход порождает ряд серьезных проблем:

- сложность обработки заказов. Ручной прием и обработка заказов создают благоприятную почву для возникновения ошибок и задержек. Это, в свою очередь, может вызывать недовольство клиентов и даже приводить к потере ценных заказов, что негативно сказывается на репутации компании;

- отсутствие прозрачности. Сложности в отслеживании статуса заказов и текущих запасов материалов формируют непрозрачную среду для управления и принятия решений. Менеджеры оказываются в затруднительном положении, не имея доступа к актуальной информации, что значительно усложняет мониторинг выполнения заказов и снижает общую эффективность работы;

- низкая скорость реакции на изменения. Изменения в заказах или требованиях клиентов требуют значительных усилий для внесения корректив в существующие процессы. Это замедляет реакцию компании на внешние факторы и создает риск упущенных возможностей в условиях динамичного рынка.

На рис. 1 показано, что в процессе участвуют 5 объекта: менеджер по продажам, начальник экспериментально-монтажных работ (ЭМЦ), складской работник, диспетчер-оператор, предприятие-заказчик. Рисунок также отображает функции каждого участника процесса. Например, оператор диспетчер занимается сверкой номеров и проверкой наличия оборудования с помощью информационной системы «ЭПОС» и электронной таблицы Excel. Основные этапы этого процесса включают создание заказа, проверку наличия материалов с использованием электронных таблиц, планирование производства, сверку номеров с помощью ИС (информационная система) «ЭПОС», отгрузку готовой продукции и отслеживание статуса заказа.

Диаграмма вариантов использования показывает актеров и их взаимодействие с системой через разные сценарии использования. Это начальная модель, которая определяет границы проекта и функциональные требования на ранних стадиях разработки [3].

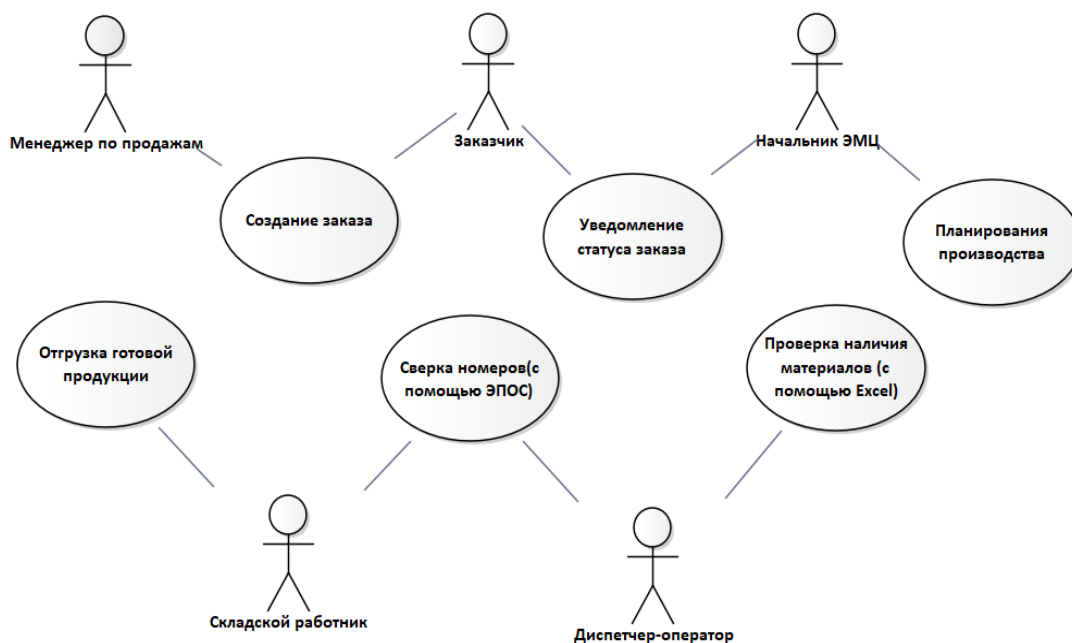


Рис. 1. Сценарий процедуры «Управление производственными заказами» как есть

Для устранения недостатков и автоматизации процесса было разработано предложение внедрения модульной архитектуры для выполнения запросов. Поскольку ЭПОС имеет свое API, то все модули будут взаимодействовать между собой через API.

API, или интерфейс прикладного программирования (Application Programming Interface), представляет собой мощный механизм, который задает набор правил и протоколов, позволяющих различным программным приложениям взаимодействовать друг с другом. Этот универсальный инструмент служит связующим звеном в мире программного обеспечения, обеспечивая стандартизированный способ обмена данными между модулями.[4] Благодаря этому API открывает перед разработчиками и пользователями целый ряд возможностей, среди которых можно выделить:

- упрощать интеграцию различных систем;
- обеспечивать автоматическую проверку наличия материалов и планирование производства;
- снижать вероятность ошибок за счет автоматизации рутинных операций.

На рис. 2 представлена диаграмма вариантов использования процесса «Управления производственными заказами» после автоматизации с помощью внедрения модульной архитектуры.

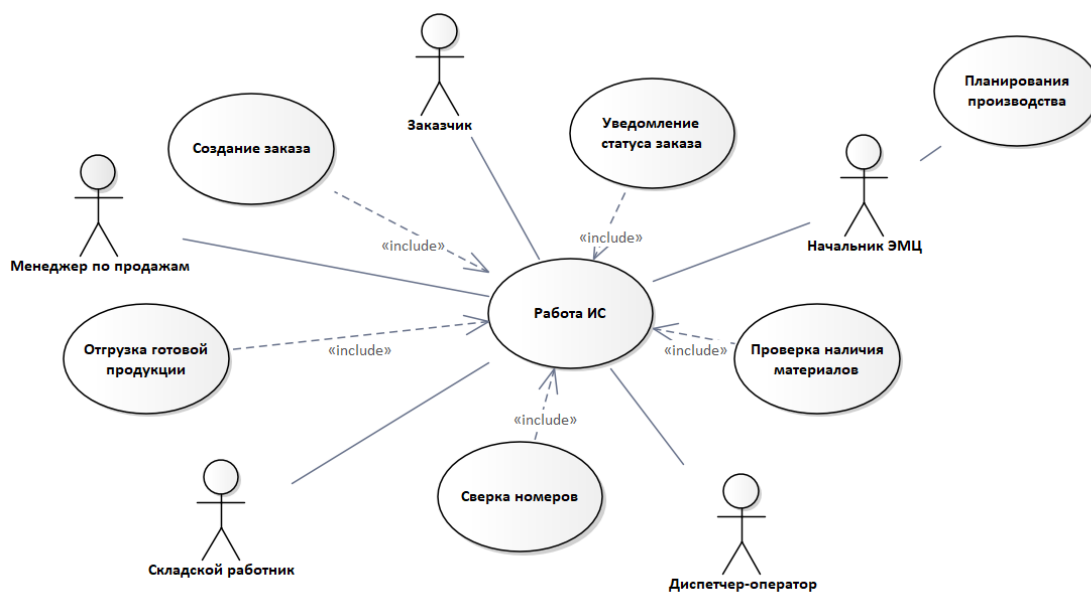


Рис. 2. Сценарий процедуры «Управление производственными заказами» как должно быть

В результате внедрения модульной архитектуры процессы управления производственными заказами становятся более эффективными. Основные участники продолжают выполнять свои функции, но теперь они работают в рамках интегрированной системы, где все действия автоматизированы. Это позволяет значительно сократить время обработки заказов и повысить качество обслуживания клиентов. Также, из-за того, что автоматизация произошла с помощью внедрения модульной архитектуры, при необходимости есть возможность масштабировать систему, то есть добавить новые функции в полученную ИС, или обновлять имеющейся модули без необходимости изменения всей системы. Таким образом, внедренная модульная архитектура подходит не только одному процессу, но и другим смежным процессам предприятия.

На рис. 3 представлена диаграмма «Дерево программных модулей», которая иллюстрирует структуру программы. В данном случае, информационная система состоит из пользовательского интерфейса и из четырех модулей – модуль «Создание заказа», модуль «ЭПОС», модуль «Управление запасами», модуль «Отслеживание заказа» и модуль «Отгрузки продукции». Каждый из таких модулей отвечает за определенную функцию ИС. Например, пользователь вводит новый заказ с помощью модуля «Создание заказа». Информация заказа состоит из заводских номеров насосов, типов, размеров. Через API информация о

заказе опраляется в модуль «ЭПОС», модуль «ЭПОС» проверяет заводские номера на совпадение с существующими.

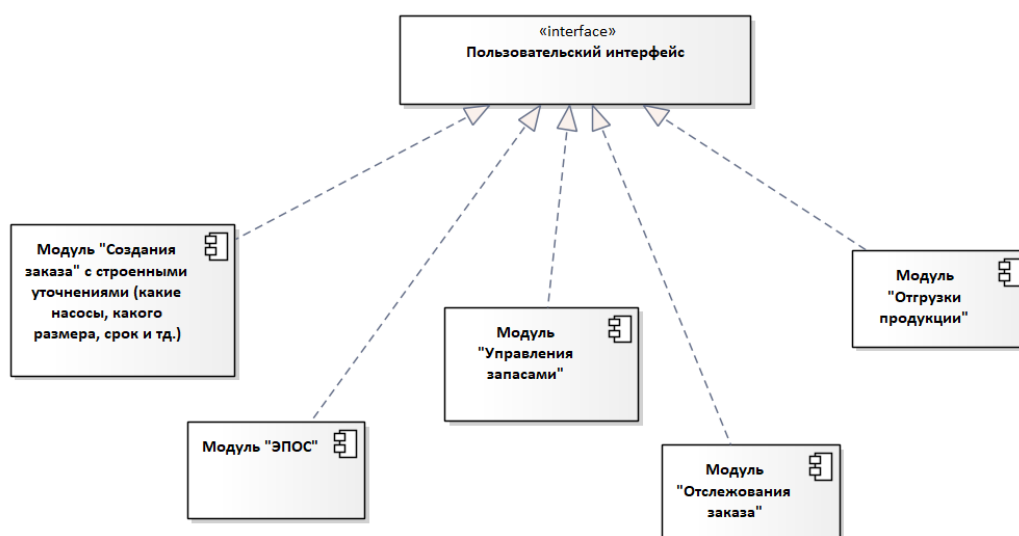


Рис. 3. Дерево программных модулей

В результате исследования была разобрана процедура «Управления производственными заказами» предприятия «КрафтПамп». Были построены модели сценария процесса «Как есть» и «Как должно быть», представлена модель «Дерево программных модулей».

Таким образом, внедрение модульной архитектуры в процесс управления производственными заказами ООО «Крафт Памп» позволит значительно повысить эффективность и скорость работы предприятия, улучшить качество обслуживания клиентов и адаптивность к изменениям на рынке. Это решение поможет компании не только решить текущие проблемы, но и создать основу для дальнейшего роста и развития в будущем.

В условиях динамичного рынка и постоянных изменений в технологиях предприятиям рекомендуется рассмотреть возможность внедрения модульной архитектуры как стратегического подхода к проектированию и развитию информационных систем. Это позволит не только минимизировать проблемы, связанные с развитием и адаптацией систем, но и повысить общую конкурентоспособность организаций. Модульная архитектура, обладая своей уникальной гибкостью и управляемостью, может оказаться более предпочтительным вариантом по сравнению с микросервисной архитектурой. Она обеспечивает более простую интеграцию компонентов и снижает сложность системы, что особенно важно в условиях постоянных изменений. Однако, как и любой другой подход, модульная архитектура требует тщательного и вдумчивого планирования, чтобы избежать потенциальных подводных камней и обеспечить устойчивое развитие.

Библиографический список

1. Изгина В.А. «Внедрение микросервисной архитектуры в процесс работы ООО «Петроинжиниринг» / В.А. Изгина. Уфа: УУНиТ, 2023.
2. Казначеева Е.О. «Модульный и компонентный подходы в программировании» / Е.О. Казначеева // Исследование и разработка в области информационных технологий. Санкт-Петербург – ИТМО, 2018.
3. Костюкова А.П. Бизнес-моделирование в среде EnterpriseArchitect: учебное пособие / А.П. Костюкова, В.С. Саубанов, И.А. Лысенко, Д.В. Токарев; Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. Уфа: Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т, 2015. с. ISBN 978-5-4221-0786-5.
4. Кошевой С.Р. API как способ обслуживания клиентов / С.Р. Кошевой, Б.Ж. Жарлыкасов, Н.Т. Абатова // Главные характеристики современного этапа развития мировой науки. Костанай: Костанайский государственный университет имени А. Байтурсынова, 2018.

© Изгина В.А., 2024

Е.Е. КРАСЬКО

Katia.krasko@gmail.com

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

Уфимский университет науки и технологий

К ВОПРОСУ РЕИНЖИНИРИНГА СИСТЕМЫ УЧЕТА ДВИЖЕНИЯ ТМЦ ПО ХОДУ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА

Аннотация: в данной статье рассматривается реинжиниринг системы учета на машиностроительных предприятиях с использованием разметки по типу финансирования и принадлежности. Основной акцент сделан на реализации федерального закона РФ, по которому деньги, выделенные на государственный заказ, можно тратить только на его обеспечение. Предложенная система устанавливает принадлежность каждого материала, полученного на предприятии, а также хранит справочник ДСЕ, в котором также указан источник финансирования. Это позволит уйти от физического раздельного учета материалов, уменьшить количество ошибок и повысить эффективность работы предприятия.

Ключевые слова: материалы; государственный заказ; коммерция; машиностроительное предприятие.

В наше время государственные заказы – это важные инструменты, которые помогают государству, например министерству или какому-либо ведомству, получать различного рода услуги у частных компаний по государственному контракту. Одним из самых важных видов заказа является государственный оборонный заказ, который направлен на организацию обороноспособности страны, например, сюда относится закупка различной военной техники. Процесс работы с государственными заказами строго регламентирован и прозрачен, так как в отличие от обычных закупок в системе государственного оборонного заказа организатор имеет право запрашивать информацию о ходе исполнения государственного контракта или же финансовых операциях.

Согласно федеральному закону Российской Федерации, деньги, которые были выделены государственным заказчиком, могут использоваться только для расходов, которые связаны с выполнением оборонного заказа. Поэтому одной из главных проблем при работе с такими заказами является то, что для отделения материалов, купленных на государственные деньги от материалов, купленных на коммерческие деньги, сейчас используется физический учет, который требует больших вложений денег и человеческих ресурсов. Либо же предприятия

предпочитают попросту не тратить деньги, которые были выделены на оборонный заказ, что приводит к тому, что у предприятия нет денег.

Один из способов решения этой проблемы – это реинжиниринг системы учета с возможностью обеспечения отдельного учета для продукции, купленной на государственные деньги от продукции, купленной на деньги коммерческие, а также с возможностью дальнейшего отслеживания закупки по всему циклу производства. Это актуальная задача, так как она связана с производством оборонной продукции и в данный момент решается только физическим учетом, использование которого требует от предприятий полного реконструирования.

Существующий процесс учета материалов типа КОМ и типа ГОЗ организован на большинстве предприятий через физическое разделение по разным местам хранения (рис. 1). КОМ – это материалы, которые куплены на коммерческие деньги, тогда как на ГОЗ материалы выделяет деньги государство.

Начинается процесс с того, что заключается контракт на продажу бухгалтером и проводятся расчеты с поставщиками. На основании контракта происходит поступление материалов вместе с сопроводительной документацией на центральный склад предприятия. Грузчики и оператор склада производят размещение материалов на места хранения – сейчас на предприятии используются различные помещения для ГОЗ и КОМ, что значительно замедляет процесс приемки. То есть, при проведении размещения приходится постоянно сверяться с паспортами материалов для того, чтобы понять, в какое из помещений необходимо поместить данный товар. Если предприятие не будет выполнять такой проверки и начнет размещать материалы на любое место хранения, не отталкиваясь от принадлежности, то потом у него могут возникнуть проблемы с выдачей, так как деньги, выделенные на оборонный заказ, можно тратить на материалы для оборонного заказа. Кладовщик формирует записи в бумажных журналах поступления материалов. Таких журналов на центральном складе два – для товаров ГОЗ и для КОМ.

Оператор склада проводит в системе предприятия оприходование, создавая на основании поставки и заказа на закупку складское поступление. Данные о материале и его количестве падают на виртуальный склад в системе общим числом, без разделения по принадлежности.

После того, как материалы размещены на свои места хранения, они могут быть выданы в цех для производства. Для этого работник цеха создает складской заказ на перемещение с центрального склада на свой участок в информационной системе. На основании данного заказа печатается требование на получение ТМЦ, по которому на складе подбирают материал. Так как сейчас в информационной системе нет никаких разделений по принадлежности, то при выдаче пишется просто

количество материала. Согласно данному требованию, на получение кладовщик ЦС вручную подбирает материалы, в зависимости от дальнейшего использования в производстве. Вся эта информация о перемещении также вносится в бумажные журналы, в системе заказ отгружается, а материал выдается в цех для дальнейшего использования.

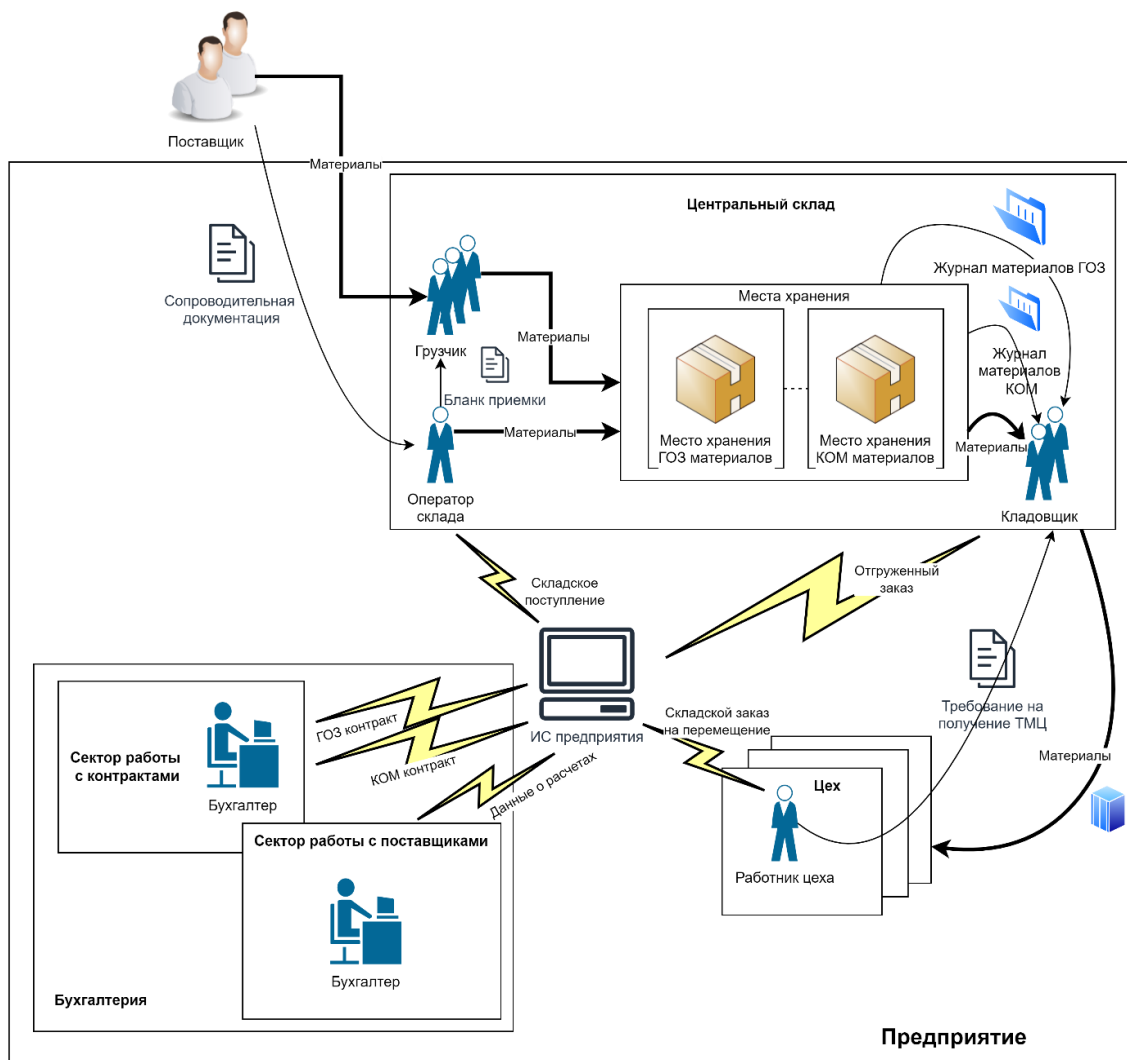


Рис. 1. Существующий процесс учета

В связи с вышеперечисленным можно выделить следующие недостатки существующего бизнес-процесса:

- большие затраты по времени и ресурсам, так как раздельное хранение требует наличия дополнительных помещений и складских мест, а также людей, которые этот физический учет будут проводить, раскладывая, сортируя и затем выдавая изделия. Данный недостаток также несет за собой высокий риск человеческой ошибки, например недоучет продукции. В целом при таком учете также может возникнуть проблема с нехваткой пространства на складе, так как необходимо для каждой категории материалов выделять отдельное место хранения;

– проблемы с отслеживанием, так как согласно федеральному закону Российской Федерации от 26 декабря 2008 года № 294-ФЗ «О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при осуществлении государственного контроля (надзора) и муниципального контроля» и ФЗ от 5 апреля 2013 года № 44-ФЗ «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд» деньги, которые выделяются на закупку для государственного оборонного заказа могут тратиться только на материалы и агрегаты, которые потом пойдут на выполнение оборонного заказа. Если данное требование не будет выполнено, то предприятие получит штраф, а также в дальнейшем у него не будет возможности опять участвовать в торгах для выполнения оборонного заказа;

– физический раздельный учет части запасов несет за собой ограничения при анализе данных и принятии решений по управлению запасами, так как в информационной системе не хранится данных о местоположении таких материалов. Также такой учет приводит к сложностям в управлении, так как большинство материалов имеют схожие паспортные параметры, а физический поиск нужного занимает много времени.

Таким образом, для реализации постановления РФ, в котором говорится, что «головной исполнитель несет ответственность за нецелевое использование средств, предназначенных на выполнение государственного оборонного заказа и авансирование соответствующих работ», необходимо провести реинжиниринг информационной системы предприятия, добавив возможность отслеживания принадлежности материалов к источнику оплаты.

Все закупаемые ресурсы, а именно сырье, материалы и комплектующие можно разделить на следующие категории по этапам их жизненного цикла:

1. Материалы, которые сразу после приемки на склад идут в производство, им не нужно проходить никаких дополнительных проверок или быть преобразованными во что-то. К данному классу обычно относятся покупные комплектующие изделия, которые проходят лишь входной контроль при поступлении на предприятие. Если это материалы, которые имеют свои индивидуальные серийные номера и свой код для каждого из вида закупок, то такие материалы будет легче отследить в ходе всего цикла производства, первоначально определив для них источник финансирования. Если же индивидуальных номеров нет, то количество данного материала просто падает на склад общим числом, а значит и не позволяет отслеживать какое количество на какие деньги было куплено.

2. Материалы, которые необходимо перед производством во что-то преобразовать, например, лист. Такие материалы проходят вырубку/вырезку в других цехах, где их преобразовывают в детали,

которые потом уже будут использоваться в производстве. Обычно у произведенных потом деталей нет никаких номеров, из-за чего процесс отслеживания их перемещений затрудняется. Также обычно из одного листа может быть много деталей, а следовательно при физическом учете сложно различать ГОЗ и КОМ финансы. Также стоит отметить, что если лист был куплен на деньги государственные, то и детали, которые из него изготавливаются, тоже могут быть только из государственного заказа.

3. Материалы, которые преобразуют в сплав. Их нагревают и расплавляют в литейных цехах для дальнейшего преобразования. Такой вид материалов обычно не имеет индивидуального номера и не определяется наверняка откуда был получен, хотя точно так же требует отслеживания как принадлежности самого материала, так и дальнейшего использования сплава.

4. Материалы, которым необходимо проходить проверку в лаборатории после получения, с целью определения годности. Обычно жизненный цикл таких материалов может быть более 50 лет, а рукописные журналы и отдельные места хранения спустя время могут быть забыты на предприятии из-за высокой загруженности сотрудников и постоянной текучки кадров, поэтому характеристики таких материалов тяжело хранить в бумажном виде.

Для того, чтобы по каждому из материалов, описанных выше имелась возможность отслеживания принадлежности и источника финансирования предлагается использовать разметку. Разметка сейчас используется для планирования в производстве, поэтому стоит доработать данный функционал с целью реализации федерального закона РФ и решения проблемы отслеживания использования материалов, купленных на государственные деньги, а также ухода от физического раздельного хранения либо же в целом ухода от неиспользования государственных денег.

В предлагаемом процессе у всего, что закупается на заводе и производится будет своя разметка, которая будет указывать – ГОЗ или КОМ данный продукт (рис. 2). Данный факт позволит легко отслеживать перемещения по материалам, а также организует быструю выдачу со склада.

Еще одним большим отличием предлагаемого процесса от существующего является уход от раздельных мест хранения. То есть теперь на складе не нужно будет думать о количестве места и определенном расположении, разгружая различные товары при поставке, все материалы будут храниться в одном месте, значительно упрощая работу операторов, кладовщиков, грузчиков и контролеров.

Наличие разметки подразумевает также, что для всей нормативно-справочной информации, для каждого изделия будет указана его принадлежность. При попытке отгрузить складской заказ будет идти

проверка: например, двигатель имеет тип финансирования ГОЗ, тогда каждая строка заказа будет проверяться, в независимости от того, есть индивидуальный серийный номер у этого материала или нет, если все материалы также были куплены на государственные деньги, то отгрузка будет разрешена. Для материалов, у которых нет индивидуальных серийных номеров, проверка будет идти по коду и по количеству. Еще на моменте формирования контрактов будет понятно, какое количество материала к какому типу оплаты относится. То есть, даже если 100 килограммов материала будут храниться на складе в общем виде с одним кодом, система будет знать, что только 30 килограммов куплены на деньги коммерческие, а остальные 70 на государственные. При попытке отгрузки для КОМ двигателя сорока килограммов материала будет выходить ошибка, ставя запрет на данную отгрузку. Такая проверка поможет избежать нарушений, связанных с нецелевым использованием государственных средств.

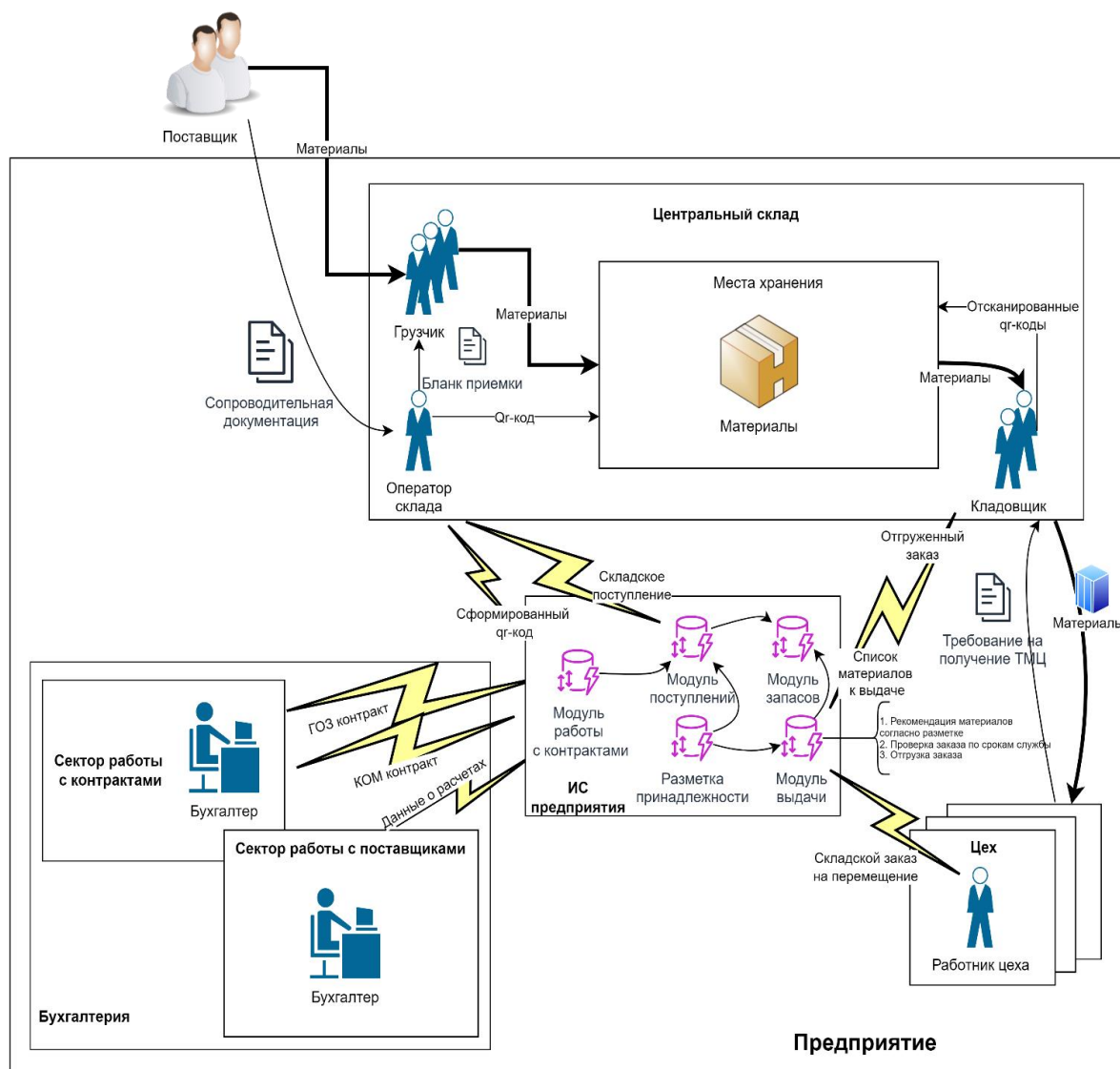


Рис. 2. Предлагаемый процесс учета

Помимо этого, в предлагаемом процессе каждый закупаемый материал будет отмечаться QR-кодом, в котором будет храниться основная информация о нем, в том числе и о типе оплаты данного материала. Такое решение поможет ускорить поиск нужных материалов при выдаче со склада в цеха.

Таким образом, наличие разметки, которая будет указывать принадлежность материалов к ГОЗ или КОМ, поможет решить на предприятии задачу отслеживания закупок по всему их циклу производства и устранить такие недостатки, как наличие физического раздельного учета, рост незавершенных заказов, в связи с которым предприятие теряет свои деньги. Также разметка, использованная для учета, поможет исполнить требования, указанные в федеральном законе РФ, повысив уровень предприятия.

Библиографический список

1. Федеральный закон от 26 декабря 2008 г. № 294-ФЗ «О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при осуществлении государственного контроля (надзора) и муниципального контроля».

2. Федеральный закон от 05.04.2013 № 44-ФЗ «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд».

3. Федеральный закон от 29 декабря 2012 г. № 275-ФЗ «О государственном оборонном заказе».

© Красько Е.Е., 2024

А.Р. МАЦКЕВИЧ

tanayr@mail.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. **Т.Г. ДИДЫК**

Уфимский университет науки и технологий

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ СБОРКИ

Аннотация: в статье рассмотрено проектирование информационной системы для автоматизации производственных процессов сборки в автомобильной, авиационной и космической отраслях.

Ключевые слова: информационная система (ИС); автоматизация, процесс сборки, запуск процесса.

Выбор правильной информационной системы играет ключевую роль в достижении наилучшего результата, обеспечивая мониторинг в реальном времени и анализ технологических параметров для повышения качества продукции и эффективности производства. Использование современной информационной системы важно в условиях растущих требований и необходимости сокращения времени цикла в производстве [1].

Для эффективной работы предприятия необходимо выстроить ее организационную структуру, понимать используемые технологии, ИТ-продукты, т. е. грамотно построить архитектуру предприятия. Кроме того, существуют внешние факторы, которые тоже необходимо учитывать. Архитектурные решения начинают играть существенную роль, когда компания становится больше и сложнее [2, 3].

В настоящее время на предприятии по сборке автомобилей используется неэффективная и устаревшая информационная система, которая требует участия ручного труда. Для реинжиниринга процесса спроектирована информационная система, позволяющая его полностью автоматизировать.

С помощью диаграммы прецедентов, представленной на рис. 1, визуализируется взаимодействие пользователей с системой. В информационной системе присутствует доступ для двух ролей пользователей – администратор и оператор.

При разработке новой информационной системы у оператора появилась возможность запускать процесс сборки кузова в цехе дистанционно. Администратор может контролировать все процессы, которые находятся в работе.

Внедрение в процесс автоматизированной системы позволит сократить время самого процесса, а также количество используемых в нем систем до одной.

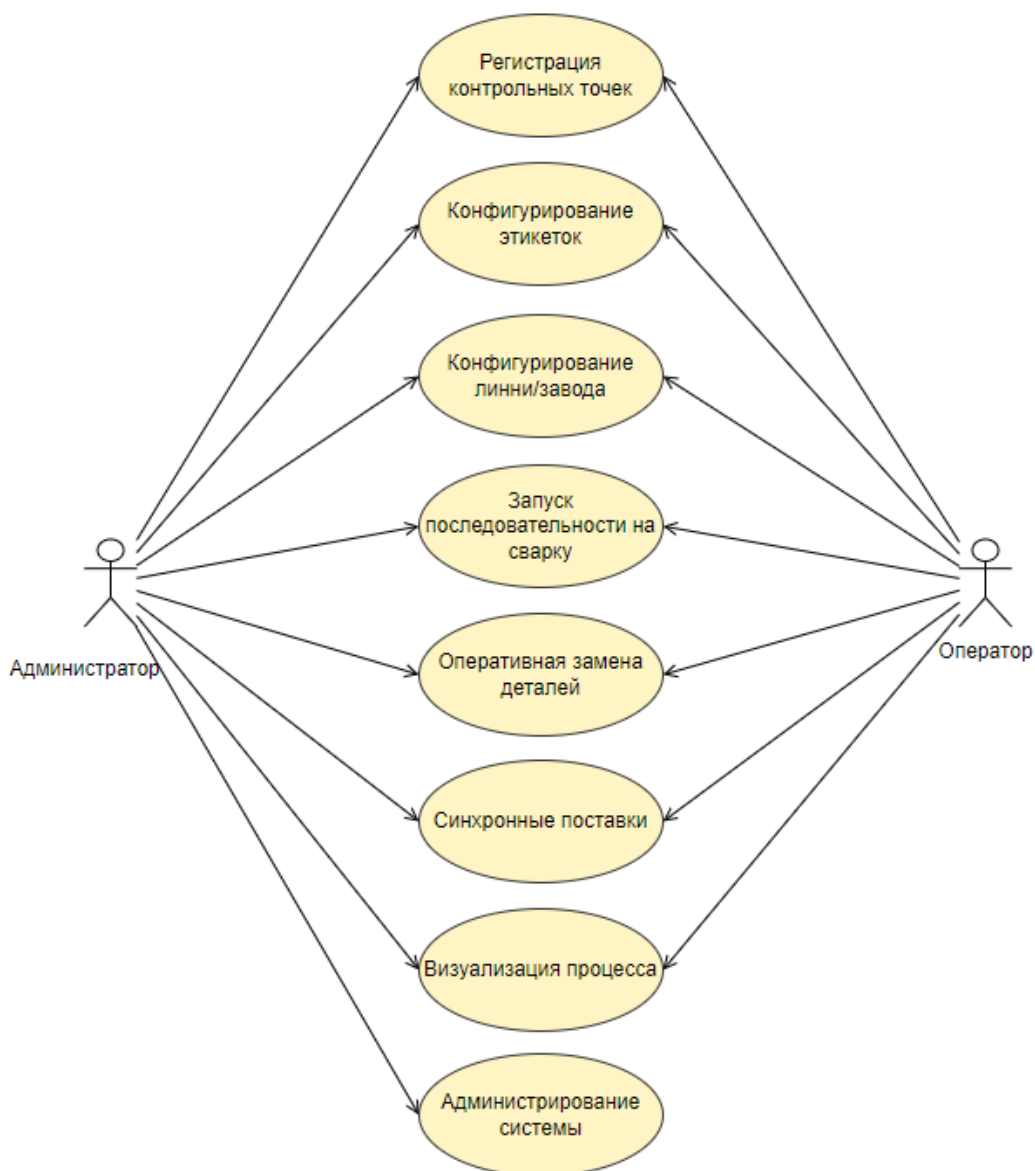


Рис. 1. Диаграмма прецедентов

Далее с помощью диаграммы прецедентов и ее текстового описания был показан процесс авторизации пользователя в системе (рис. 2).

Предусловия в работе информационной системы: система запущена – на мониторе пользователя отображается окно входа в систему.

Основной поток информационной системы:

1. Пользователь вводит логин и пароль.
2. Пользователь нажимает кнопку ОК.
3. Система определяет, что введенная пара «логин/пароль» верна.
4. Система авторизует пользователя.

Результатом будет то, что основной поток завершен, выполнен вход пользователя в систему с правами согласно матрице доступа. На мониторе

пользователя отображается навигационная панель и стартовая экранная форма.

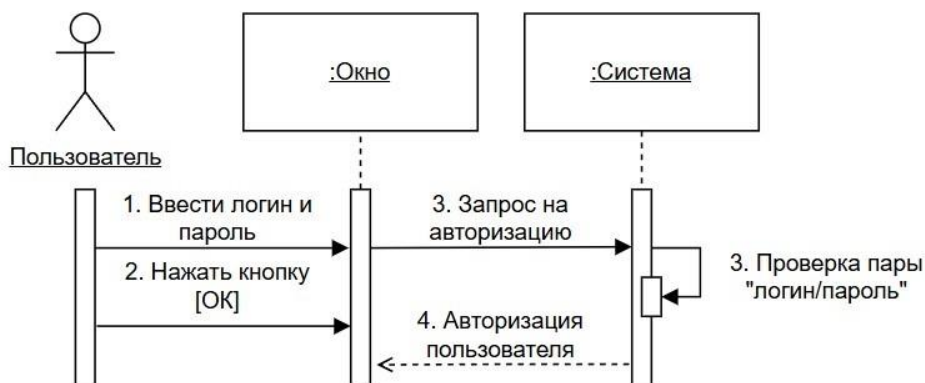


Рис. 2. Диаграмма последовательности авторизации пользователя

На основе диаграммы последовательности был спроектирован интерфейс пользователя (рис. 3).



Рис. 3. Окно входа в систему для пользователя

После успешной авторизации к системе на мониторе пользователя отображается навигационная панель и стартовая экранная форма (рис. 4).

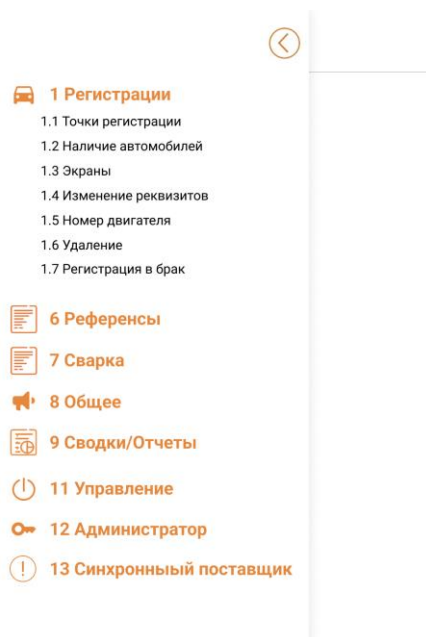






Рис. 4. Навигационная панель информационной системы

Интерфейс навигационной панели включает в себя кнопки и функциональные меню, соответствующие кнопкам.

Кнопки и вызываемые по их нажатию функции описаны в табл. 1.

Таблица 1

Функциональные кнопки панели навигации

Кнопки	Назначение
	Скрытие/раскрытие основного меню
	Вызов окна входа в систему
root	Имя текущего пользователя ИС
	Кнопка выхода из системы
	Смена языка в системе

После выбора пункт меню открывается окно со сводной таблицей данных (рис. 5).

Проблемы целостности данных





Таблица	Проблема	Ключ записи	Код
m_avto	Неправильный ключ запуска	577805	789334
m_avto	Неправильный ключ запуска	579789	789334
m_avto	Неправильный ключ запуска	577805	789334
m_avto	Неправильный ключ запуска	579789	789334
m_avto	Неправильный ключ запуска	577805	789334
m_avto	Неправильный ключ запуска	577805	789334
m_avto	Неправильный ключ запуска	579789	789334
m_avto	Неправильный ключ запуска	577805	789334
m_avto	Неправильный ключ запуска	579789	789334
m_avto	Неправильный ключ запуска	577805	789334
m_avto	Неправильный ключ запуска	579789	789334
m_avto	Неправильный ключ запуска	577805	789334
m_avto	Неправильный ключ запуска	579789	789334
m_avto	Неправильный ключ запуска	577805	789334
m_avto	Неправильный ключ запуска	579789	789334
m_avto	Неправильный ключ запуска	577805	789334
m_avto	Неправильный ключ запуска	579789	789334

Рис. 5. Сводная таблица «Проблемы целостности данных»

Выбрав пункт меню, открывается окно с редактируемой таблицей данных (рис. 6). Пользователь нажимает на кнопку добавления новой строки, строка добавляется и выводится окно добавления данных. Пользователь заполняет поля и нажимает на кнопку Ок.

Макеты условий отбора для отчетов



Код макета	Название макета	Код зоны	Признак (1 - вход, 2 - выход, 3 - пребывание)	Референс (наличие, "*" - отсутствие)	Строка критериев ("/" -И, "*" -ИЛИ, "*" - НЕ)	Код авто	Тип отчета (0, 1 - заполнять VCD)	№ отчета	Дата изменения	Пользователь
*	новый макет		1		LGf		1	1235	2023 - 07 - 11 13:26:16	nba5
ABS	ABS - Vetsa	0_ALL	2		XGF/SSITPK		0	0	2024 - 03 - 04 15:31:30	Dmitriy.Shtykanov.ru
ABS -	ABS - Granta	0_ALL	2		XGD/ABS		0	0	2024 - 02 - 27 16:31:23	Igor.Blinkov.ru

Код макета	ABS
Название макета	ABS
Код зоны	0_ALL
Признак (1-вход, 2-выход, 3-пребывание)	2
Референс (наличие, "*" - отсутствие)	
Строка критериев ("/" -И, "*" -ИЛИ, "*" - НЕ)	XGF/SSITPK
Код авто	
Тип отчета (0, 1 - заполнять VCD)	0
№ отчета	0
Дата изменения	2024 - 03 - 04 15:31:30
Пользователь	Dmitriy.Shtykanov.ru

Ок Отмена

Рис. 6. Сводная таблица «Макеты условий отбора для отчетов»

Таким образом, оптимальный выбор информационной системы позволяет автоматизировать процесс мониторинга, необходимый для современных производственных процессов сборки в различных отраслях промышленной сферы.

Библиографический список

1. Дидык Т.Г. Внедрение ERP-системы для обеспечения эффективности работы предприятия / Т.Г. Дидык, Ю.В. Шаронова // Новые технологии в учебном процессе и производстве: материалы XXI Международной научно-технической конференции. Рязань: Рязанский институт (филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский политехнический университет», 2023. С. 452–454.

2. Шаронова Ю.В. Методы описания ИТ-архитектуры предприятия / Ю.В. Шаронова, Т.Г. Дидык // Интеллектуальные информационные системы: труды Международной научно-практической конференции: в 2 ч., Воронеж, 02–04 декабря 2020 г. Том Часть 2. Воронеж: Воронежский государственный технический университет, 2021. С. 73–77.

3. Шавалеева Д.Н. Методы сбора и классификации информации об элементах архитектуры предприятия / Д.Н. Шавалеева, Т.Г. Дидык, Ю.В. Шаронова // Управление экономикой: методы, модели, технологии: материалы XIX Международной научной конференции. – Уфа–Павловка: Уфимский государственный авиационный технический университет, 2019. С. 312–316.

© Мацкевич А.Р., 2024

И.Ю. ГАЗИЗОВ

Gazinsaf01@mail.ru

Научн. руковод. – д-р техн. наук, профессор **И.Л. ВИНОГРАДОВА**

Уфимский университет науки и технологий

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ТЕПЛИЦА НА БАЗЕ ARDUINO: ОБЗОР ТЕХНОЛОГИЙ, КОМПОНЕНТОВ И ПРОГНОЗ КЛИМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

Аннотация: в статье метод создания рабочей температуры на базе микроконтроллера Arduino, обеспечивающей поддержание режима микроклимата для растений. Описаны основные компоненты системы, такие как датчики температуры, влажности, освещенности и уровня CO₂, а также исполнительные устройства: обогреватели, вентиляторы, насосы и светодиодные лампы. Приведен алгоритм управления климатическими параметрами и рассмотрена возможность прогнозирования изменений температуры и влажности с помощью анализа данных. Автоматизация теплицы позволяет повысить урожайность, минимизировать трудозатраты и адаптироваться к изменяющимся климатическим условиям.

Ключевые слова: управляемая теплота, Arduino, микроклимат, датчики температуры, датчик влажность, управление климатом, прогнозирование климата, исполнительные устройства, автоматизация, умная теплица, освещенность, насосы, вентиляторы, ведение хозяйства.

Введение

В последнее время автоматизированные системы играют все большую роль в сельском хозяйстве, и теплицы – яркий тому пример. Технологии, используемые в умных теплицах, обеспечивают оптимальные условия для выращивания растений и повышают урожайность, снижая трудозатраты. В отличие от традиционных теплиц, где многие процессы требуют постоянного контроля и вмешательства человека, умные теплицы создают микроклимат автоматически. Система таких теплиц может управлять параметрами окружающей среды: температурой, влажностью воздуха и почвы, освещенностью и даже концентрацией углекислого газа (CO₂). Эти параметры контролируются при помощи сенсоров и регулируются с помощью исполнительных устройств, таких как обогреватели, вентиляторы, лампы и насосы. Главную роль в такой системе играет контроллер, например, Arduino, который обрабатывает данные и обеспечивает баланс микроклимата.

1. Основные компоненты умной теплицы

Составление системы умной теплицы требует грамотного подбора компонентов, обеспечивающих надежную и точную работу. Ниже рассмотрим ключевые устройства и их характеристики, которые можно использовать для создания умной теплицы на базе Arduino.

1. **Микроконтроллер:** ArduinoUno или ArduinoMega. ArduinoUno – это доступная и функциональная плата, подходящая для прототипирования.

2. **Датчики:**

○ **Датчик температуры и влажности воздуха (DHT22).** DHT22 измеряет влажность и температуру воздуха с высокой точностью.

○ **Датчик влажности почвы (YL-69).** Помогает контролировать уровень влажности почвы.

○ **Датчик освещенности (BH1750).** Устанавливает интенсивность освещения.

○ **Датчик углекислого газа (CO₂) MH-Z19.** Измеряет уровень CO₂, что критично для фотосинтеза растений.

3. **Исполнительные устройства:**

○ Обогреватели для поддержания температуры.

○ Вентиляторы для вентиляции.

○ Насосы и электромагнитные клапаны для полива.

○ LED-лампы для дополнительного освещения.

4. **Коммуникационные модули:**

○ **Wi-Fi модуль (ESP8266).** Позволяет подключить систему к интернету для удаленного мониторинга.

5. **Питание:** Питание для Arduino и устройств подбирается исходя из их потребностей, обеспечивая стабильную работу всей системы.

2. Контроллер ArduinoUno: ядро системы управления

ArduinoUno – это простая и надежная платформа, широко используемая в автоматизации и прототипировании. С ее помощью можно программировать и управлять множеством устройств и датчиков, собирая данные и обрабатывая их в режиме реального времени.

Основные параметры ArduinoUno:

• Микроконтроллер ATmega328P, тактовая частота 16 МГц.

• 14 цифровых входов/выходов и 6 аналоговых входов.

• Простота использования делает Arduino отличным выбором для управления умной теплицей.

ArduinoUno собирает данные с сенсоров и передает сигналы на исполнительные устройства, такие как вентиляторы, обогреватели, насосы и лампы. Благодаря этому автоматизированная система может самостоятельно регулировать температуру, освещенность и влажность.

3. Датчики температуры, влажности и освещенности

Датчик температуры и влажности DHT22. Этот датчик точен и подходит для долгосрочного мониторинга температуры (от -40°C до $+80^{\circ}\text{C}$) и влажности (0–100 %). Он идеально подходит для теплиц, так как обеспечивает стабильные и точные данные, которые важны для поддержания микроклимата.

Датчик влажности почвы YL-69. Датчик погружается в почву и фиксирует ее влажность на основании изменения электрического сопротивления. Он позволяет автоматизировать полив: когда почва пересыхает, датчик подает сигнал на насос, и система поливает растения до достижения необходимого уровня влажности.

Датчик углекислого газа (CO_2) MH-Z19. Контроль уровня CO_2 имеет важное значение, поскольку его концентрация влияет на интенсивность фотосинтеза. MH-Z19 измеряет концентрацию углекислого газа в пределах от 0 до 5000 ppm, что позволяет автоматически регулировать вентиляцию и обеспечивать растения свежим воздухом.

4. Программное обеспечение для автоматизации и поддержания климата

Программа для Arduino считывает показания датчиков и управляет исполнительными устройствами. Примерный алгоритм работы системы:

1. **Регулировка температуры.** При падении температуры ниже 20°C включается обогреватель, при повышении выше 21°C – выключается.
2. **Полив.** Когда датчик влажности почвы фиксирует недостаток влаги, включается насос для полива.
3. **Освещение.** Если освещенность недостаточна, включаются лампы для дополнительного освещения.
4. **Вентиляция.** Включается при превышении заданного уровня температуры и концентрации CO_2 .

Этот алгоритм позволяет минимизировать вмешательство человека, создавая стабильный микроклимат для растений.

5. Предсказание климата и температура

Для успешного планирования работы умной теплицы важно учитывать долгосрочные изменения температуры и влажности, которые могут влиять на ее работу. Прогнозирование температуры и климата можно реализовать на основе данных, собираемых датчиками, а также с помощью алгоритмов машинного обучения. На основании собранных данных можно разработать модель, способную предсказывать будущие колебания температуры и влажности, позволяя системе заранее подготавливать необходимые условия.

Алгоритмы анализа данных позволяют автоматической системе регулировать микроклимат, избегая стрессовых факторов для растений. Например, если система предсказывает жаркую неделю, можно увеличить частоту полива и проветривания, подготовив растения к засухе.

Пример возможных сценариев предсказания и адаптации:

• ***Прогноз высокой температуры.*** Система заранее увеличивает интервал включения вентиляторов и насосов для полива.

• ***Прогноз холодной ночи.*** Автоматически запускается программа для повышения температуры до оптимальных значений.

• ***Предсказание увеличения влажности.*** Для предотвращения заболеваний растений и появления плесени система снижает интенсивность полива и увеличивает циркуляцию воздуха.

6. Заключение

Умная теплица на базе Arduino представляет собой современное решение для автоматизированного растениеводства. Она позволяет точно и надежно контролировать микроклимат, создавая оптимальные условия для роста растений. Прогнозирование температуры и климата позволяет предвидеть будущие условия и адаптировать систему под потребности растений, минимизируя затраты и повышая урожайность.

Библиографический список

1. Документация Arduino UNO. URL: <https://docs.arduino.cc/hardware/uno-rev3/>.

2. Команды для управления Arduino UNO. URL: <https://alexgyver.ru/lessons/arduino-reference/>.

3. Каталог для составление списка компонентов. URL: <https://iarduino.ru/>.

4. Файлы и библиотеки и другое для Arduino. URL: <https://iarduino.ru/file/>.

© Газизов И.Ю., 2024

СЕКЦИЯ 5.2 МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

УДК 631.544.41

Н.И. АБАКОВА

nurzhamalI@mail.ru

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

Уфимский университет науки и технологий

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕТОДОВ ЧИСЛЕННОГО ИНТЕГРИРОВАНИЯ

Аннотация: численное интегрирование – один из основных численных методов, который используется для нахождения значений определенных интегралов в случаях, когда аналитическое решение невозможно или затруднено. В этой работе основные методы численного интегрирования анализируются с точки зрения их применения и эффективности в таких областях, как обработка изображений, физика, инженерия и другие.

Ключевые слова: численное интегрирование, методы интегрирования, квадратурные формулы, метод трапеций, метод Симпсона, интегралы.

Введение

Интеграция – важная математическая операция, используемая для решения уравнений в физике и инженерии, а также для нахождения площади, объема или среднего значения функции. Чаще всего точное решение интегралов можно найти только для простых функций. Для сложных задач, когда точное решение невозможно, применяются методы численной интеграции, которые позволяют получать приближенные решения с заранее заданной точностью.

Численная интеграция играет важную роль в современной науке и технике. Эти методы широко используются в таких областях, как механика, астрономия, экология, экономика и других науках, где аналитическое решение интегралов невозможно. Эффективные методы численной интеграции позволяют ускорить вычисления и достичь точности при работе с большими данными.

Описание метода численного интегрирования

Значение численной интеграции заключается в том, что она предоставляет набор методов для нахождения приближенного значения интеграла в случае, когда решение традиционными математическими методами невозможно. Этот метод основывается на выборе определенной

области для вычисления интеграла. В этой области вычисляются значения функции, которые затем суммируются или обрабатываются по определенному правилу для получения приближенного значения интеграла.

Например, если нахождение аналитического решения интеграла слишком сложное или невозможно, численные методы позволяют приближенно вычислить значение интеграла. Этот метод особенно полезен, когда функции сложные или вычисления трудоемкие.

Кроме того, численная интеграция позволяет работать с высокой точностью, что особенно важно при работе с большими данными.

Рассмотрим самые часто применяемые методы численного интегрирования:

1. Метод прямоугольников

Этот метод основан на приближении функции прямоугольниками. Здесь основание каждого прямоугольника соответствует интервалам, на которые разделена область интегрирования. А высота прямоугольника равна значению функции в точке левого или правого конца интервала. То есть, значение функции в каждом интервале принимается за высоту прямоугольника, и с помощью этих прямоугольников приближается график функции, в результате чего получается приближенное значение интеграла.

Формула для метода прямоугольников. Пусть $n=1$, $d_1=0$. Тогда

$$D = \int_{-1}^1 |t| dt = 1, \quad D_1 = \int_{-1}^1 1 - dt = 2,$$

квадратурная формула для этого метода

$$\int_a^b f(x) dx \approx (b-a) f\left(\frac{a+b}{2}\right),$$

а оценка остаточного члена

$$R(f) = \max_{[a,b]} |f'(x)| \frac{(b-a)^2}{4}.$$

2. Метод трапеций

Метод трапеций – усовершенствованная версия метода прямоугольников. В этом методе вместо прямоугольников используются трапеции. Каждое основание трапеции соответствует сегментам, на которые разбивается область интегрирования, а верхняя сторона трапеции равна значениям функции на двух концах каждого сегмента. Этот метод позволяет точнее аппроксимировать график функции, так как верхняя грань трапеции ближе к форме кривой функции.

Пусть $n=2$, $d_1=-1$, $d_2=1$. Тогда

$$D = \int_{-1}^1 \frac{|t^2-1|}{2} dt = \frac{2}{3}, \quad D_1 = \int_{-1}^1 \frac{1-t}{2} dt = 1, \quad D_2 = \int_{-1}^1 \frac{1+t}{2} dt = 1.$$

Получена формула трапеций

$$\int_a^b f(x) dx \approx \frac{(b-a)}{2} (f(a)+f(b))$$

с оценкой остаточного члена

$$R(f) = \max_{[a,b]} f''(x) / \frac{(b-a)^2}{12}.$$

Метод трапеций дает более точные результаты, чем метод прямоугольников, потому что он лучше аппроксимирует кривую функции трапециями. В этом методе используются трапеции, верхняя сторона которых приближается к графику функции, поэтому результат получается более точным.

3. Метод Симпсона

Метод Симпсона – это метод, который вычисляет функцию с помощью приближения второго порядка (параболой), дающий более точный результат по сравнению с методом трапеции. В этом методе график функции аппроксимируется параболами. Кроме того, для применения метода Симпсона количество разделенных интервалов должно быть четным.

Пусть $n=4$, $d_1=-1$, $d_2=d_4=0$, $d_3=1$.

Тогда

$$D = \int_{-1}^1 \frac{t^2(1-t^2)}{2t} dt = \frac{1}{90}.$$

По формуле интерполирования с кратными узлами

$$L_4(x) = L_3(x) + f\left(a; b; \frac{a+b}{2}; \frac{a+b}{2}\right) (x-a)(x-b) \left(x - \frac{a+b}{2}\right).$$

где

$$L_3(x) = f(a) + f\left(a; b; \frac{a+b}{2}\right) (x-a) + f\left(a; b; \frac{a+b}{2}\right) (x-a)(x-b).$$

Второе слагаемое в выражении $L_4(x)$ является функцией, нечетной относительно середины отрезка $[a, b]$, поэтому

$$\int_a^b L_4(x) dx = \int_a^b L_3(x) dx.$$

Многочлен $L_3(x)$ является интерполяционным многочленом второй степени ($d_1 = 1, d_2 = 0, d_3 = 1$), как видно из рис. 1.

$D_1 = 1/3, D_2 = 4/3, D_3 = 1/3$ соответствуют этим значениям d_1, d_2, d_3 . В результате получаем квадратурную формулу, которая по имени автора названа формулой Симпсона

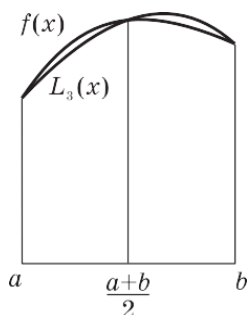


Рис. 1.

$$\int_a^b f(x)dx \approx \frac{b-a}{6} (f(a)+4f(\frac{a+b}{2})+f(b))$$

с оценкой остаточного члена

$$R(f) = \max_{[a,b]} |f^{(4)}(x)| \frac{(b-a)^5}{2880}.$$

Метод Симпсона, поскольку использует параболическое приближение, дает более точный результат по сравнению с другими методами. Парабола ближе к графику функции, поэтому вычислительный результат получается более точным.

Заключение

Численное интегрирование— это один из основных инструментов вычислительной математики, который широко используется в различных областях науки и техники для решения сложных задач. Обычно интеграл в некоторых случаях невозможно или очень сложно вычислить аналитическим способом, то есть с использованием традиционных математических методов. В таких ситуациях применяются численные методы, которые предлагают эффективные способы решения таких задач. С помощью численной интеграции можно приблизительно вычислить значения определенных интегралов. Кроме того, разработка новых методов численной интеграции и их дальнейшее улучшение, а также повышение эффективности остаются важными направлениями современных исследований. Теория и практическое применение этих методов играют важную роль в содействии развитию науки и техники.

Библиографический список

1. Бахвалов Н.С., Жидков Н.П., Кобельков Г.М. Численные методы. 5-е изд. М.: Наука, 2007. 86 с. URL: http://www.physics.gov.az/book_Ch/Bahvalov.pdf.
2. Волков Е. А. Численные методы. 5-е изд. М.: Наука, 2008. 103 с. URL: [http://elib.kstu.kz/fulltext/skan/Volkov %20E.A. %20Chislennye %20metody.pdf](http://elib.kstu.kz/fulltext/skan/Volkov%20E.A.%20Chislennye%20metody.pdf).
3. Шерыхалина Н.М., Ахмадуллин А.А., Галлямутдинова К.Р. Применение методов численной фильтрации в задачах интегрирования и суммирования рядов // Вестник УГАТУ. 2021. Т. 25, № 4 (94). С 124–131.
4. 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. URL: <http://ict.nsc.ru/jct/content/t4n6/Zhitnikov.pdf>
5. Sherykhalina N.M., Shaymardanova E.R. Comparison of accuracy of the Cauchy problem solutions by different numerical methods // Systems Engineering and Information Technologies. 2023. Vol. 5, № 6 (15). P. 11–16. URL: <http://siit.ugatu.su/index.php/journal/article/viewFile/168/186>.
6. Житников В.П., Шерыхалина Н.М., Федорова Г.И., Соколова А.А. Методика качественного улучшения результатов вычислительного эксперимента // Системная инженерия и информационные технологии. 2021. Т. URL: <http://siit.ugatu.su/index.php/journal/article/viewFile/58/73>
7. 3, № 1 (5). С. 58–64. [[Zhitnikov V.P., Sherykhalina N.M., Fedorova G.I., Sokolova A.A. Methodology for qualitative improvement of the results of a computational experiment. System Engineering and Information Technologies. 2021. Vol. 3, no 1 (5), P. 58–64.]]

© Абакова Н.И., 2024

А.А. АКМАНОВ

arslanakmanov@mail.ru

Науч. руковод. – д-р техн. наук, проф. каф. ВМиК **Н.М. ШЕРЫХАЛИНА***Уфимский университет науки и технологий***ЧИСЛЕННОЕ ДИФФЕРЕНЦИРОВАНИЕ ФУНКЦИЙ**

Аннотация: в статье рассматривается численное дифференцирование как один из способов решения математических задач. Численное дифференцирование применяется тогда, когда функцию трудно или невозможно продифференцировать аналитически. Формулы численного дифференцирования широко используются при разработке вычислительных методов решения многих задач, например, при решении дифференциальных уравнений, поиске решений систем нелинейных уравнений, поиске точек экстремума функций и т. д. Основной подход при построении формул численного дифференцирования – это аппроксимация функции.

Ключевые слова: дифференцирование, производная, формула Тейлора, погрешность, оценка.

Пусть функция $f(x)$ дифференцируема в точке x . Тогда значение производной в точке x определяется следующим образом:

$$f'(x) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{f(x+\Delta x) - f(x)}{\Delta x} = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{f(x) - f(x-\Delta x)}{\Delta x} = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{f(x+\Delta x) - f(x-\Delta x)}{2 \cdot \Delta x}, \quad (1)$$

Для вычисления производной необходим ряд операций. Некоторые из них осуществимы (в процессе решения задач есть возможность вычислять значения функций и проводить с ними арифметические действия, но нет возможности для вычисления пределов, так как это требует бесконечных затрат времени, памяти) в связи с этим ограничимся конечными Δx и получим приближенную формулу:

$$f'(x) \approx \frac{f(x+\Delta x) - f(x)}{\Delta x} \approx \frac{f(x) - f(x-\Delta x)}{\Delta x} \approx \frac{f(x+\Delta x) - f(x-\Delta x)}{2 \cdot \Delta x}, \quad (2)$$

Пусть заданы точки $x_0, x_j, j = 0, \dots, n$

$$x_j = x_0 + j \cdot h, \quad j = 0, \dots, n, \quad h > 0$$

$$f(x_j) = f_j$$

$$f'(x_j) = f'_j$$

Тогда формулу (2) можно переписать в виде:

$$f'_j \approx \frac{f_{j+1}-f_j}{h} \approx \frac{f_j-f_{j-1}}{h} \approx \frac{f_{j+1}-f_{j-1}}{2*h}, \quad (3)$$

Где $f'_j \approx \frac{f_{j+1}-f_j}{h}$ - правая конечно-разностная производная; $f'_j \approx \frac{f_j-f_{j-1}}{h}$ - левая конечно-разностная производная; $f'_j \approx \frac{f_{j+1}-f_{j-1}}{2*h}$ - центральная конечно-разностная производная.

Для приближенного вычисления второй производной используем формулу центрально-разностной производной:

$$f''_j \approx \frac{f'_{j+\frac{1}{2}}-f'_{j-\frac{1}{2}}}{h} \approx \frac{\frac{f_{j+1}-f_j}{h}-\frac{f_j-f_{j-1}}{h}}{h} \approx \frac{f_{j+1}-2*f_j+f_{j-1}}{h^2}, \quad (4)$$

Необходимо оценить погрешность метода, связанную с заменой предельных значений на конечно-разностные. Для оценки погрешности разложим $f(x)$ по формуле Тейлора в точке x_j

$$f(x) = f(x_j) + \frac{f'(x_j)}{1!}(x-x_j) + \frac{f''(x_j)}{2!}(x-x_j)^2 + \dots + \frac{f^{(L)}(x_j)}{L!}(x-x_j)^L + \frac{f^{(L+1)}(\xi)}{(L+1)!}(x-x_j)^{L+1};$$

положим $x = x_{j+1} = x_j + h$

$$f_{j+1} = f_j + h * f'_j + h^2 * \frac{f''_j}{2} + \dots + \frac{h^L * f_j^{(L)}}{L!} + \frac{h^{L+1} * f^{L+1}(\xi)}{(L+1)!}$$

Таким образом формула оценки правой разностной производной представима в виде:

$$\frac{f_{j+1} - f_j - h * f'_j}{h} = h * \frac{f''_j}{2!} + \dots + \frac{h^{L-1} * f_j^{(L)}}{L!} + \frac{h^L * f^{L+1}(\xi)}{(L+1)!}$$

После некоторых алгебраических преобразований получаем итоговую оценочную формулу:

$$\left| \frac{f_{j+1}-f_j}{h} - f'_j \right| \leq \frac{h}{2} * \max_{\xi \in [x_j; x_{j+1}]} |f''(\xi)|, \quad (5)$$

Оценка левой разностной производной получается аналогичной. Оценка центральной разностной производной представляет собой формулу:

$$\left| \frac{f_{j+1}-f_{j-1}}{2*h} - f'_j \right| \leq \frac{h^2}{6} * \max_{\xi \in [x_j; x_{j+1}]} |f'''(\xi)|, \quad (6)$$

Оценка для второй разностной производной:

$$\left| \frac{f_{j+1} - 2f_j + f_{j-1}}{h^2} - f_j'' \right| \leq \frac{h^2}{12} * \max_{\xi \in [x_j; x_{j+1}]} |f^{IV}(\xi)|, \quad (7)$$

Показатель степени при h в формулах для оценки погрешности (5), (6), (7) называется порядком точности формулы или метода.

Для оценки погрешности первой разностной производной необходимо знать оценку второй или третьей производной. Для оценки погрешности второй производной необходима оценка четвертой производной.

В качестве примера вычислим вторую производную функции $\sin(x)$ в точке $x = \frac{\pi}{6}$, $h = 0,001$ с помощью формулы центрально разностной производной на языке Python:

$$f_j'' \approx \frac{f_{j+1} - 2f_j + f_{j-1}}{h^2}, \quad f_j'' = -0.49999999999999994 \quad (\text{истинное значение второй производной в точке } x = \frac{\pi}{6})$$

В результате вычисления по формуле центрально-разностной производной: $f_j'' \approx -0.4999999583810144$

Абсолютная погрешность: $4.1618985535674113 * 10^{(-8)}$

Истинное значение второй производной функции $\sin(x)$ в точке $x = \frac{\pi}{6}$ и полученное в результате вычисления отличаются ввиду погрешности. Чем меньше значение h , тем точнее будет значение, полученное в результате вычисления.

Таким образом, численное дифференцирование является достаточно надежным способом нахождения производных функции, когда она задана множеством точек. Значение первой производной в этом случае может быть найдено как правая, левая или центральная конечно-разностная производная. Вторая производная в любой точке находится с помощью центральной конечно-разностной производной.

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. Численные методы [Электронный ресурс] / Н.С. Бахвалов, Н.П. Жидков, Г.М. Кобельков. 8-е изд. (эл.). Электрон. текстовые дан. (1 файл pdf : 639 с.). М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015.
3. Житников В.П., Шерыхалина Н.М. Оценка достоверности численных результатов при наличии нескольких методов решения задачи // Вычислительные технологии. 1999. Том 4, № 6.

4. Шерыхалина Н.М. Аппроксимация результатов численного эксперимента // Моделирование, вычисления, проектирование в условиях неопределенности – 2000: труды Междунар. науч. конф. Уфа: УГАТУ. 2000.

© Акманов А.А., 2024

А.Д. БАДМАЕВ*badmaevad@uust.ru*Науч. руковод. – д-р техн. наук, профессор **Н.М. ШЕРЫХАЛИНА***Уфимский университет науки и технологий***ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА ПО ПЕРЕВОДУ
В ИРРАЦИОНАЛЬНУЮ СИСТЕМУ СЧИСЛЕНИЯ**

Аннотация: в статье рассматриваются системы счисления с иррациональным основанием, представимые своим минимальным квадратичным полиномом. Старшие корни таких полиномов являются числами Пизо. Для разложения целых чисел в конечные представления с целыми коэффициентами используются методы прямого кодирования. Рассмотрены два больших семейства чисел Пизо. Рассмотренные системы счисления дают конечные разложения любых рациональных чисел в иррациональную систему счисления с плавающей точкой. Разработанный алгоритм не уступает по скорости работы альтернативным алгоритмам разложения по целочисленным системам счисления.

Ключевые слова: числа Пизо; системы счисления с иррациональным основанием; прямое кодирование; полиномиальное представление основания системы счисления.

Постановка задачи

Множество чисел Пизо состоит из вещественных алгебраических целых чисел $P > 1$ таких, что все алгебраически сопряженные к ним числа лежат внутри единичного круга. Другими словами, число Пизо является корнем своего минимального полинома степени n вида:

$$x^n + A_{n-1}x^{n-1} + \dots + A_1x + A_0 = 0.$$

Рассмотрим несколько первых квадратичных иррациональностей (табл. 1). Корни данных полиномов являются числами Пизо.

Таблица 1

Квадратичные иррациональности и их корни

Корень 1	Полином 2	Числовое значение 3
$\frac{1 + \sqrt{5}}{2}$	$x^2 - x - 1 = 0$	1.618033...(золотое сечение)
$1 + \sqrt{2}$	$x^2 - 2x - 1 = 0$	2.414214...(серебряное сечение)1

Окончание табл. 1		
$\frac{3 + \sqrt{5}}{2}$	$x^2 - 3x - 1 = 0$	2.618033...
$1 + \sqrt{3}$	$x^2 - 2x - 2 = 0$	2.732050...
$\frac{3 + \sqrt{13}}{2}$	$x^2 - 3x - 1 = 0$	3.302775...

Отметим следующие интересные факты. Множество чисел Пизо имеет минимальный элемент, который является корнем уравнения $x^3 - x - 1 = 0$ и равен приблизительно 1,324717957244746...

Обозначим множество чисел Пизо S . По теореме Салема множество S – замкнутое [3-7]. Замкнутое множество чисел Пизо имеет точки сгущения. Первая точка сгущения – это и есть золотое сечение. Четыре семейства чисел Пизо, которые рассматриваются ниже, сходятся к этому золотому сечению, как к пределу. Множество точек сгущения S' (или первое производное множество) чисел Пизо также бесконечно. При этом

- 1) S бесконечно на интервале (1, 2) и на всей числовой прямой;
- 2) вторая точка сгущения есть число 2, т. е. $2 \in S''$ (второе производное множество);
- 3) все целые числа больше единицы (2, 3, 4...) являются точками сгущения точек сгущения чисел Пизо, т. е. $n \in S''$;
- 4) Заметим, что если отступить влево от числа 2 на некоторое малое значение $\varepsilon > 0$, то на полуинтервале $(1; 2 - \varepsilon]$ существует только конечное число точек сгущения чисел Пизо.

Дюфресной и Пизо определили все числа Пизо, которые не превышают золотого сечения φ . Опишем четыре семейства полиномов чисел Пизо, которые сходятся к золотому сечению. Для нахождения приближенного значения корня можно использовать численные методы. Например, комбинированный метод поиска корней полиномиального уравнения одной переменной.

Рассмотрим семейство вида $x^n(x^2 - x - 1) \pm (x^2 - 1)$, представленное в табл. 2.

Таблица 2

Числовые значения для различных степеней полинома n

n	Числовое значение полинома $x^n(x^2 - x - 1) + (x^2 - 1)$	Числовое значение полинома $x^n(x^2 - x - 1) - (x^2 - 1)$
1	2	3
1	1.324717957244746	2.246979603717467
2	1.380277569097614	1.905166167754019

Окончание табл. 2		
1	2	3
3	1.443268791270373	1.778479616143385
4	1.501594803539087	1.714285329142573
5	1.545215649732755	1.677521747841097
8	1.601755861696983	1.632690733167445
10	1.611983421246492	1.623763537800702
15	1.617501299812909	1.618562333430372
30	1.618033599815546	1.618034377679105
60	1.618033988749686	1.618033988750104
100	1.618033988749895	1.618033988749895

Первый многочлен делится на $x^2 - 1$ при нечетных n и на $x - 1$ при четных n . У него есть еще один действительный ноль, который является числом Пизо. Деление любого многочлена на x^n дает выражения, которые приближаются к $x^2 - x - 1$, поскольку n становится очень большим и имеет нули, которые сходятся к φ .

Позиционные системы счисления

Пусть $\beta > 1$ любое иррациональное число. Тогда для любого $x \in [0; 1]$ существует разложение по степеням β

$$x = x_1\beta^{-1} + \dots + x_n\beta^{-n} + \dots = (x + a)^n = \sum_{i=0}^{\infty} x_i\beta^{-i},$$

где $\{0, \dots, [\beta]\}$. Назовем это жадным бета-разложением [9-11] числа x по степеням β . Например, если $1 < \beta < 2$, то $x_i \in \{0; 1\}$, то есть x соответствует бесконечной бинарной строке $d_\beta = x_1x_2 \dots x_n \dots$.

Для произвольного числа β и соответствующего x это разложение, вообще говоря, бесконечное, оно содержит бесконечное количество отрицательных степеней β . Но если β выбирать из чисел Пизо, разложения будут конечными или периодическими, что возможно использовать в некоторых задачах кодирования битов (β -ричная система счисления).

Если начиная с некоторого номера i существует такое p (количество чисел в периоде), что $x_{i+p} = x_i$, то $x \in \text{Per}(\beta)$ (множество периодических β -чисел), где

$$x \in \text{Per}(\beta) \Leftrightarrow 0.x_1 \dots x_i(x_{i+1} \dots x_{i+p})(x_{i+1+p} \dots x_{i+2p}) \dots$$

Если $i = 0$, то последовательность является чисто периодической.

Заключение

Подобные системы счисления применимы в самых разных ответвлениях технической науки, например, для существенного уменьшения потери точности при передаче бинарных сигналов. Очевидно, что при использовании в основании числа меньше двух, скорость роста ошибки при потере битов на старших и младших степенях будет не так критична. Но, чем меньше наше основание, тем длиннее последовательность нулей и единиц даже для самого маленького числа.

Очевидным преимуществом такой системы является вариативность перевода, связанная с большим выбором основания степеней (разные способы представления бинарной последовательности у одного и того же числа) [15–18].

Также, появляется возможность сжимать бинарные разложения из-за того, что между единицами находится большое количество нулей.

Недостатком же является проблема с программированием точного перевода из иррациональной системы счисления в десятичную. Кроме того, при увеличении точности корня и использовании «жадного» алгоритма мы получим геометрическую зависимость перевода любого целого числа от представления корня до n -го знака после запятой. То есть, точность корня напрямую влияет на точность перевода отрицательной части любого целого числа.

Библиографический список

1. Hardy G.H. (1919). «A problem of diophantine approximation». J. Indian Math. Soc. 11: 205–243.
2. M.J. Bertin; A. Decomps-Guilloux; M. Grandet-Hugot; M. Pathiaux-Delefosse; J.P. Schreiber (1992). Pisot and Salem Numbers. Birkhäuser.
3. Stein, William. Algebraic Number Theory: A Computational Approach
4. Markov A.A. Lectures on continued fractions. / Selected works on the theory of continued fractions and functions least deviating from zero. Moscow; Leningrad: Gostekhizdat, 1948.
5. Bertin M.J. et al. Pisot and Salem Numbers. Basel: Birkhauser, 1992.
6. Абдусаламов, М.В. О системах счисления, основанных на иррациональных числах // Вестник Челябинского государственного университета. 2015. Т. 36, № 351. С. 25–29.
7. Петров А.С. Анализ возможности использования иррациональных систем счисления // Современные проблемы математики, информатики и кибернетики, 2019. Т. 23, № 4. – С. 81–89.
8. Турченко А.А. Иррациональные системы счисления: теоретические аспекты и практическое применение // Математическое образование. 2012. № 3. С. 45–50.
9. Estermann, Theodor (1975). The irrationality of $\sqrt{2}$ // Mathematical Gazette. 59 (408): 110.

10. Badmaev A.D., Sherykhalina N.M., Shaymardanova E.R. Number systems represented by quadratic polynomials // Systems Engineering and Information Technologies. 2024. Vol. 6, № 2 (17). P. 33–38. ISSN: 2686-7044.
11. Salem R. (1944) A remarkable class of algebraic integers. Proof of a conjecture of Vijayaraghavan". Duke Math. J. 11: 103–108.
12. Graham R.L., Knuth D.E., Patashnik O. Concrete mathematics. Foundation of computer science. Moscow: Mir, 1998.
13. Дзиндзирели М. От Писон в числа Пизо // Вестник МГУ. Серия 1, 1985. № 4. С. 144–154.
14. Иванов Г.С. Числа Пи и числа Пизо: история и свойства // Математический журнал. 2010. Т. 10, № 2. С. 70–79.
15. Федоров Н.И. Изучение чисел Пизо в контексте математического анализа // Ученые записки Уральского федерального университета. Серия Математика, механика, информатика. 2014. Т. 25, № 2. С. 81–89.
16. Hughes, Colin Richard (1999). Irrational roots // Mathematical Gazette. 83 (498): 502–503.
17. Cassels J. W. S. Introduction to the theory of Diophantine approximations. Moscow: Nauka, 1961.
18. Klein F. Elementary mathematics from an advanced standpoint. Vol. 1: Arithmetic. Algebra. Analysis. Moscow: Nauka, 1987.

© Бадмаев А.Д., 2024

А.А. БАЙБУЛАТОВ, И.Т. НАГАЕВ

hupuk.ainur23@gmail.com, ildarnagaev2004@gmail.com

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

Уфимский университет науки и технологий

ПАТТЕРН MODEL-VIEW-VIEWMODEL: ОСНОВНАЯ ИДЕЯ, ПРЕИМУЩЕСТВА И ПРАКТИКА ПРИМЕНЕНИЯ

Аннотация: в данной статье рассматривается паттерн проектирования MVVM (Model-View-ViewModel). Также выделены преимущества данного подхода для разработки ПО перед традиционными методами разработки. Представлены примеры реализации данного паттерна.

Ключевые слова: MVVM, Model-View-ViewModel, WPF, ООП, модель данных, представление, модель представления, двусторонняя привязка данных, INotifyPropertyChanged, PropertyChanged, привязка данных, C#, программная реализация.

Паттерн проектирования MVVM был изобретен Джоном Госманом в 2005 году. Изначально он был создан для разработки приложений в WPF (Windows Presentation Foundation), однако, в настоящее время, MVVM используется в различных технологиях, например, в разработке мобильных приложений и веб-программировании.

Данный паттерн появился вследствие роста сложности разрабатываемого программного обеспечения. Чем дольше существует какой-либо программный продукт, тем сложнее становится его поддерживать и внедрять в него новый функционал.

MVVM основывается на принципах ООП (Объектно-ориентированное программирование), поэтому все части разрабатываемого проекта реализованы здесь в виде объектов и классов.

Основная идея данного паттерна заключается в разделении логики приложения на три части: Model (Модель данных), View (Представление), ViewModel (Модель представления).

Класс модели содержит в себе данные и бизнес-логику приложения. Эта часть используется для сохранения состояния приложения и все необходимые методы для обработки и проверки данных. В то же время модель не должна содержать в себе логику, которая отображает эти данные. Часто этот компонент взаимодействует с внешними системами, такими как веб-сервисы или базы данных.

Класс представления представляет из себя компонент реализующий интерфейс приложения для взаимодействия с пользователем. В наиболее популярном варианте реализации паттерна MVVM эта часть состоит из

компонентов графического интерфейса, таких как кнопки, текстовые поля, метки и т. д. Здесь не должна храниться логика проверки или обработки данных. Представление взаимодействует с моделью через модель представления (ViewModel).

Модель представления действует как посредник между моделью и представлением. Эта часть обычно не содержит много логики для обработки данных. Атрибутом этого компонента является объект модели, через который происходит изменение его состояния.

В паттерне проектирования MVVM взаимодействие между моделью, моделью представления и представлением происходит таким образом, чтобы минимизировать зависимость каждого компонента друг от друга.

Связь между представлением и моделью представления происходит через механизм двусторонней привязки данных (data binding). Иными словами, этот механизм можно описать следующим образом: в View (представлении) атрибуты компонентов графического интерфейса привязываются к атрибутам ViewModel (модели представления), затем View «наблюдает» за ViewModel и после того, как произошло какое-либо изменение в модели представления, соответствующие атрибуты представления автоматически меняются. На рис. 1 показана схема связи между представлением и моделью представления.

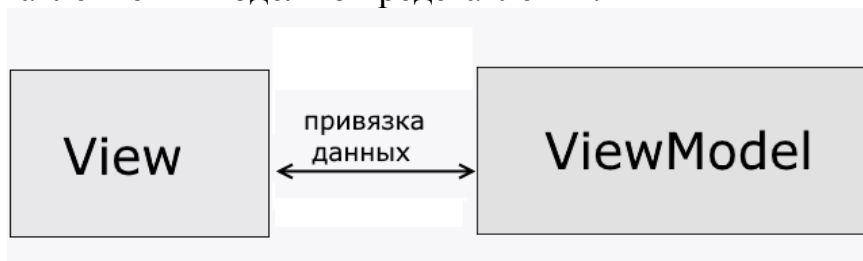


Рис. 1. Схема связи между View и ViewModel

Связь между ViewModel и Model осуществляется через включение объекта модели в состав ViewModel (агрегация или композиция). Таким образом, класс представления модели получает доступ к публичным свойствам и методам модели. Благодаря этому, при изменении компонентов View (представления), если к атрибутам ViewModel (представления модели) была применена привязка, то одновременно меняются как представление, так и модель. Таким образом схема паттерна MVVM приобретает вид, показанный на рис. 2.

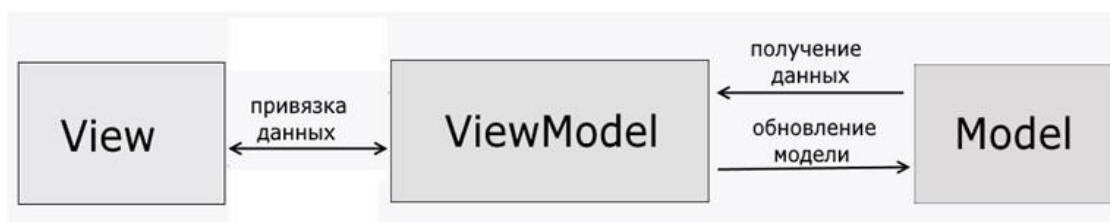


Рис. 2. Схема связи между View, ViewModel и Model

В применении паттерна MVVM для разработки программного обеспечения можно выделить ряд преимуществ. Во-первых, упрощается тестирование, так как каждый компонент (View, ViewModel, Model) четко отделены друг от друга. Во-вторых, повышается читаемость и поддержка кода, так как каждый компонент отвечает за свою задачу, что делает код более легким для понимания. В-третьих, компонент ViewModel можно использовать несколько раз для разных представлений, если они используют одну и ту же модель данных. В-четвертых, паттерн MVVM легко масштабируется, что особенно важно при разработке сложных приложений: новые View, ViewModel и Model можно добавлять без значительных изменений в существующем коде. Наконец, MVVM отлично интегрируется с современными технологиями, такими как WPF, Xamarin, .NET MAUI и другими.

Рассмотрим пример программной реализации паттерна MVVM на языке программирования C# с использованием технологии WPF (Windows Presentation Foundation). В качестве модели данных рассматривается класс User изображенный на рис. 3. Здесь в качестве атрибутов модели представлены имя и возраст пользователя. В качестве представления (View) рассматривается форма, которая состоит из одного «TextBlock», в котором свойство «Text» привязано к атрибуту возраста пользователя. Данная форма изображена на рис. 4. И, наконец, в качестве модели представления выступает класс UserViewModel, который наследуется от класса INotifyPropertyChanged – интерфейса, который содержит в себе событие PropertyChanged и метод OnPropertyChanged([CallerMemberName] string propertyName = null). Эти компоненты класса UserViewModel необходимы для правильной работы привязки данных. В данном классе атрибуты реализованы с использованием модификаторов get и set. Они позволяют выполнять определенный код при доступе к значению атрибута через get и при его изменении через set. Под каждым модификатором set вызывается метод OnPropertyChanged, в котором вызываются все обработчики, подписанные к событию PropertyChanged. Эти обработчики реализуют логику, необходимую для правильной работы привязки. Эта логика нужна, чтобы «уведомить» представление об изменении данных. Также в класс UserViewModel композируется объект класса User (модели данных), что позволяет получить доступ к публичным методам и свойствам модели. Через модификаторы set соответствующих атрибутов представления модели задаются новые значения атрибутов модели, а через модификаторы get происходит получение доступа к этим атрибутам. Класс UserViewModel изображен на рис. 5.

```
//МОДЕЛЬ ДАННЫХ
Ссылка: 2
public class User
{
    Ссылка: 3
    public string Name { get; set; }
    Ссылка: 3
    public int Age { get; set; }
}
```

Рис. 3. Модель данных User

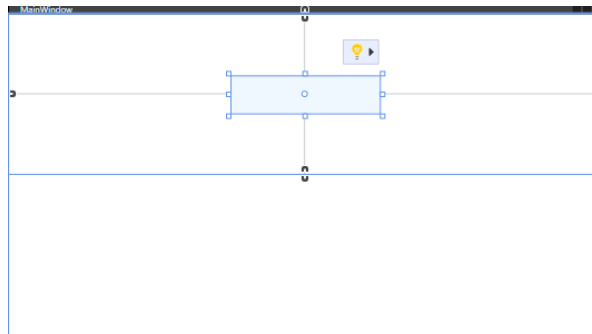


Рис. 4. Представление

```
//МОДЕЛЬ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ
Ссылка: 2
public class UserViewModel: INotifyPropertyChanged
{
    private User _user;
    Ссылка: 1
    public UserViewModel()
    {
        // Инициализация пользователя
        _user = new User();
        Age = 30;
    }
    Ссылка: 1
    public int Age
    {
        get => _user.Age;
        set
        {
            _user.Age = value;
            OnPropertyChanged(nameof(Age));
        }
    }
    Ссылка: 1
    public string Name
    {
        get => _user.Name;
        set
        {
            _user.Name = value;
            OnPropertyChanged(nameof(Name));
        }
    }
    public event PropertyChangedEventHandler PropertyChanged;
    Ссылка: 2
    protected void OnPropertyChanged([CallerMemberName] string propertyName = null)
    {
        PropertyChanged?.Invoke(this, new PropertyChangedEventArgs(propertyName));
    }
}
```

Рис. 5. Модель представления

Так как в конструкторе модели представления атрибуту Age сразу присваивается значение, то после запуска программы в TextBox формы отображается значение 30, согласно правилу работы привязки. Также, после такого присваивания изменяется значение атрибута Age модели User, как указано в модификаторе set.

Таким образом, паттерн MVVM является мощным инструментом для эффективной организации взаимодействия между пользовательским

интерфейсом (View), моделью (Model) и представления модели (ViewModel).

Библиографический список

1. Макеев Г.А. Объектно-ориентированное программирование: с нуля к SOLID и MVC: учебное пособие / Г.А. Макеев. Ульяновск: УУНиТ, 2024. С. 246–247.
2. Фримен Э., Робсон Э. Head First. Паттерны проектирования. 2-е издание / Эрик Фримен, Элизабет Робсон. М.: Вильямс, 2022. С. 350–351.

© Байбулатов А.А., Нагаев И.Т., 2024

А.Р. ВАЛИУЛЛИНА, А.Д. ЮЛДАШБАЕВ

alina3.14v@yandex.ru

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

Уфимский университет науки и технологий

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В МАРКЕТИНГЕ

Аннотация: статья исследует применение машинного обучения в маркетинге, на примере Amazon, для анализа отзывов и улучшения продуктов. Рассматриваются методы классификации, анализа тональности, извлечения тем и распознавания сущностей, которые помогают повышать удовлетворенность клиентов и оптимизировать маркетинговые стратегии.

Ключевые слова: машинное обучение; методы машинного обучения; Amazon; Walmart; маркетинг; Naive Bayes; SVM; NER; LDA; искусственный интеллект.

Привлечение клиентов является ключевым фактором для обеспечения долгосрочного роста компании, в следствие чего специалисты в области маркетинга постоянно ищут новые подходы к изучению целевой аудитории и оптимизации рекламы. В основе традиционного маркетинга лежит сбор и анализ информации для принятия управленческих решений, однако в современном мире количество такого рода данных является колоссальным, что в свою очередь затрудняет процесс их точного анализа. Так в современном мире многие организации активно используют методы анализа данных, включая машинное обучение.

Машинное обучение представляет собой область искусственного интеллекта, которая позволяет компьютерам находить закономерности в данных без явных указаний. Алгоритмы автоматически анализируют статистику, создают модели, описывающие связи между переменными, что дает возможность не только анализировать поведение клиентов в реальном времени, но и предсказывать их будущие действия, а также предлагать персонализированные рекомендации, опираясь на данные о посещениях, лайках, времени просмотра и других показателях.

Далее будут рассмотрены конкретные алгоритмы машинного обучения, применяемые в компании Amazon и Walmart.

Amazon применяет различные методы для анализа отзывов покупателей, такие как анализ тональности, работа с метаданными отзывов, извлечение тем и распознавание именованных сущностей.

Анализ тональности (Sentiment Analysis) использует методы обработки естественного языка и анализа текста, чтобы понять, что «говорят» клиенты, как они формулируют свои мысли и какой смысл скрывается за их выражениями, благодаря чему возможно делить отзывы на положительные, отрицательные и нейтральные с помощью таких моделей, как Naïve Bayes, SVM и нейронные сети. Наивный алгоритм Байеса – один из самых простых и быстрых методов для работы с текстами и классификацией данных, таких как отзывы. Он используется для фильтрации спама, определения настроения, рейтинговой классификации и т. д. Преимущество использования заключается в его быстродействии, что позволяет легко делать прогнозы при большом объеме данных.

Метод опорных векторов (SVM) – мощный инструмент для классификации, особенно когда данные сложны для разделения. SVM ищет гиперплоскость, которая разделяет данные на классы, и может эффективно классифицировать отзывы, учитывая разные факторы, такие как контекст и сарказм. Этот алгоритм полезен и для анализа данных с множеством переменных.

Извлечение тем (Topic Modeling) – важный метод для выявления основных вопросов и тем в отзывах. Один из популярных алгоритмов для этого – Latent Dirichlet Allocation (LDA), который группирует документы по скрытым темам, выявляя повторяющиеся слова, указывающие на интересы клиентов.

Распознавание именованных сущностей (NER) позволяет выделять важные объекты, такие как названия продуктов, брендов, географические местоположения и даты. Это помогает отслеживать упоминания конкретных товаров и брендов, улучшая таргетирование рекламы и анализ предпочтений клиентов. NER также улучшает другие задачи обработки естественного языка, такие как анализ тональности, помогая автоматизировать анализ отзывов и получать более точные результаты.

Для более глубокого анализа можно использовать нейронные сети, которые обучаются на больших объемах данных, улучшая точность распознавания сущностей и классификацию.

В Amazon обработка обратной связи и улучшение продуктов начинается с выявления проблем, часто упоминаемых в отзывах, таких как низкое качество товара или плохое обслуживание, что в дальнейшем помогает оперативно выявить слабые места, требующие внимания, и далее на основе анализа отзывов, разрабатываются предложения для улучшений.

После чего компания продолжает мониторинг и оценивает их эффективность с помощью новых отзывов и показателей, используя метод А/Б тестирования для проверки изменений на разных группах пользователей и определения их воздействия на клиентский опыт.

Алгоритмы ML позволяют непрерывно отслеживать отзывы и быстро выявлять новые проблемы или тенденции. Для максимальной

эффективности применяются методы классификации текстов и обработки больших данных, что позволяет анализировать тысячи отзывов в реальном времени и быстро выявлять наиболее важные проблемы.

Быстрое устранение недостатков и предсказание потребностей рынка позволяет компании предвосхищать запросы потребителей.

Персонализированные рекомендации, основанные на анализе поведения клиентов, повышают вероятность покупки, в следствие чего способствуют росту продаж. Так Amazon с помощью рекомендательных систем может предлагать товары, которые могут заинтересовать покупателя, увеличивая объемы продаж и улучшая клиентский опыт.

Чтобы эффективно управлять большим количеством магазинов и товаров, Walmart необходимо точно прогнозировать спрос для минимизации избыточных запасов и недостачи, оптимизации логистики и повышения удовлетворенности клиентов.

Для этих целей Walmart осуществляется большой сбор данных, которые включают в себя исторические данные о продажах, помогающие понять количество проданных единиц каждого товара в каждом магазине за определенные периоды времени; погодные данные, показывающие зависимость влияния погоды на продажи; данные о праздниках и событиях; социально-экономические данные, включающие в себя информацию о демографических характеристиках и экономической ситуации в регионах, где расположены магазины; и данные о рекламных акциях, оценивающие влияние различных маркетинговых кампаний и скидок на продажи.

Используемые методы ML для анализа и прогнозирования включают в себя: линейную регрессию для базового прогнозирования, деревья решений и случайный лес для учета сложных нелинейных зависимостей, градиентный бустинг для повышения точности прогнозов и нейронные сети для выявления сложных зависимостей и взаимодействий между характеристиками данных.

Таким образом, повышая точность прогнозов, Walmart снижает издержки, повышает удовлетворенность своих клиентов и улучшает координацию между отделами компании.

В результате методы машинного обучения оптимизируют процессы на всех уровнях – от разработки продуктов до маркетинга и продаж, обеспечивая комплексный рост компании.

Библиографический список

1. Christopher M. Bishop Pattern Recognition and Machine Learning. Springer Science+Business Media, 2006. 738 p.
2. Decking the aisles with data: How Walmart's AI-powered inventory system brightens the holidays // Walmart Global Tech URL:

https://tech.walmart.com/content/walmart-global-tech/en_us/blog/post/walmarts-ai-powered-inventory-system-brightens-the-holidays.html (дата обращения: 18.11.2024).

3. How Amazon continues to improve the customer reviews experience with generative AI. 2023. URL: <https://www.aboutamazon.com/news/amazon-ai/amazon-improves-customer-reviews-with-generative-ai> (дата обращения: 17.11.2024).

4. How Walmart Uses Nvidia GPUs for Better Demand Forecasting. 2019. URL: <https://www.datanami.com/2019/03/22/how-walmart-uses-gpus-for-better-demand-forecasting/> (дата обращения: 18.11.2024).

5. Sentiment Analysis of Amazon Reviews Using Machine Learning Classifier // ResearchGate URL: <https://www.researchgate.net/publication/378545124> (дата обращения: 17.11.2024).

© Валиуллина А.Р., Юлдашбаев А.Д., 2024

**СРАВНЕНИЕ ПОЛИНОМИАЛЬНОЙ И НЕЙРОСЕТЕВОЙ
АППРОКСИМАЦИИ НА ПРИМЕРЕ ЭЛЕМЕНТАРНОЙ ФУНКЦИИ:
МЕТОД НАИМЕНЬШИХ КВАДРАТОВ ПРОТИВ
МНОГОСЛОЙНОГО ПЕРЦЕПТРОНА**

Аннотация: в статье проводится сравнительный анализ точности двух методов аппроксимации элементарной функции (синуса): полиномиального метода наименьших квадратов и метода нейронной сети на основе многослойного перцептрона. Основное внимание уделено численному эксперименту, в ходе которого оценивается ошибка аппроксимации в зависимости от методов и уровня шума в данных. Рассматриваются преимущества и недостатки каждого метода, делается вывод о целесообразности их применения в зависимости от условий и характеристик задачи.

Ключевые слова: аппроксимация, метод наименьших квадратов, многослойный перцептрон, среднеквадратичная ошибка, синус, нейронная сеть.

Метод наименьших квадратов (МНК) – один из самых популярных способов аппроксимации данных, особенно когда нужно приблизить экспериментальные данные функцией и минимизировать отклонения от нее. Если у нас есть переопределенная система линейных уравнений (то есть количество уравнений больше, чем количество неизвестных), то она, как правило, не имеет точного решения. Однако, можно найти «наиболее подходящий» вектор A , который минимизирует среднеквадратичное отклонение между реальными данными и рассчитанной функцией.

Начнем с того, что представим аппроксимирующую функцию в виде суммы произведений коэффициентов a_0, a_1, \dots, a_m и базисных функций g_0, g_1, \dots, g_m :

$$f(x_i) = a_0 \cdot g_0(x_i) + a_1 \cdot g_1(x_i) + \dots + a_m \cdot g_m(x_i), i = 0, 1, \dots, n$$

Во многих случаях в качестве базисной функции выбирают степенной полином:

$$f(x_i) = a_0 + a_1 \cdot x_i + a_2 \cdot x_i^2 + \dots + a_m \cdot x_i^m, i = 0, 1, \dots, n$$

Основная идея МНК заключается в нахождении таких коэффициентов аппроксимирующей функции, чтобы сумма квадратов отклонений между результатами расчетов и экспериментальными данными была минимальной. Это можно записать в виде следующего выражения:

$$\sum_i \varepsilon_i^2 = \sum_i (y_i - f(x_i))^2 \rightarrow \min,$$

где $f(x_i)$ – многочлен некоторой степени, $\varepsilon_i = y_i - f(x_i)$ – отклонение между значением функции и реальными данными в точке x_i .

Для решения системы уравнений методом наименьших квадратов представим нашу систему уравнений в следующем виде:

$$X \cdot A = B + \varepsilon,$$

где A – матрица коэффициентов, X – вектор исходных параметров, B – вектор значений, а ε – вектор погрешностей.

Таким образом, выражение выше можно записать так:

$$\begin{pmatrix} x_1^0 & x_1^1 & \dots & x_1^n \\ x_2^0 & x_2^1 & \dots & x_2^n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_m^0 & x_m^1 & \dots & x_m^n \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} a_0 \\ a_1 \\ \vdots \\ a_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_m \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \varepsilon_m \end{pmatrix}.$$

Задача сводится к минимизации квадрата нормы вектора погрешности ε :

$$\sum_i \varepsilon_i^2 = \|\varepsilon\|^2 = \varepsilon^T \cdot \varepsilon \rightarrow \min$$

Это выражение можно переписать в форме:

$$\varepsilon^T \cdot \varepsilon = (X \cdot A - B)^T \cdot (X \cdot A - B) \rightarrow \min$$

После некоторых преобразований, функция минимизации становится:

$$X^T \cdot A^T \cdot X \cdot A - 2 \cdot X \cdot A \cdot B + B^T \cdot B \rightarrow \min$$

Чтобы найти минимум, нужно взять производную этой функции по X и приравнять ее к нулю:

$$\frac{\partial \varepsilon^T \cdot \varepsilon}{\partial X} = 2 \cdot X \cdot A \cdot A^T - 2 \cdot B \cdot A^T = 0$$

В результате получаем:

$$X = B \cdot A^T \cdot (A \cdot A^T)^{-1}$$

Вычислять погрешность аппроксимаций будем с помощью метода средней суммы модулей ошибок (MAE) между истинными значениями функции синуса и аппроксимированными значениями:

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_{approx} - y_{clean}|$$

Это позволит оценить качество аппроксимации.

В качестве нейронной сети будем использовать многослойный перцептрон, который особенно подходит для задач регрессии на небольших и средних по сложности наборах данных. Архитектура сети включает в себя два слоя по 32 нейрона с функцией активации ReLU и выходной слой, содержащий один нейрон с активационной функцией linear, так как это задача регрессии, где мы предсказываем вещественные числа.

При обучении модели использовался оптимизатор Adam, который представляет собой одну из разновидностей алгоритма градиентного спуска. В качестве функции потерь была выбрана mean absolute error (средний модуль ошибок):

$$E = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |d_i - y_i|,$$

так как он более устойчив к значимым ошибкам по сравнению с mean squared error (средний квадрат ошибок).

Разобравшись с основами, переходим к сравнению результатов. Для начала посмотрим на позитивный сценарий, когда погрешность исходных данных не превышает 0.1:

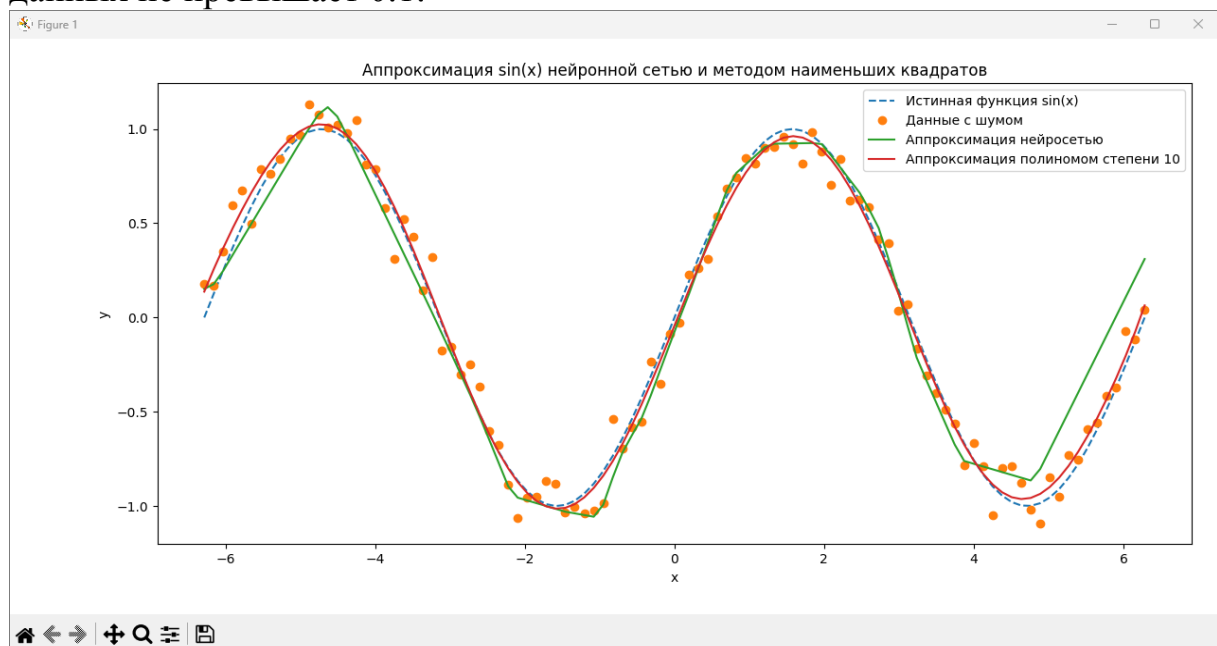


Рис. 1. Погрешность исходных данных 0.1

Из графика видно, что нейронная сеть проигрывает в точности. То же нам сообщает и подсчет MAE. MAE для нейронной сети составляет 0.100, а для МНК 0.034. Сравнив MAE, получаем, что МНК оказался в 3 раза точнее.

Теперь представим негативный сценарий. Погрешность исходных данных – 1:

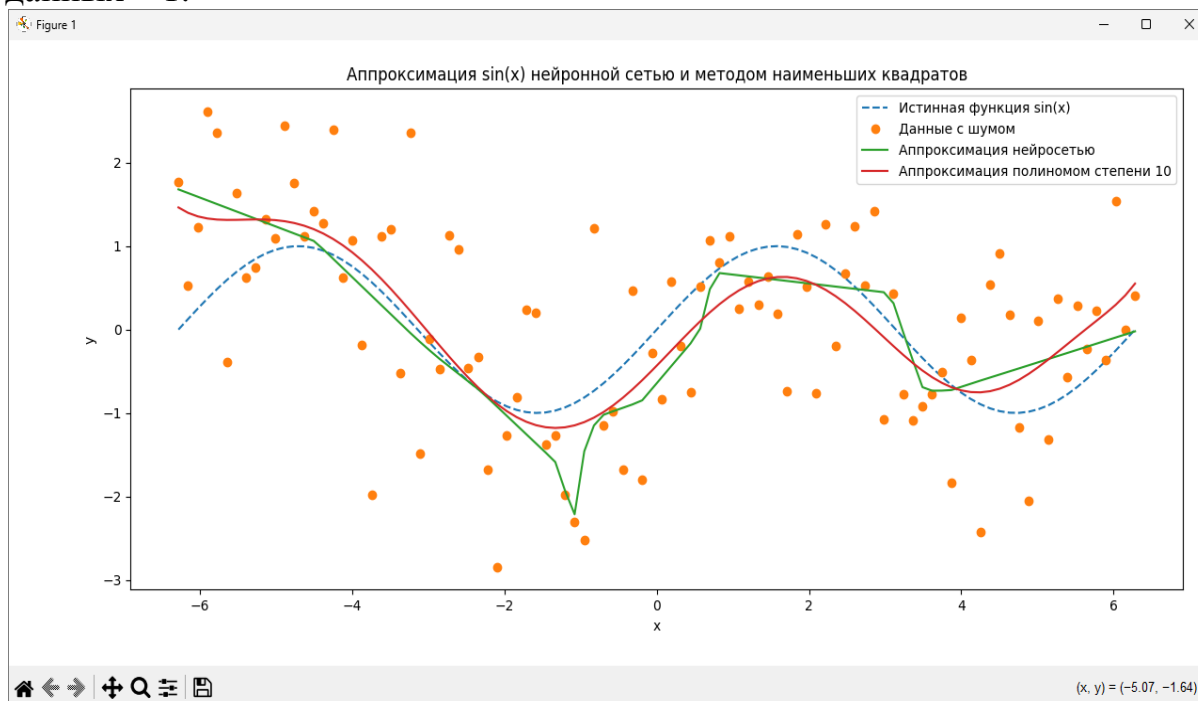


Рис. 2. Погрешность исходных данных 1

В данном случае нейронная сеть приблизилась по точности к МНК. MAE для нейронной сети составляет 0.365, а для МНК 0.342. Уже гораздо лучше, но это все еще отставание для нейронной сети.

Из плюсов МНК также хочу выделить стабильность, ведь у нейронных сетей ее нет, так как в начале обучения веса инициализируются случайными, близкими к нулю значениями. Эта нестабильность ярко выражалась в различии значений MAE при разных запусках программы. Они колебались в последнем сценарии от 0.365 до 0.523.

Таким образом, после проведения численного эксперимента можно сказать, что результаты аппроксимации с помощью метода наименьших квадратов и многослойного перцептрона значительно отличаются в точности. Наиболее точным методом в данном эксперименте оказался метод наименьших квадратов. Также к плюсам МНК можно добавить стабильность, которой нет у нейронных сетей.

Библиографический список

1. Шолле Франсуа Глубокое обучение на Python. СПб.: Питер, 2018. С. 82–102.

2. Иванова Т.В. Численные методы в оптик: Учебное пособие. СПб.: Университет ИТМО, 2017. С. 37–41.
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. Методы верификации математических моделей в условиях неопределенности // Вестник УГАТУ. 2000. № 2. С. 53–60.
5. Шерыхалина Н.М. Аппроксимация результатов численного эксперимента // Моделирование, вычисления, проектирование в условиях неопределенности – 2000: труды Междунар. науч. конф. Уфа: УГАТУ. 2000. С. 262–269.
6. Шерыхалина Н.М., Поречный С.С. Применение методов многокомпонентного анализа для решения некорректных задач // Научно-технические ведомости СПбГПУ. 2008. № 6 (69). С. 89–96.
7. Житников В.П., Шерыхалина Н.М., Поречный С.С., Зарипов А.А. Исследование свойств численных методов с помощью вычислительного эксперимента: учеб. пособие // Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. Уфа: РИК УГАТУ, 2019. 287 с.
8. Житников В.П., Шерыхалина Н.М., Федорова Г. И., Соколова А.А. Методика качественного улучшения результатов вычислительного эксперимента // Системная инженерия и информационные технологии. Уфа, 2021, Т. 3, № 1 (5). С. 58–64.

© Воробьев И.С., 2024

И.И. ГАББАСОВА

gabbasova.ilina508@gmail.com

Науч.руковод. – канд. техн. наук, доц. **О.С. НУРГАЯНОВА**

Уфимский университет науки и технологий

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ НА СКЛАДАХ

Аннотация: в статье рассматривается разработка математического и программного обеспечения для эффективного управления запасами на складах. Управление запасами играет ключевую роль в цепочках поставок и позволяет минимизировать затраты, улучшить сервис и повысить эффективность логистических операций.

Ключевые слова: программное обеспечение, алгоритмы оптимизации, математическое моделирование, управление запасами, склады, аналитика.

Управление запасами на складах является одной из ключевых задач логистики и поставок. Эффективное управление запасами позволяет сократить затраты, повысить скорость доставки товаров и улучшить бизнес. В последние годы наблюдается рост использования математических моделей и программного обеспечения для управления запасами на складах.

Актуальность использования математических моделей и программного обеспечения для управления запасами на складах обусловлена следующими факторами:

1. Высокая сложность логистических систем и необходимость оптимизации процессов [1, с. 336].

2. Необходимость сокращения затрат и повышения эффективности бизнеса [2, с. 224].

3. Повышение спроса на использования технологий искусственного интеллекта и машинного обучения в логистике [3, с. 272].

Математические модели управления запасами на складах представляют собой математические описания процессов управления запасами, которые позволяют оптимизировать процессы логистики и поставок.

Модель Уилсона – это математическая модель управления запасами, которая была разработана Ф. Уилсоном в 1934 году. Она является одной из наиболее известных и широко используемых в сфере управления запасами.

Модель Уилсона основана на следующих предположениях:

1. Постоянный спрос: спрос на товар является постоянным и не меняется со временем.

2. Постоянные затраты: затраты на хранение и доставку товаров являются постоянными и не меняются со временем.

3. Нет ограничений на запасы: отсутствие ограничений на количество товаров, которые можно хранить на складе.

4. Нет ограничений на доставку: отсутствие ограничений на количество товаров, которые можно доставить клиентам.

Формула модели Уилсона имеет следующий вид:

$$Q = \sqrt{\frac{2DS}{H}},$$

где Q – оптимальный размер заказа [4, с. 129]; D – затраты на доставку единицы заказываемого продукта; S – спрос на заказываемый продукт за определенный период; H – затраты на хранение одной единицы позиции.

Модель Уилсона имеет следующие преимущества:

1. Простота и легкость восприятия.
2. Модель позволяет минимизировать затраты на хранение и доставку товаров, что говорит о ее эффективности.
3. Модель может быть применена к различным типам товаров и производств, то есть она является универсальной.

Стоит отметить, что такие модели управления запасами при всей своей универсальности обладают рядом недостатков. Поэтому для полноценного использования модели необходимо знать параметры системы управления запасами в данном случае:

- модель применима только для одного вида товаров, количество которых можно непрерывно измерять;
- уровень спроса на товары должен быть постоянным;
- расходы запасов продукции должны происходить непрерывно;
- производство продуктов должно осуществляться отдельными партиями;
- доставка и затраты по заказам должны быть постоянными величинами.

Модель Уилсона используется для оптимизации размера не только производственных запасов, но и резервов готовой продукции. Она помогает решить проблему определения размера, который предприятию необходимо единовременно приобретать. Оптимальным размером заказа является такое количество поставок, которое может обеспечить необходимое количество запасов, минимизируя при этом совокупные затраты на их приобретение и хранение на складе [5, с. 6].

Программное обеспечение для управления запасами на складах на основе модели Уилсона является специализированным инструментом для оптимизации процессов управления запасами и доставкой. Данная модель является одной из наиболее известных и широко используемых, программное обеспечение на ее основе позволяет автоматизировать процессы.

Программное обеспечение должно выполнять следующие основные функции:

1. Учет запасов. Программное обеспечение должно позволять вести учет запасов на складе, включая количество товаров, их стоимость и местонахождение.

2. Управление заказами. Программа должна позволять управлять заказами на поставку товаров, включая создание заказов, отслеживание их статуса и автоматическое обновление запасов.

3. Управление доставкой. ПО должно позволять управлять доставкой товаров, включая создание маршрутов, отслеживание местоположения.

4. Анализ и отчетность. Программное обеспечение должно позволять анализировать данные о запасах и доставке, включая создание отчетов, доставке и других ключевых показателях эффективности.

5. Интеграция с другими системами. программа должна позволять интегрироваться с другими системами, включая системы управления складом, системы управления цепочками поставок и системы управления финансами.

Одним из основных преимуществ программного обеспечения для управления запасами на складах является значительное увеличение общей эффективности. Данное решение позволяет автоматизировать множество процессов, связанных с учетом и контролем запасов, что, в свою очередь, приводит к снижению затрат и ускорению доставки товаров. Вдобавок, оно способствует повышению точности данных и прозрачности операций, что уменьшает количество ошибок и улучшает качество обслуживания клиентов.

Использование специализированного программного обеспечения также позволяет сократить расходы. Это достигается за счет оптимизации управления запасами и логистики, что положительно сказывается на финансовых показателях компании. Улучшение обслуживания клиентов, которое обеспечивается такими системами, ведет к повышению уровня их удовлетворенности и, как следствие, к укреплению репутации организации на рынке.

В условиях современного бизнеса управление запасами стало одной из ключевых задач, поскольку оно напрямую влияет на эффективность операций и прибыльность компании. Программное обеспечение для управления запасами на складах выступает важнейшим инструментом для оптимизации логистических процессов и поставок. Эти системы не только автоматизируют управление запасами, но и обеспечивают высокую степень точности и прозрачности, что в конечном итоге способствует снижению расходов и улучшению обслуживания клиентов.

Кроме того, данные решения могут интегрироваться с другими системами, такими как системы управления складом, цепочками поставок и финансовыми потоками. Это обеспечивает создание единой и

эффективной системы управления логистикой и поставками. Такие интеграции позволяют компаниям более эффективно отслеживать и управлять своими ресурсами, а также делать более обоснованные решения, основанные на реальных данных.

Таким образом, программное обеспечение для управления запасами на складах не только автоматизирует процессы, но и становится важным элементом в стратегическом планировании и управлении ресурсами. Оно позволяет компаниям адаптироваться к изменяющимся условиям рынка, повышая их гибкость и способность быстро реагировать на изменения в спросе и предложении. В результате, внедрение таких систем способствует созданию более устойчивого и прибыльного бизнеса, способного успешно конкурировать в условиях современного рынка.

В заключении, можно сказать, что комбинация проверенных математических моделей, таких как модель Уилсона, с современными технологиями разработки программного обеспечения, позволяет достичь значительного улучшения эффективности управления запасами на складах. Разработанное программное обеспечение представляет собой ценный инструмент для предприятий любого размера, стремящихся оптимизировать свои затраты и повысить конкурентоспособность. Дальнейшие исследования в этой области обеспечат еще больший прогресс в области управления запасами и будут способствовать росту эффективности логистических систем в целом.

Библиографический список

1. Логистика и управление цепочками поставок / под ред. В.И. Сергеева. М.: ИНФРА-М, 2019. 336 с.
2. Управление запасами на складах / под ред. А.В. Кузнецова. М.: Дело, 2018. 224 с.
3. Искусственный интеллект в логистике / под ред. С.В. Ивановой. М.: ИНФРА-М, 2020. 272 с.
4. Родионов Р.А. Различия в методологии управления запасами при применении нормативного и логистического методов // Менеджмент в России и за рубежом. 2008. № 4. С. 127–136.
5. Сосненко Л. С. Анализ материально-производственных запасов // Экономический анализ: теория и практика. 2007. № 3. С. 2–15.

© Габбасова И.И., 2024

УДК 004.9

В.Р. ГАЛИЕВ

Pelusoide81@gmail.com

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

Уфимский университет науки и технологий

ОБЗОР И РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ГЕОМАГНИТНОГО МОНИТОРИНГА ПРИ ПОМОЩИ МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ НА ПРИМЕРЕ ОПЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ANDROID

Аннотация: разработано мобильное приложение для измерения магнитного поля с использованием встроенного магнитометра смартфона и GPS. Приложение отображает данные в реальном времени и отправляет их на сервер для анализа. Реализация включает современные технологии, такие как Jetpack Compose, Retrofit и Flask, с поддержкой работы в оффлайн-режиме. Решение ориентировано на исследовательские и образовательные задачи.

Ключевые слова: магнитное поле; магнитометр; смартфон; геолокация; GPS; Jetpack Compose; Kotlin; Retrofit; Flask; сенсоры; измерения; исследование.

Одним из известных проектов в области измерения магнитного поля на смартфоне является CrowdMag от Национального управления океанических и атмосферных исследований (NOAA). Этот проект использует данные с датчиков смартфонов для создания глобальных карт магнитного поля Земли. Основной целью CrowdMag является сбор данных о вариациях магнитного поля для научных исследований, а также улучшение навигационных систем. Приложение позволяет пользователям собирать информацию о магнитном поле вокруг них и отправлять данные на сервер для анализа.

Недостатки CrowdMag:

Сложности с калибровкой:

Некоторые пользователи жалуются, что процесс калибровки неинтуитивен. Приложение не предоставляет четкой обратной связи о завершении калибровки, что вызывает у пользователей замешательство ("Can't calibrate... kept calibrating for a while and it never gives me feedback").

Низкая стабильность:

На старых устройствах приложение часто вылетает или зависает. Некоторые пользователи предлагали упростить функционал для старых телефонов, ограничив приложение только сбором данных ("A cut down version... would be nice, as I could then use one of the older phones as a dedicated sensor").

Ошибки при экспорте данных:

Отмечались проблемы с записью данных в CSV-файлы ("Error writing .csv data file when trying to export measurements").

Недостаточная совместимость:

На некоторых устройствах приложение не отображает данные магнитометра, хотя сенсор исправен ("No Magnetic Fields to show...").

Проблемы с интерфейсом:

Пользователи отмечают, что настройки и инструкции приложения не интуитивны ("Settings are not explained good enough"). Кроме того, интерфейс иногда отображает неправильные координаты по умолчанию, например, указывая на Денвер вне зависимости от местоположения пользователя.

Реализация измерения магнитного поля на смартфоне

Магнитное поле измеряется с помощью встроенного в смартфон магнитометра. Этот датчик представляет собой электронный прибор, который измеряет интенсивность магнитного поля в трех направлениях: X, Y и Z. Ниже описано, как смартфоны получают и обрабатывают данные магнитного поля.

Принцип работы магнитометра в смартфоне основан на эффекте Холла или магниторезистивных эффектах. Он измеряет напряжение, создаваемое движением электронов в магнитном поле. Это напряжение преобразуется в цифровые значения, представляющие силу магнитного поля по каждой из трех осей (X, Y, Z).

Ось X: направлена горизонтально влево или вправо относительно устройства.

Ось Y: направлена горизонтально вперед или назад.

Ось Z: направлена вертикально, через экран устройства.

Объединение данных с акселерометром позволяет исключить влияние ориентации смартфона.

Обработка данных магнитометра

В программном обеспечении для работы с магнитометром используются следующие функции:

Получение данных с сенсора: операционная система Android предоставляет API для работы с датчиками, такие как `SensorManager`. Данные магнитометра можно получать через `TYPE_MAGNETIC_FIELD`.

```
private val sensorManager: SensorManager? = getSystemService(context,
SensorManager::class.java)
```

```
private val geomagneticSensor: Sensor? =
sensorManager?.getDefaultSensor(Sensor.TYPE_MAGNETIC_FIELD)
```

Получение данных с сенсора:

Операционная система Android предоставляет API для работы с датчиками, такие как `SensorManager`. Данные магнитометра можно получать через `TYPE_MAGNETIC_FIELD`.

Расчет вектора магнитного поля: данные по трем осям преобразуются в вектор.

$$|\vec{B}| = \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2} ;$$

Расчет вектора магнитного поля: данные по трем осям преобразуются в вектор.

Разработка приложения велась с использованием современных технологий Android-разработки. Основным языком программирования является Kotlin, а архитектура приложения разрабатывалась с учетом рекомендаций основ чистой архитектуры. Это позволяет разделить логику приложения, управление данными и пользовательский интерфейс. Для создания интерфейса использован Jetpack Compose – инновационный инструмент, упрощающий проектирование и обеспечивающий гибкость.

Сбор данных о магнитном поле реализован через SensorManager, который подключается к магнитометру устройства. Для получения координат используется LocationServices, позволяющий привязать каждое измерение к конкретной локации. Все фоновые операции, такие как обновление данных и работа с сервером, выполняются с помощью Kotlin Coroutines и Retrofit. Это обеспечивает асинхронность и высокую производительность. Для управления состоянием приложения использован StateFlow, что позволяет интерфейсу мгновенно реагировать на любые изменения данных.

Приложение измеряет магнитное поле по трем осям X, Y, Z, а также рассчитывает общий вектор магнитного поля. Одновременно с этим фиксируются координаты пользователя, чтобы была привязка данных к месту измерения. Есть возможность отправки всех собранных данных на сервер для последующего анализа – за это отвечает библиотека Retrofit. Датчики также нуждаются в периодической калибровке, для улучшения работы приложения.

Интерфейс прост и интуитивно понятен: главный экран показывает текущие значения магнитного поля, координаты, а также содержит кнопки для отправки данных. Приложение оптимизировано для работы на разных устройствах и версиях Android, чтобы его можно было использовать как на современных флагманских устройствах, так и на устаревших моделях смартфонов на базе операционной системы Android.

Серверная часть для обработки данных магнитного поля и геолокации разработана на базе фреймворка Flask. Этот легкий и удобный инструмент позволяет быстро создать API для приема данных и их обработки. Сервер принимает только POST-запросы, которые содержат два основных параметра: значения магнитного поля (по осям X, Y, Z) и координаты местоположения (широта и долгота). Дополнительно на сервере фиксируется время получения каждого запроса.

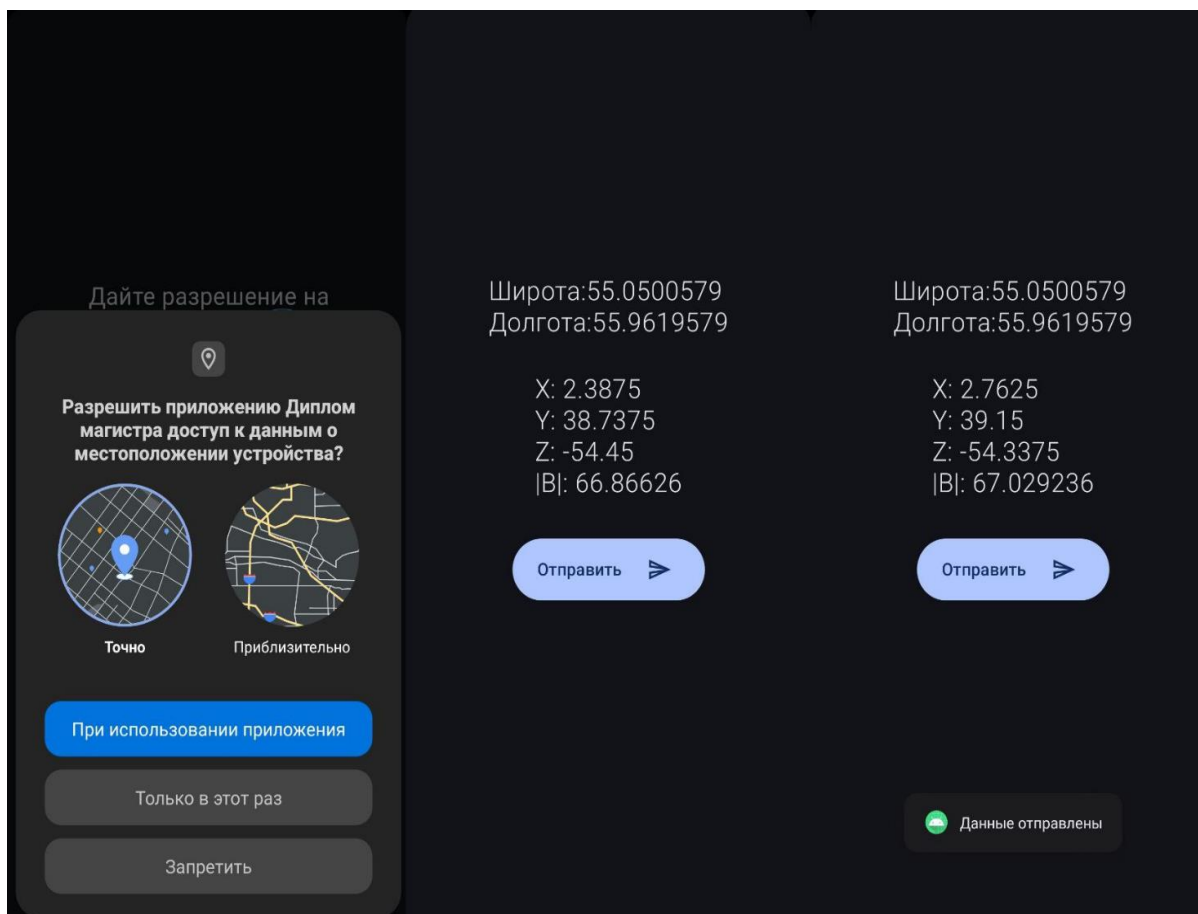


Рис. 1. Скриншоты экрана приложения

На рис. 1 проиллюстрированы основные состояния работы приложения: запрос прав, мониторинг и успешная отправка. Для предоставления разрешений нужно кликнуть на соответствующий пункт меню и предоставить разрешения. Для отправки нужно нажать кнопку «отправить» и получить соответствующее уведомление, либо об успешной отправке, либо об ошибке.

К преимуществам приложения можно отнести минимально необходимый для работы функционал, который возможно использовать почти на всех устройствах, работающих на базе операционной системы Android. К недостаткам можно отнести зависимость данных от положения устройства в пространстве, что вынуждает пользователя держать устройство в одном положении для получения достоверных результатов, однако будет доработано в будущих версиях.

Библиографический список

1. Официальный сайт Andorid разработки Google: сайт URL: <https://developer.android.com> (дата обращения 27.10.2024).

© Галиев В.Р., 2024

И.И. ГАРЕЕВ

gareev-ilyas@list.ru

Науч. руковод. – канд. физ.-мат. наук, доц. **Р.П. АБДРАХМАНОВА**

Уфимский университет науки и технологий

АВТОМАТИЗАЦИЯ УЧЕТА ЛИЧНЫХ ФИНАНСОВ С ПОМОЩЬЮ ПЛАТФОРМЫ TELEGRAM

Аннотация: в настоящей работе обсуждаются результаты разработки чат-бота, предназначенной для автоматизации учета личных финансов. Ожидается, что предложенный программный способ учета позволит пользователю удобно управлять финансами.

Ключевые слова: учет финансов; финансовые цели; анализ расходов; Telegram; чат-бот.

Введение. В современном мире, где технологии проникают в каждый аспект нашей жизни, автоматизация становится неотъемлемой частью повседневных задач. Одной из таких задач является ведение учета личных финансов. Контроль над расходами и доходами важен для обеспечения финансовой стабильности и благосостояния. Однако учет вручную зачастую требует много времени и усилий, что делает его нецелесообразным для большинства людей.

Управление финансами помогает осознанно контролировать расходы и доходы. Информация за определенный период позволяет оценить финансовые возможности, чтобы избежать долгов и чувствовать себя уверенно.

Финансовые цели также играют важную роль. Постановка конкретных целей помогает сосредоточиться на том, чего мы хотим достичь в будущем и способствует принятию более взвешенных решений в отношении финансов.

Актуальность. Создание чат-бота для автоматизации учета личных финансов актуально в современном мире, где все больше людей сталкиваются с проблемой отслеживания своих расходов и доходов: они влияют на финансовую стабильность, позволяют планировать бюджет и достигать финансовых целей. Традиционные методы учета (электронные таблицы Excel, приложения для ведения бюджета и т. д.) могут быть неудобными и затратными времени, поэтому решение в виде чат-бота может значительно облегчить эту задачу.

Чат-боты предлагают удобный способ взаимодействия с программой финансового учета, позволяя вводить информацию о доходах и расходах и

устанавливать финансовые цели прямо в чате, без необходимости заходить в специальное приложение или на веб-сайт. Такой подход может мотивировать людей более внимательно относиться к управлению финансами.

Целью данной статьи является разработка чат-бота Telegram для автоматизации учета личных финансов.

Формальная постановка задачи

Контекстная диаграмма (рис. 1) представляет собой схему автоматизации учета личных финансов.

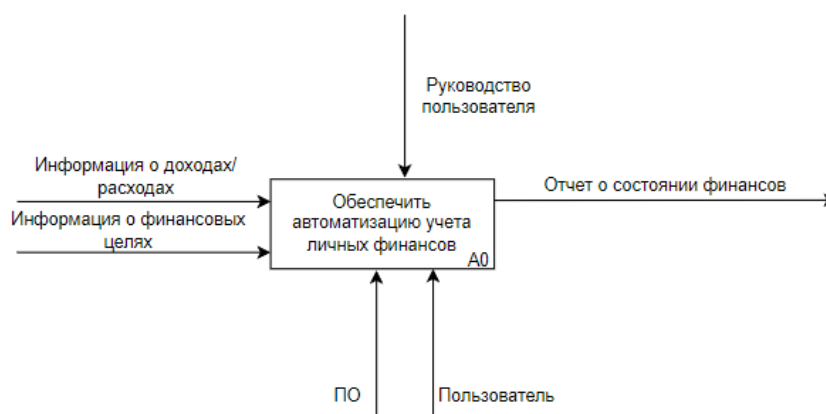


Рис. 1. Контекстная диаграмма ИС «Обеспечить автоматизацию учета личных финансов»

Входные данные:

1. Информация о доходах и расходах. Данная информация вводится вручную в виде числа или математического выражения, либо с помощью отправки фото QR-кода в чеке.

2. Информация о финансовых целях. Пользователь может добавить новую финансовую цель, редактировать и удалять существующие.

Результаты функционирования:

1. Отчет о состоянии финансов - анализ и категоризация доходов и расходов.

Механизм:

1. Программное обеспечение.

2. Пользователь.

Управление:

1. Руководство пользователя – инструкция по работе с приложением, predetermined разработчиком правила, в соответствии с которыми происходит взаимодействие с программой.

Далее на рис. 2 представлена диаграмма декомпозиции, которая используется для разбиения и подробного описания основного процесса, представленного на контекстной диаграмме.

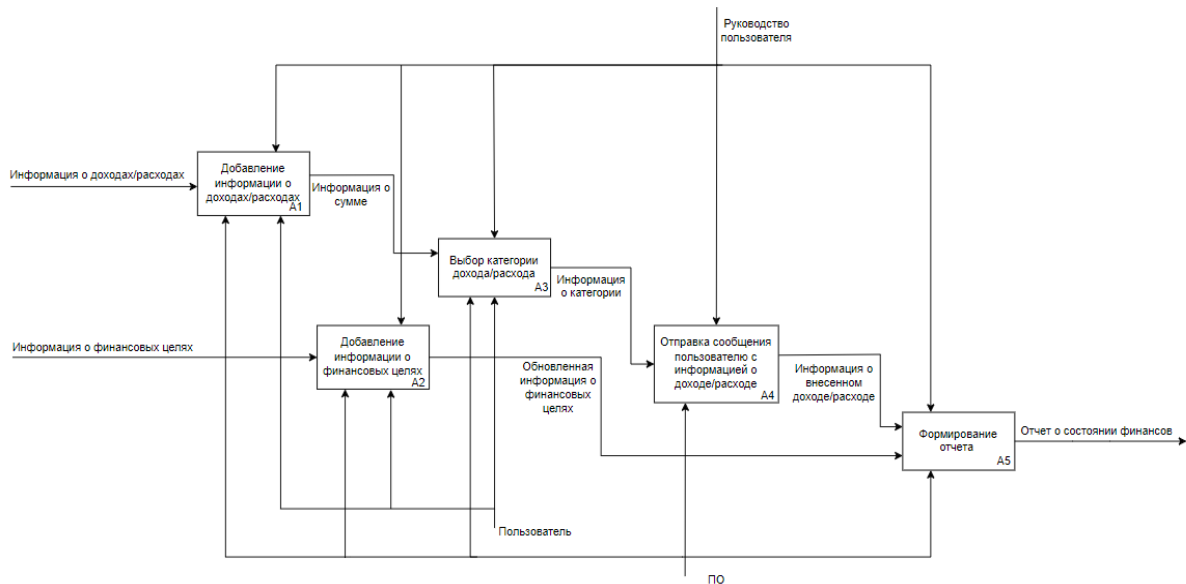


Рис. 2. Диаграмма декомпозиции «Обеспечить автоматизацию учета личных финансов»

Архитектура разрабатываемого программного продукта.

Чат-бот, предназначенный для автоматизации учета личных финансов, работает на основе клиент-серверной архитектуры.

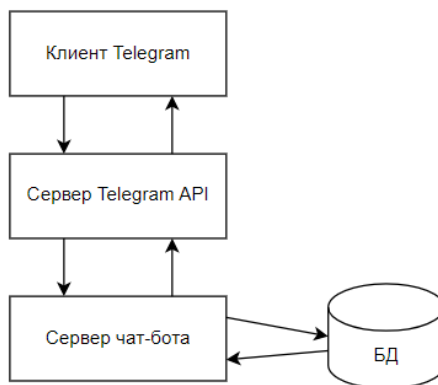


Рис. 3. Схема клиент-серверной архитектуры

На рис. 3 показано взаимодействие между клиентом Telegram, сервером Telegram API, сервером чат-бота и базой данных.

Клиент (Telegram клиент) – это приложение Telegram, которое установлено на устройстве пользователя. Клиент отображает интерфейс для взаимодействия с пользователем и отправляет запросы на серверы Telegram API для получения и отправки сообщений.

Сервер API Telegram – это сервер, предоставляемый Telegram, который обрабатывает запросы от клиентов Telegram и возвращает соответствующие ответы. Этот сервер взаимодействует с клиентами Telegram и сервером чат-бота для передачи сообщений и выполнения других функций.

Сервер чат-бота – это сервер, на котором развернут код чат-бота. Он получает запросы от серверов Telegram API, обрабатывает их и отправляет соответствующие ответы. Этот сервер может быть развернут на облачных платформах или на локальном компьютере.

База данных находится на уровне сервера чат-бота и используется для хранения и извлечения данных, необходимых для функционирования бота.

Обсуждение результатов. В ходе проделанной работы был разработан чат-бот, в котором имеется возможность выполнения перечисленных ниже функций:

- создание пользователем новой записи о финансовой операции;
- возможность выбора категории дохода или расхода;
- обработка изображений чеков для автоматического заполнения информации;
- управление финансовыми целями (добавление, редактирование, удаление);
- сохранение данных о финансовой операции в базе данных;
- просмотр детальной информации, редактирование и удаление определенной записи;
- автоматическое формирование отчетов о доходах и расходах;
- просмотр графических и текстовых представлений анализа доходов и расходов;
- просмотр курса валют и возможность конвертации;
- получение полезных советов по ведению бюджета.

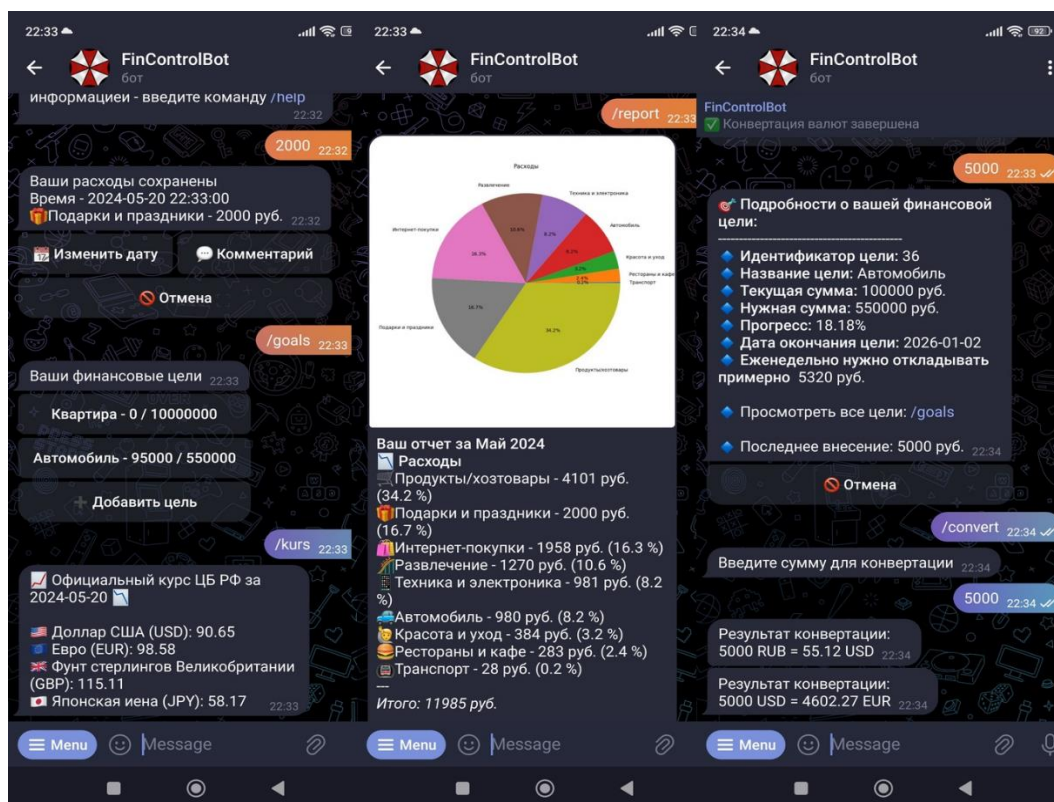


Рис. 4. Экранные формы разработанного чат-бота

На рис. 4 представлены экранные формы чат-бота.

Заключение

В ходе работы был разработан чат-бот Telegram для автоматизации и удобства учета личных финансов. Он позволяет добавлять информацию о доходах и расходах по категориям, устанавливать и отслеживать финансовые цели, а также генерировать отчеты о расходах и доходах по месяцам.

Библиографический список

1. Финансы [Электронный ресурс]. Википедия. Свободная энциклопедия. Электрон. текстовые дан. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/>, свободный.
2. Документация Python 3.12 // [Электронный ресурс]: сайт. URL: <https://docs.python.org/3/> (дата обращения 10.05.24).
3. Документация Aiogram 3 // [Электронный ресурс]: сайт. URL: <https://docs.aiogram.dev/en/latest/> (дата обращения 12.05.24).

© Гареев И.И., 2024

Н.Г. ДОРОФЕЕВ

ponytred@yandex.ru

Науч. руковод. – д-р техн. наук, проф. **А.Ф. ВАЛЕЕВА**

Уфимский университет науки и технологий

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОДСИСТЕМЫ РЕНДЕРИНГА ИГРОВОГО ДВИЖКА MINECRAFT

Аннотация: в статье проводится исследование графического конвейера отрисовки кадра игры Minecraft, изучается последовательность этапов отрисовки, графические объекты, которыми управляет движок игры.

Ключевые слова: игровой движок, компьютерная графика, 3D, OpenGL, графический конвейер, отрисовка, текстуры, модели.

Введение

В данной статье рассматривается конвейер отрисовки кадра игры Minecraft версии 1.7.10 с модификацией MinecraftForge (далее просто Minecraft). Для анализа графики во время исполнения использовался инструмент NVIDIA Nsight Graphics, позволяющий захватывать команды отрисовки и просматривать ресурсы во время исполнения программы. Для восприятия написанного требуется понимание основ интерактивной графики и общей работы игровых движков.

Отрисовка кадра [1] – ключевой аспект современных компьютерных игр, так как большую часть информации, предоставляемую игрой, человек получает посредством визуального восприятия. Несмотря на общую схожесть конвейеров отрисовки, каждое графическое приложение имеет отличительные особенности в этом вопросе. Изучение этапов получения кадра игры Minecraft представляет интерес как для исследователей графики интерактивных приложений в целом, так и для людей, занимающихся написанием модификаций к этой игре, чтобы понимать возможности и ограничения, с которыми приходится сталкиваться.

Minecraft использует графическое API OpenGL через библиотеку-обертку LWJGL (версии 2.9.1). Эта библиотека позволяет создавать графическое окно в ОС, вызывать команды OpenGL из кода в Java, работать со звуком через OpenAL и получать ввод с клавиатуры и мыши.

Рассмотрение конвейера отрисовки

Minecraft в процессе исполнения использует ряд сторонних ресурсов, таких как текстовые файлы конфигурации, текстуры, звуки, данные террейна и другие. Подвижные 3D объекты – модели, которые представлены в игре, либо генерируются на основе текстур (таким образом

обрабатываются предметы – item), либо задаются наборами вершин непосредственно в коде игры (таким образом генерируется окружение и модели сущностей – entity). Текстуры организованы в текстур-паки и предзагружаются до начала игрового процесса, ввиду ограниченного набора текстур и их небольшого разрешения. Можно отметить два ключевых типа текстур – текстуры предметов и текстуры блоков. В момент загрузки формируется два текстурных атласа [2] для предметов и блоков, которые содержат все текстуры этих типов. Это позволяет при отрисовке снизить количество вызовов команд OpenGL привязок текстур и рисовать различные объекты при помощи одной текстуры. Пример текстурного атласа блоков приведен на (Рис).



Рис. 1. Пример текстурного атласа, содержащего текстуры блоков

Цикл [4] Minecraft'а, опуская подробности, выглядит так:

```
while (мы_играем) {
    клиент.выполнить_один_цикл() -> {
        обновить_таймер()
        выполнить_тики_если_они_есть()
        обработать_звуки()

        подготовиться_к_отрисовке()-> {
            очистить_графические_буферы()
            установить_переменные_состояния()
        }

        выполнить_события_перед_отрисовкой_игрового_мира()
        общий_рендерер.выполнить_отрисовку()
        выполнить_события_после_отрисовки_игрового_мира()

        наложить_дополнительный_оверлей()
    }
}
```

OpenGL является конечным автоматом, поэтому между вызовами отрисовки заданное состояние сохраняется. Если очередной вызов отрисовки требует определенного состояния (к примеру режима

смешивания цветов), его требуется задавать явно, так как нельзя быть уверенным, в каком состоянии находится контекст OpenGL перед вызовом очередной команды рисования. Перед началом рендера нового кадра требуется очистить графические буферы (буферы цвета и глубины), задать начальное состояние конвейера.

Далее отрисовывается сцена игры. События перед и после отрисовки игрового мира являются расширениями модификацией MinecraftForge, чтобы сторонние модификации, добавляемые с помощью MinecraftForge, могли выполнить собственный код отрисовки, добавляя что-то новое в игру. Выполнение отрисовки общим рендером вызывает отрисовку видимого трехмерного мира, в который входят террейн и сущности (эффекты, такие как частицы, реализованы в игре через особый вид сущностей).

Порядок отрисовки сцены мира следующий [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**]:

```
общий_рендерер.выполнить_отрисовку() {
    обновить_лайтмапу()
    обработать_смещения_мыши_и_установить_углы_камеры()

    отрисовать_мир()->{
        предустановка_параметров()

        отрисовать_мир_в_два_этапа()->{
            отрисовать_облака()

            обновить_данные_чанков()
            определить_видимые_чанки_и_отрисовать()

            отрисовать_сущности()
            отрисовать_текстуру_разрушения()
            отрисовать_сущности_эффектов()
            отрисовать_погодные_явления()
            отрисовать_руки_игрока()
        }
    }

    отрисовать_оверлей()->{
        отрисовать_наэкранные_эффекты()
        отрисовать_HUD()
        отрисовать_GUI()
    }
}
```

Мир игры состоит из блоков, которые организованы в чанки. Чанк имеет размер 16x16x256 блоков и делится на 16 подчанков размером 16x16x16 блоков, таким образом чанк имеет высоту 16 подчанков. Блоки могут иметь расширение в виде тайловой сущности, которая, помимо возможности обработки взаимодействия с ней, имеет собственную

отрисовку (таким образом реализованы блоки сундуков, спавнеров и другие). При отрисовке блоки рисуются не по отдельности, а в группах подчанков, то есть минимальной единицей отрисовки статической геометрии в игре является подчанк. В процессе загрузки чанка формируются поверхности подчанков, определяющие видимую поверхность мира из блоков, которая запекается в отдельных рендер-листах. В процессе отрисовки кадра, если включена данная опция, определяются видимые подчанки путем отсечения невидимых подчанков в пределах камеры игрока. Соответственно те чанки, которые были определены видимыми, вызываются на отрисовку. Перед отрисовкой чанки сортируются в порядке удаления от камеры.

В движке игры источники света [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**] в процессе отрисовки мира не используются, освещение реализуется с помощью специальной текстуры, в которой сохраняются коэффициенты воздействия света. Эта текстура – лайтмапа (lightmap) – является матрицей цветов-коэффициентов, где по оси x определяется степень освещенности от факелов, по оси y – степень освещенности от солнца. Значения (x,y) – высчитываются на основе окружения для каждой стороны блока при формировании рендер-листа подчанка и сохраняются вместе с данными позиций, текстурных координат и других данных. На (рис. 2) представлена дневная лайтмапа, на (рис. 3) – ночная лайтмапа.

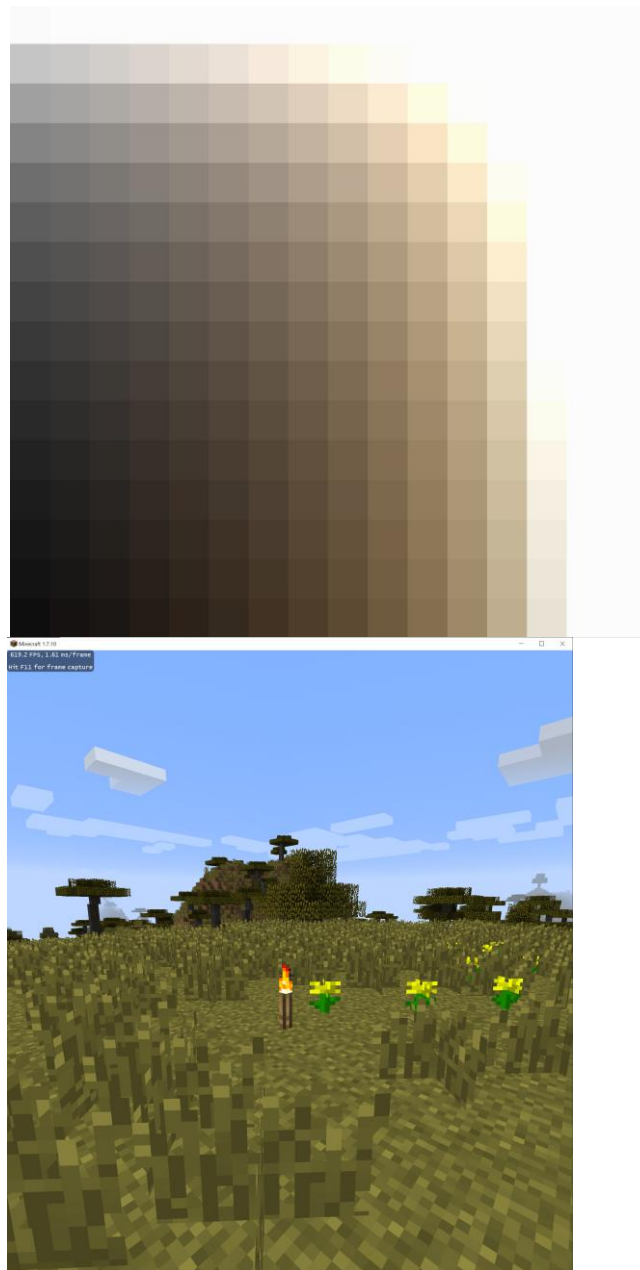


Рис. 2. Дневная лайтмапа

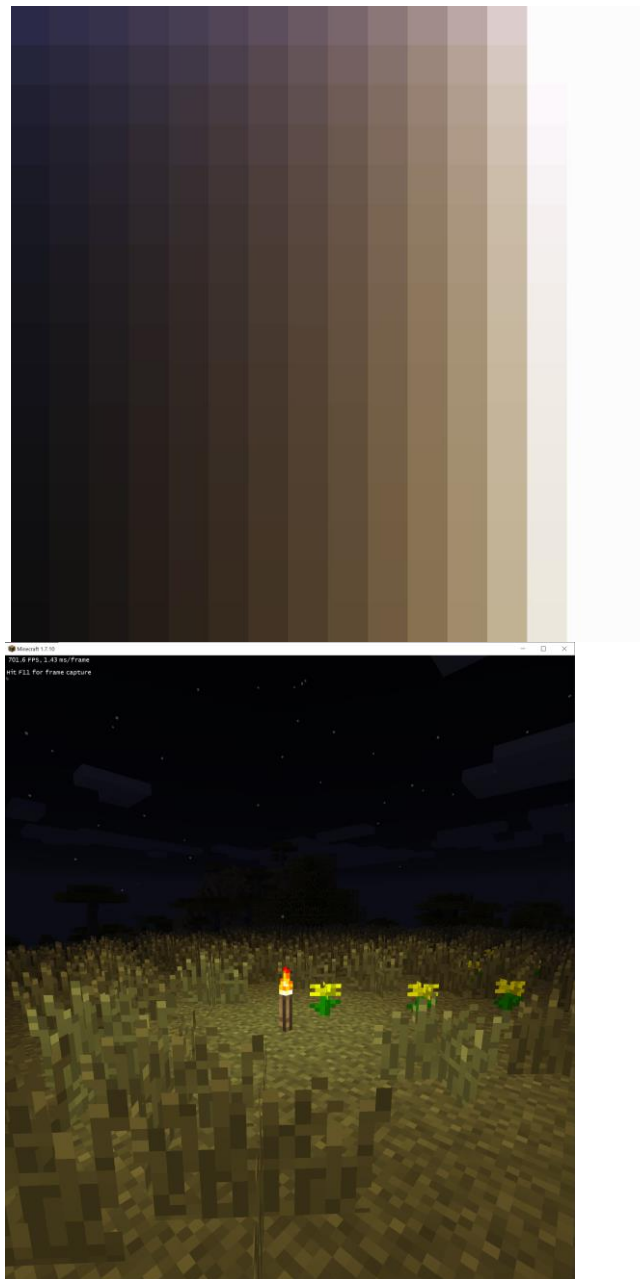


Рис. 3. Ночная лайтмапа

Таким образом освещенность объектов в движке определяется окружением объекта (есть ли перекрывающие блок объекты? где ближайший факел?) и временем суток, что влияет на интенсивность цветов-коэффициентов, которые интерпретируются как освещение от солнца. Использование лайтмапы позволяет уйти от вычислительно тяжелого обсчета множества источников света для отрисовки мира, а освещение фактически требует лишь два дополнительных числа на каждую вершину и скалирование итогового цвета на коэффициент из текстуры-лайтмапы.

Мир рисуется в два прохода, так как специфика некоторой геометрии требует информацию с предыдущего прохода: в первом проходе рендерится непрозрачная геометрия, во втором — полупрозрачная.

Отрисовка полупрозрачной геометрии во втором проходе необходима из-за того, что функция смешивания, с помощью которой реализуется полупрозрачность в OpenGL, порядкозависимая.

Движок игры использует старомодный подход к отрисовке геометрии. Практически все объекты отрисовываются через особый класс Tessellator, суть которого в получении набора геометрии и сохранение данных во внутренние буферы-накопители, чтобы отрисовать накопленные данные за один вызов отрисовки. Это удобная надстройка над простой передачей данных через команды glVertex, glNormal и другие, но требует передачи массивов данных для каждого вызова отрисовки и использует устаревший подход к передаче данных в OpenGL, который не рекомендован к использованию. В качестве оптимизации постоянные объекты (которые редко изменяются во времени – к примеру подчанки) запекаются в рендер-листы, что позволяет сохранить данные геометрии в памяти GPU, но лишает возможности быстро изменять данные при изменении геометрии (к примеру – изменение чанка игроком). Рендер-листы также являются устаревшей функциональностью.

Сущности хранятся в подчанках, таким образом, если ранее подчанк был отбракован, то сущности этого подчанка не отрисовываются. Каждая сущность отрисовывается отдельно, в отличие от блоков, которые запечены в единый рендер-лист подчанков. В отрисовку сущностей также входит отрисовка тайловых сущностей, хотя, конечно, это две разные операции. В отличие от обычных сущностей (которыми являются игроки, игровые NPC-мобы и другие), которые могут перемещаться в игровом мире, а значит менять свое положение и перемещаться между подчанками, тайловые сущности являются расширением блоков для добавления уникальной функциональности, что делает их привязанными к соответствующим блокам.

Отрисовка текстуры разрушения – отрисовка одной из набора текстур, показывающей степень разрушения блока при взаимодействии с ним игрока, накладывается на видимые стороны разрушаемого блока.

Отрисовка погодных явлений – отрисовка бесконечно отзеркаленной текстуры падающего снега или дождя вокруг игрока для симуляции соответствующего явления.

Отрисовка рук игрока необходима для того, чтобы показать игроку, какой предмет находится в руках виртуального персонажа. Эта операция не является частью рендера мира, отрисовывается в локальной системе координат относительно камеры, чтобы руки всегда были перед игроком вне зависимости от положения игрока. Руки представляют собой два параллелепипеда с наложенной текстурой, в которые может быть вложена модель предмета.

Когда руки отрисованы, игровой движок обладает готовым кадром трехмерного мира, но в нем отсутствует дополнительная информация для игрока: различные меню, текстовые надписи, иконки. Все это попадает в

категорию оверлея (overlay) и отрисовывается после отрисовки мира. Особенностью графических объектов overlay в том, что это, как правило, двумерная геометрия с высокой степенью наложения. Также может быть много полупрозрачных объектов, что накладывает требование порядка отрисовки.

В категорию наэкранных эффектов входит, к примеру, виньетка (vignette) – наложенная на весь кадр текстура с затемнением по краям. HUD (head-up display) – отрисовка различной метаинформации для игрока, таких как содержание активных слотов инвентаря игрока, количество игрового здоровья, перекрестия курсора и других. HUD не требует взаимодействия игрока, лишь дает дополнительную информацию об игре. GUI (graphics user interface) – различные меню. Отличие GUI от HUD можно выделить направленность GUI на двустороннее взаимодействие с игроком, то есть задание параметров, выбор режимов. HUD постоянно сопровождает пользователя во время игры, GUI отображается при необходимости.

Когда кадр готов, движок вызывает команду смены буферов отображения в видеокarte, чтобы кадр мог попасть на монитор. На этом цикл рендеринга окончен, и, если игра продолжает исполняться, то цикл начинается заново.

Заключение

В статье рассмотрены основные этапы конвейера отрисовки движка игры Minecraft и ключевые объекты, используемые при отрисовке. Относительная простота графической составляющей игры и оптимизации отрисовки однотипных скоплений объектов позволяет добиться высокой производительности рендеринга, но вносит значительные трудности при добавлении несвойственных оригинальной игре графических объектов, с чем предстоит столкнуться разработчикам модификаций.

Библиографический список

1. Грегори Джейсон. Игровой движок. Программирование и внутреннее устройство. 3-е изд. / Грегори Джейсон. СПб.: Питер, 2021. 1136 с. ISBN 978-5-4461-1134-3.
2. Improve Batching Using Texture Atlases. [Электронный ресурс]. URL: https://download.nvidia.com/developer/NVTextureSuite/Atlas_Tools/Texture_Atlas_Whitepaper.pdf.
3. Game Programming Patterns. Game Loop. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.gameprogrammingpatterns.com/game-loop.html>.
4. Rendering Pipeline Overview. [Электронный ресурс]. URL: https://www.khronos.org/opengl/wiki/Rendering_Pipeline_Overview.
5. Дэвид Вольф OpenGL 4. Язык шейдеров. Книга рецептов / Дэвид Вольф. М: ДМК Пресс, 2015. 368 с. ISBN 978-5-97060-255-3.

© Дорофеев Н.Г., 2024

А.Д. ЖУРАВЛЕВ

alex.zhuravlev2203@gmail.com

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. **Д.В. БЛИНОВА**

Уфимский государственный нефтяной технический университет

ОПЫТ РАЗРАБОТКИ REST API ДЛЯ МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ REMEMBER CODE

Аннотация: в статье рассматривается разработка приложения и сложность выбора соответствующего подхода к написанию программы при реализации архитектурного стиля взаимодействия компонентов распределенного приложения в сети REST. Анализируется вопрос эффективности разработки приложения при разных подходах. Внимание акцентируется на разработке мобильного приложения для помощи программистам в актуализации их профессиональных знаний и навыков. Также рассматривается выбор технологий, инструментов и методологий, которые могут значительно повлиять на конечный результат.

Ключевые слова: REST API, SOLID, паттерны проектирования, python, чистая архитектура, Domain Driven Design.

За последние несколько лет IT-индустрия значительно популяризировалась в обществе. Компании стали активнее набирать разработчиков, но вместе с тем и увеличилось количество соискателей. В данных условиях кандидатам критически важно обладать как уверенными теоретическими знаниями, так и быть готовыми продемонстрировать свои навыки написания кода перед собеседующими. Качественная подготовка к интервью становится ключевым фактором успеха, что подчеркивает необходимость разработки специализированного мобильного приложения, поскольку современное поколение разработчиков больше предпочитают быстрый и интерактивный доступ к информации. Такое приложение поможет пользователям эффективно готовиться к собеседованиям, предоставляя доступ к актуальным вопросам и материалам, а также возможность практиковаться в интерактивном формате, и поможет подчеркнуть области знаний, требующие дополнительной проработки.

Приложение предназначено как для действующих разработчиков, желающих актуализировать свои знания и навыки, так и для начинающих специалистов, которые только собираются начать свой карьерный путь в IT.

Основной целью при разработке приложения было удовлетворение потребности в быстром потреблении контента молодыми разработчиками. В связи с этим было решено реализовать взаимодействие с приложением

похожим на то, как это реализовано в современных социальных сетях, где пользователь может пропускать или пролистывать часть контента.

Архитектурно приложение является клиент-серверным, что обеспечивает гибкость и масштабируемость системы. Стилем взаимодействия был выбран REST API. Пример взаимодействия REST приложения приведен на рис. 1.

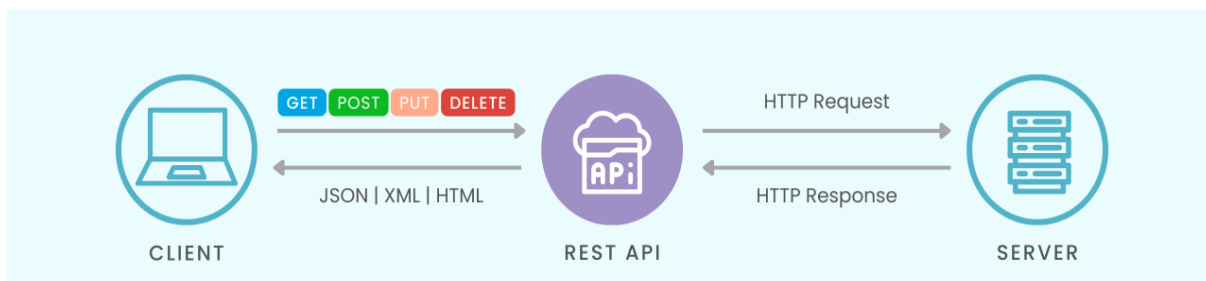


Рис. 1. Архитектура приложения

Данный вид взаимодействия подразумевает отправку клиентом HTTP запросов и получение ответов в формате JSON. Данный подход был выбран за свою гибкость и простоту реализации в условиях создания мобильного приложения не требующего хранения состояния.

Для разработки был выбран язык программирования Python 3.12 за свой простой синтаксис и возможность обеспечить приемлемую производительность при условии использования асинхронных библиотек. В качестве фреймворка для реализации функционала приложения и написании непосредственных служебных и сервисных слоев приложения был выбран фреймворк FastApi. Данный фреймворк является одним из самых быстрых веб-фреймворков на python. Достигнуто это при помощи использования асинхронных функций. В качестве валидатора данных была использована встроенная в FastApi библиотека Pydantic, которая позволяет удобно работать с заданными моделями данных. Базой данных для хранения информации была выбрана PostgreSQL. Взаимодействие с ней обеспечивает ORM SQLAlchemy и асинхронный драйвер для работы с PostgreSQL asyncpg. Для хранения JWT токенов используется Redis в виду скорости доступа к данным и удобства хранения данных в формате ключ: значение.

Приложение имеет следующие функции:

- регистрация;
- выбор дисциплины для тестирования. Планируется включить две дисциплины: Python, SQL;
- прохождение тестирования в выбранном режиме;
- анализ результатов;
- настройка пользовательских списков вопросов

Основу приложения составляет современный подход к предоставлению информации пользователю. Вопросы представлены в виде

карточек с вариантами ответов, также они структурированы по темам и по сложности. Всего будет два режима прохождения каждой темы. В первом режиме вопросы будут идти друг за другом в рамках выбранной категории. Вторым режимом является блиц-опрос, в котором вопросы будут выпадать в случайном порядке, а пользователь будет иметь ограниченное время на ответ.

Поддержка различных форматов вопросов (например, выбор ответа, открытые вопросы) и возможность создания пользовательских тестов для индивидуальной подготовки. Пользователь также будет иметь возможность добавлять вопросы в различные списки, например откладывать вопросы, или наоборот полностью убрать их из вопросника.

Первоначально при разработке был выбран процедурный стиль программирования, который подразумевает довольно высокую производительность, однако обладает существенным недостатком – невозможность масштабирования без изменения кодовой базы. Также при данном подходе к разработке регулярно нарушались принципы проектирования DRY, KISS, SOLID.

Нарушение принципа DRY (don't repeat yourself) происходит из-за самодостаточности каждой отдельно взятой функции, которая как правило содержит сложную логику, поэтому ее не удастся разбить на подпрограмму, следовательно разработчик будет вынужден повторно писать код с пересекающейся логикой.

Принцип KISS (keep it short and simple) нарушается в виду постоянного нагромождения логики в каждом написанном сервисе. В виду этого возникает ситуация, когда разработчик написавший код спустя время не может разобраться что конкретно было написано из-за длинных и мало понятных кусков кода.

В виду возникших проблем было решено отойти от процедурного стиля. Ему на замену был выбран подход объектно-ориентированного программирования (ООП).

Грамотная реализация ООП гарантирует соблюдение кодовой базы основополагающим принципам при разработке программного обеспечения – SOLID. В качестве продолжения идей ООП была выбрана расширенная гексагональная архитектура, часто именуемая «чистой» архитектурой.

Для реализации данного подхода были выделены основные доменные сущности (сущности, без которых не может существовать наше приложение). Данными сущностями является модель пользователя и вопросы. Из данных сущностей мы выделили основные случаи использования приложения Use Cases (общепринятое обозначение для описания бизнес-слоя приложений). В данный слой входят регистрация пользователя, возможность формирования своих списков вопросов, прохождение теста в выбранном режиме, анализ результатов пользователя, персонализированные подборки.

Данный подход к разработке гарантирует что код будет слабосвязанным, поскольку каждый слой приложения изолирован друг от друга. Из этого вытекает легкость тестирования, поскольку имеется множество независимых модулей каждый из которых поддерживает unit тестирование. Масштабирование также больше не является проблемой, поскольку при изменении любой бизнес-логики она может быть удалена без пагубного влияния на другой код.

Однако у данного подхода также имеются весомые минусы. Один из главных это высокая сложность грамотного проектирования самой системы чтобы она соответствовала заложенным архитектурным стандартам. Также приходится часто писать однотипный код, поскольку в различных модулях будет повторяться одна и та же логика. Это существенно увеличивает время разработки, также может усложнить тестирование и масштабирование.

Разрабатываемое приложение позволит пользователям подготовиться к собеседованиям по вопросам разработки программного обеспечения. В дальнейшем планируется расширение базы вопросов со 100 вопросов по каждой дисциплине до 400 и более. Также планируется добавить рекомендательную систему на основе действий пользователя для интерактивного выявления пробелов в его знаниях.

Библиографический список

1. Мартин Р. Чистая архитектура. Искусство разработки программного обеспечения / пер. с англ. под ред. А. Киселева. М.: Питер, 2019. 401 с.
2. Документация языка программирования Python 3.11 URL: <https://docs.python.org/3.11/> (дата обращения 19.11.2024).
3. REST API components & how to read them URL: <https://www.skiplevel.co/blog/part-2-rest-api-components-how-to-read-them> (дата обращения 19.11.2024).
4. Принципы для разработки: KISS, DRY, YAGNI, BDUF, SOLID, APO и бритва Оккама URL: <https://habr.com/ru/companies/itelma/articles/546372/> (дата обращения 19.11.2024).
5. Документация фреймворка FastApi URL: <https://fastapi.tiangolo.com/> (дата обращения 19.11.2024).

© Журавлев А.Д., 2024

М.П. ЗАЙЦЕВ, А.А. МУЛЛАГАЛИЕВ

zaytax@mail.ru, mulshamilme@gmail.com

Науч. руковод. – д-р техн. наук, профессор **Н.М. ШЕРЫХАЛИНА***Уфимский университет науки и технологий***ТЕОРИЯ ПРИБЛИЖЕНИЙ**

Аннотация: в статье рассматриваются методы приближения иррациональных чисел рациональными дробями. Особое внимание уделено теории цепных дробей, которая позволяет получать рациональные приближения с минимальной погрешностью. Обсуждается связь этих методов с уравнением Пелля, объясняющим точность приближений для квадратичных иррациональностей. Приведены примеры вычислений и доказаны математические свойства полученных результатов.

Ключевые слова: иррациональные числа, рациональные приближения, цепные дроби, уравнение Пелля, численные методы.

Введение

В математике есть числа, которые невозможно точно представить. Например, $\sqrt{2}$, π и e . У них бесконечное количество цифр после запятой, и они не повторяются. Это неудобно для вычислений.

Для решения этой задачи существует теория приближений. Она помогает находить числа, близкие к точным значениям. Нам нужно найти число m/n , которое будет близко к числу α . При этом разница между ними должна быть меньше ε : $|\alpha - m/n| < \varepsilon$, где α – приближаемое число, ε – допустимая погрешность.

Один из самых эффективных способов работы с иррациональными числами – использование цепных дробей. Это как цепочка чисел, которые приближаются к нужному числу. Чем больше звеньев в этой цепочке, тем точнее результат. Еще один важный инструмент – уравнение Пелля. Оно помогает находить точные значения для чисел, которые невозможно точно представить в виде дробей. Например, $\sqrt{2}$ или $\sqrt{3}$.

Основные математические методы. Цепные дроби: построение и свойства

Цепные дроби – это способ представления числа в виде цепочки чисел, соединенных друг с другом. Этот метод помогает понять, как работают числа.

Метод цепных дробей основан на представлении числа α в виде последовательности целых чисел:

$$\alpha = a_0 + \frac{1}{a_1 + \frac{1}{a_2 + \frac{1}{a_3 + \dots}}}$$

Алгоритм разложения

Разложение числа α в цепную дробь выполняется следующим образом:

1. Выделяем целую часть числа: $a_0 = [\alpha]$.
2. Находим дробную часть: $\beta_1 = \alpha - a_0$.
3. Обращаем дробную часть: $\beta_2 = 1/\beta_1$, и повторяем процесс для β_2 .

Пример: для числа $\sqrt{2}$:

- $\sqrt{2} = 1.414\dots$, значит, $a_0 = 1$.
- Остаток $\beta_1 = \sqrt{2} - 1 = 0.414\dots$
- Обращаем: $\beta_2 = 1/\beta_1 = 2.414\dots$, значит, $a_1 = 2$.

Получаем периодическую цепную дробь:

$$\sqrt{2} = 1 + \frac{1}{2 + \frac{1}{2 + \dots}}$$

С помощью цепных дробей можно получить последовательность рациональных чисел, которые приближаются к какому-то числу α . Чем больше членов в этой последовательности, тем точнее приближение.

Уравнение Пелля и квадратичные иррациональности

Одним из главных инструментов для вычисления квадратных иррациональностей является уравнение Пелля. Это диофантово уравнение имеет вид:

$$x^2 - my^2 = \pm 1,$$

где m – натуральное число, которое не является квадратом. Уравнение Пелля помогает найти целые числа (x, y) , которые можно использовать для вычисления рациональных приближений к квадратным иррациональностям, например, к $\sqrt{2}$, $\sqrt{3}$, $\sqrt{5}$ и так далее.

Решения уравнения Пелля дают такие значения x и y , которые приближают \sqrt{m} с большой точностью. Например, для числа $\sqrt{2}$ решение уравнения Пелля приводит к таким приближениям: $x/y = 2/3, 17/19, 70/99$ и так далее. С каждым шагом эти дроби все точнее приближают число $\sqrt{2}$. Точность таких приближений выше, чем у обычных дробей, поэтому уравнение Пелля – мощный инструмент для работы с квадратичными иррациональностями.

Примеры вычислений

1. Для числа π :

Цепная дробь для π дает приближение: $\pi \approx 355/113$.

Это приближение с точностью до 10^{-6} , то есть очень точное. Его используют в разных областях, например, в инженерии и физике, где точность числа π не так важна.

2. Для числа e :

Цепная дробь приводит к приближениям: $e \approx 19/7$, $e \approx 87/32$.

Это тоже очень точное приближение, его используют для разных задач, например, связанных с экспоненциальным ростом или теорией вероятностей.

Заключение

Методы цепных дробей и уравнений Пелля являются эффективными инструментами приближенного представления иррациональных чисел. Эти методы широко используются в численных расчетах, теории чисел, математической физике и других областях. Их применение позволяет добиться высокой точности вычислений при минимизации ошибок, что делает эти методы важным инструментом решения прикладных математических задач.

Библиографический список

1. Березанский Ю.М. Теория функций вещественной переменной. – Киев: Наукова думка, 1986. 744 с.
2. Бугай А.Г. Основы теории чисел. М.: Наука, 1984. 376 с.
3. Вороной Г.Ф. Алгебраические дроби и их приложения в математике. СПб.: Типография Императорской Академии Наук, 1907. 512 с.
4. Хинчин А.Я. Цепные дроби. М.: Наука, 1978. 168 с.
5. Бахвалов Н.С., Жидков Н.П., Кобельков Г.М. Численные методы. М.: Наука, 2004. 636 с.
6. Марчук Г.И. Методы вычислительной математики. М.: Наука, 1977. 456 с.
7. Гусев М.И. Теория чисел и диофантовы уравнения. М.: Физматлит, 1991. 392 с.
8. Браун Х. Численные алгоритмы: пер. с англ. М.: Мир, 1996. 480 с.
9. Успенский И.В. Введение в теорию приближений. М.: Наука, 1951. 268 с.
10. Андреев И.В., Соколов П.А. Математические методы в криптографии. СПб.: Лань, 2011. 320 с.

© Зайцев М.П., Муллагалиев А.А., 2024

Д.Р. ЗУЛКАРНАЕВ, Р.А. ГАЛИМОВ

danilzul2002@gmail.com, rus.galimov03@icloud.com

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

Уфимский университет науки и технологий

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КУБИЧЕСКОЙ СПЛАЙНОВОЙ ИНТЕРПОЛЯЦИИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ РАЗРЕЖЕННЫХ ДАННЫХ

Аннотация: в данной статье рассматривается метод кубической сплайновой интерполяции и методика его применения для обработки разреженных данных. Описывается метод, этапы применения метода, а также пример использования в задаче предварительной обработки данных. Рассматриваются сферы применения кубической сплайновой интерполяции.

Ключевые слова: кубическая сплайновая интерполяция, разреженные данные, восстановление данных, аппроксимация функций, интерполяционные методы, непрерывность производных, гладкость аппроксимации, временные ряды, численные методы, пропущенные значения.

Введение

В современном мире устройства хранения данных и их обработки модернизируются с каждым днем. Объемы данных становятся все больше и ввиду повсеместного внедрения технологий, обработка информации играет ключевую роль в развитии науки, техники и бизнеса. Разреженные данные, характеризующиеся неравномерностью распределения и отсутствием части значений, становятся одной из главных проблем для современных аналитических систем – они уменьшают точность вычислений, снижая их эффективность. Такие данные встречаются в самых разных областях: от анализа временных рядов в экономике и медицине до обработки спутниковых изображений и данных социальных сетей.

Одним из методов решения этой проблемы является интерполяция – процесс восстановления недостающих значений на основе имеющихся данных. В числе наиболее эффективных подходов стоит отметить кубическую сплайновую интерполяцию, которая сочетает в себе точность, гибкость и вычислительную эффективность.

И. Шенберг ввел в рассмотрение сплайны (кусочно-многочленные функции) в 1946 году. С тех пор методы сплайновой интерполяции нашли широкое применение в таких сферах, как моделирование физических процессов, обработка изображений, анализ больших данных. Сегодня

сплайновая интерполяция значительно улучшает качество и точность моделей машинного обучения и является одним из основных инструментов подготовки данных.

Определение кубической сплайновой интерполяции

Кубическая сплайновая интерполяция – это метод аппроксимации, при котором на каждом подынтервале между узловыми точками x_i и x_{i+1} функция представляется в виде полинома третьей степени. Сплайновая функция обеспечивает непрерывность самой функции, а также ее первой и второй производных, что делает ее подходящей для гладкой аппроксимации данных.

Пусть заданы узловые точки:

$(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$, где $x_1 < x_2 < \dots < x_n$. Кубический сплайн $S(x)$ определяется следующим образом:

1. На каждом интервале $[x_i, x_{i+1}]$ он задается полиномом третьей степени:

$$S(x) = a_i + b_i(x - x_i) + c_i(x - x_i)^2 + d_i(x - x_i)^3,$$

где a_i, b_i, c_i, d_i – коэффициенты, определяемые условиями интерполяции

2. Сплайн удовлетворяет условиям гладкости:

- Значения сплайна совпадают с заданными значениями в узловых точках:

$$S_i(x) = a_i + b_i(x - x_i) + c_i(x - x_i)^2 + d_i(x - x_i)^3, x \in [x_i, x_{i+1}]$$

- Первая и вторая производные непрерывны на всем промежутке:

$$S'_i(x_{i+1}) = S'_{i+1}(x_{i+1}), i = 1, 2, \dots, n - 1$$

$$S''_i(x_{i+1}) = S''_{i+1}(x_{i+1}), i = 1, 2, \dots, n - 1$$

- Для задания крайних условий часто используются натуральные сплайны, у которых в краевых точках вторая производная равна нулю

$$S''_1(x_1) = 0, \quad S''_{n-1}(x_n) = 0$$

Методика применения кубической сплайновой интерполяции для разреженных данных

Для начала дадим определение разреженным данным: разреженные данные – это наборы данных, которые содержат пропущенные значения, нерегулярные измерения или неравномерное распределение данных. Кубическая сплайновая интерполяция (КСИ) применяется для восстановления недостающих данных, обеспечивая гладкость и высокую точность аппроксимации.

Многие алгоритмы чувствительны ко входным данным и их представлению, и перед применением КСИ нам необходимо проанализировать имеющийся набор данных и выявить пропущенные

значения и разреженные участки. С целью повышения точности необходимо выявить и удалить явные выбросы, которые могут исказить интерполяцию и заменить некорректные значения. Нормализация значений – то есть приведение значений к единому масштабу (к примеру, от 0 до 1) поможет минимизировать численные ошибки при интерполяции.

Для наглядности опишем методику применения КСИ на примере восстановления данных о температуре воздуха: предположим, у нас есть временной ряд данных о температуре воздуха, измеренной каждые 3 часа, но из-за сбоя в оборудовании отсутствуют недостающие значения. Для корректной работы алгоритмов нам необходимо восстановить недостающие значения и дополнить ими временной ряд.

Рассмотрим исходные данные измерения температуры за сутки:

$$t = [0, 6, 12, 18, 24] \text{ (время в часах)}$$

$$T = [15, 10, 20, 25, 18] \text{ (температура в } ^\circ\text{C)}$$

Время пропущенных измерений, которые нам необходимо восстановить:

$$t_{\text{miss}} = [3, 9, 15, 21] \text{ (время в часах)}$$

Общая формула кубического сплайна (формулировка полиномиальной функции) для каждого интервала $[t_i, t_{i+1}]$ представляется следующим образом:

$$S_{i(x)} = a_i + b_i(t - t_i) + c_i(t - t_i)^2 + d_i(t - t_i)^3, t \in [t_i, t_{i+1}]$$

Далее нам необходимо построить условия интерполяции, чтобы определить коэффициенты a_i, b_i, c_i, d_i . Для начала совпадение со значениями в узловых точках:

$$S_i(t_i) = T_i, \quad S_i(t_{i+1}) = T_{i+1}.$$

Гладкость первой и второй производных:

$$S'_i(t_{i+1}) = S'_{i+1}(t_{i+1})$$

$$S''_i(t_{i+1}) = S''_{i+1}(t_{i+1})$$

Вторая производная крайних условий натуральных сплайнов равна нулю:

$$S''_1(t_1) = 0, \quad S''_{n-1}(t_n) = 0.$$

Для решения системы линейных уравнений и определения коэффициентов будем использовать метод прогонки. Для второго коэффициента c_i решается система уравнений:

$$h_i c_{i-1} + 2(h_i + h_{i+1})c_i + h_{i+1}c_{i+1} = \frac{3}{h_{i+1}}(T_{i+2} - T_{i+1}) - \frac{3}{h_i}(T_{i+1} - T_i),$$

$$\text{где } h_i = t_{i+1} - t_i$$

Найдем остальные коэффициенты:

$$a_i = T_i,$$

$$b_i = \frac{T_{i+1} - T_i}{h_i} - \frac{h_i}{3}(c_{i+1} + 2c_i),$$

$$d_i = \frac{c_{i+1} - c_i}{3h_i}$$

Теперь, когда мы вычислили все коэффициенты, мы будем для каждого пропущенного времени t_{miss} , принадлежащего интервалу $[t_i, t_{(i+1)}]$ рассчитывать необходимую нам температуру по формуле:

$$T_{miss} = S_i(t_{miss}) = a_i + b_i(t_{miss} - t_i) + c_i(t_{miss} - t_i)^2 + d_i(t_{miss} - t_i)^3.$$

Наконец, проведем интерполяцию пропущенных значений: рассмотрим восстановление температуры в момент $t_{miss} = 3$, который принадлежит интервалу $[t_0, t_1] = [0, 6]$:

Длина интервала:

$$h_0 = t_1 - t_0 = 6$$

Значения в узлах:

$$T_0 = 15, \quad T_1 = 10$$

Восстановим температуры, подставив значения $t_{miss} = 3$ и коэффициенты a_0, b_0, c_0, d_0 в формулу сплайна:

$$T_{miss} = 15 - 1.25(t_{miss} - 0) - 0.4167(t_{miss} - 0)^2 + 0.0694(t_{miss} - 0)^3$$

, где $t_{miss} = 3$, получим:

$$15 - 1.25 \cdot 3 - 0.4167 \cdot 3^2 + 0.0694 \cdot 3^3 = 9.3735$$

Полученное значение можно использовать для уменьшения разреженности данных, в реальных задачах, например, при предварительной обработке данных в моделях машинного обучения, такой метод позволит улучшить качество обрабатываемых алгоритмов за счет восстановления утраченных данных или исключения из них аномалий.

После восстановления пропущенных данных, можно использовать восстановленные значения для тренировки модели, будь то модель классификации (например, предсказание наличия определенных погодных условий) или регрессии (к примеру, предсказание точной температуры в будущем).

Кубическая сплайновая интерполяция является эффективным методом уменьшения разреженности данных, имеющим широкую область применения – от применений в механике твердого тела до предварительной обработки данных, передаваемых в модели машинного обучения. В результате, использование таких методов повышает общую

эффективность алгоритмов, аналитических систем и улучшает точность последующих моделей машинного обучения

Заключение

Несмотря на свою простоту с математической точки зрения, алгоритм является эффективным инструментом, давно применяемым в моделировании физических процессов. В современном мире способность уменьшать количество выбросов путем замены аномальных значений помогает значительно повышать точность моделей.

Таким образом, кубическая сплайновая интерполяция представляет собой надежный инструмент для восстановления разреженных данных и может быть полезна в различных областях, от анализа временных рядов до применения в интеллектуальных системах для принятия решений в реальном времени.

Библиографический список

1. 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.
2. Житников В.П., Шерыхалина Н.М. Многокомпонентный анализ численных результатов // LAP LAMBERT Academic Publishing, Germany, 2012. 389 с.
3. Кравчук М.М., Чебышев П.П. Численные методы и их применение в математической физике // М.: Наука, 1976. 294 с.
4. Акимов А.А., Валитов Д.Р., Кубряк А.И., Предварительная обработка данных для машинного обучения // Стерлитамакский филиал Башкирского государственного университета, 2022, 6 с.

© Зулкарнаев Д.Р., Галимов Р.А., 2024

А.И. ИСАНГУЛОВ

Isangulov_aidar@mail.ru

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

Уфимский университет науки и технологий

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ГЕОПРОСТРАНСТВЕННОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ГЕОМАГНИТНЫХ ДАННЫХ

Аннотация: статья обсуждает современные информационные технологии для геопространственного позиционирования. Рассматриваются подходы к локализации и навигации. Анализируются известные решения о навигационных системах. Результаты показывают потенциал современных алгоритмов для повышения эффективности позиционирования и подчеркивают значимость интеграции геомагнитных данных в навигационные системы.

Ключевые слова: геопространственное позиционирование, геомагнитные данные, навигационные системы, алгоритмы оценивания, корреляционно-экстремальные методы, калмановская фильтрация, статистическая обработка, рекуррентно-поисковые алгоритмы.

Введение.

Современное общество не представляет свою деятельность без использования информационных технологий, и геопространственное позиционирование занимает в этом процессе центральное место. Геомагнитные данные, в частности, представляют собой уникальный источник информации, способный значительно расширить возможности навигации и локализации в условиях, когда традиционные системы позиционирования, такие как GPS, сталкиваются с ограничениями. Обострение задач, связанных с точностью и надежностью навигационных систем, стало ключевым фактором для поиска новых подходов и технологий.

Геомагнитные поля Земли обладают естественной изменчивостью и уникальными характеристиками, что позволяет использовать их для определения местоположения объектов и пользователей. Применение информационных технологий для обработки и анализа геомагнитных данных открывает новые горизонты в области развития навигационных систем, позволяя интегрировать данные из различных источников и адаптировать их под специфические задачи.

В данной статье будет рассмотрено текущее состояние технологий геопространственного позиционирования на основе геомагнитных данных, а также проведен анализ алгоритмов и методов, представленных в исследовании Белоглазова "Рекуррентно-поисковое оценивание и синтез алгоритмов корреляционно-экстремальных навигационных систем".

Обзор текущего состояния технологий геопространственного позиционирования на основе геомагнитных данных

Современные технологии геопространственного позиционирования активно развиваются и применяются в различных областях – от мобильных приложений до сложных промышленных решений. Однако, несмотря на доминирование традиционных методов, таких как GPS, наблюдается растущий интерес к альтернативным подходам, использующим геомагнитные данные. Эти технологии открывают новые возможности для позиционирования в условиях, где традиционные системы могут оказаться менее эффективными, например, в городских каньонах, закрытых помещениях или в условиях помех.

Геомагнитное позиционирование основано на использовании магнитного поля Земли, которое, в свою очередь, зависит от географических координат. Каждый участок земной поверхности обладает уникальными магнитными характеристиками, что позволяет ориентироваться на основе магнитных данных. Для успешного применения геомагнитного позиционирования необходима предварительная калибровка и создание магнитной карты местности. Такие карты могут быть созданы с использованием полевых замеров, а также данных геомагнитного мониторинга.

Существуют различные устройства и технологии для сбора геомагнитных данных:

- Магнитометры. Они используются для измерения компонент магнитного поля. Современные магнитометры могут быть миниатюрными, что позволяет интегрировать их в мобильные устройства и другие системы.

- Смартфоны и мобильные устройства. Большинство современных смартфонов оснащены встроенными магнитометрами, что позволяет использовать их для геомагнитного позиционирования. Это обеспечивает доступность технологий для широкого круга пользователей.

- Беспилотные летательные аппараты (БПЛА). Их применяют для создания магнитных карт на больших территориях, что позволяет использовать геомагнитные данные в сельском хозяйстве, геологии и экологии.

Ключевым аспектом для достижения высокой точности геомагнитного позиционирования являются алгоритмы обработки данных. Существует множество подходов, среди которых стоит выделить:

– алгоритмы машинного обучения. Они используются для обнаружения паттернов в магнитных данных и соответствия их с заранее известными магнитными картами. Машинное обучение позволяет адаптироваться к изменяющимся условиям и улучшать точность позиционирования;

– методы фильтрации, такие как фильтры Калмана и другие методы обработки сигналов. Они используются для сглаживания данных и повышения устойчивости к шумам. Это позволяет улучшить качество позиционирования, особенно в условиях, когда данные могут быть подвержены значительным помехам.

Геомагнитные технологии уже находят применение в ряде областей:

– Навигация в закрытых помещениях, например, вещественные альтернативы для традиционных систем позиционирования, особенно в условиях ограниченного доступа к GPS;

– специализированные приложения. Геомагнитные данные используются в геолокационных играх, настройке автоматизированных транспортных систем и для мониторинга различных геофизических процессов;

– управление ресурсами. В сельском хозяйстве геомагнитные технологии помогают оптимизировать распределение ресурсов, анализируя магнитные карты полей.

Обзор известных решений

В своей работе “Рекуррентно-поисковое оценивание и синтез алгоритмов корреляционно-экстремальных навигационных систем”, Белоглазов И.Н. начинает с описания актуальности проблемы оценивания координат в навигационных системах, которые используют информацию о геофизических полях. Он отмечает, что традиционные методы, такие как теория статистических решений, не всегда позволяют учесть сложные дифференциальные зависимости между переменными. В то же время, алгоритмы калмановской фильтрации показывают свою эффективность только при малых начальных ошибках оценивания, что ограничивает их применение в реальных условиях.

В статье подробно рассматриваются рекуррентно-поисковые алгоритмы оценивания, которые позволяют улучшить точность координат в условиях, когда уравнения движения и наблюдения нелинейно зависят от координат свободного движения. Автор предлагает синтез алгоритмов, которые могут адаптироваться к изменяющимся условиям и обеспечивать более надежные результаты.

Автор приводит математическое моделирование, чтобы продемонстрировать эффективность предложенных методов. В статье исследуются различные сценарии, включая случаи с большими начальными ошибками, в результате которых выясняется, что рекуррентно-поисковое оценивание может значительно улучшить точность

оценивания вертикальных параметров движения. В частности, Белоглазов отмечает, что даже при значительных отклонениях в горизонтальных координатах, вертикальные параметры могут быть оценены с высокой точностью.

В результате моделирования автор приходит к выводу, что использование рекуррентно-поискового оценивания позволяет отказаться от некоторых традиционных подсистем навигационного комплекса, таких как барометрические высотомеры. Вместо этого, радиовысотомеры, совместно с картами рельефа, могут обеспечить точные оценки абсолютной высоты.

Автор также подчеркивает важность учета особенностей ковариационной матрицы в процессе оценивания. Вырожденность этой матрицы может привести к потере смысла уравнений, используемых в алгоритмах, что делает необходимым разработку альтернативных соотношений для таких случаев.

Статья представляет собой значимый вклад в область навигационных систем, предлагая новые подходы к оцениванию координат и подчеркивая важность математического моделирования. Белоглазов уверен, что предложенные методы могут быть успешно применены в различных навигационных системах, что открывает новые горизонты для дальнейших исследований и разработок в этой области.

Заключение

Геопространственное позиционирование на основе геомагнитных данных представляет собой перспективное направление, способное значительно улучшить навигационные технологии в условиях, когда традиционные методы сталкиваются с серьезными ограничениями. Актуальные исследования и разработка алгоритмов, как в случае работы Белоглазова, подчеркивают важность интеграции геомагнитной информации для создания более надежных и точных систем позиционирования.

Существует явная тенденция к использованию геомагнитных данных в различных областях, включая мобильные технологии, беспилотные системы, а также в научных и промышленных приложениях. Открываются новые горизонты для дальнейшего исследования и внедрения геомагнитного позиционирования, что может способствовать повышению качества и доступности навигационных услуг.

В условиях стремительно развивающейся цифровой эпохи применение информационных технологий для анализа и обработки геомагнитных данных становится все более актуальным и востребованным, подчеркивая необходимость дальнейших инвестиций в развитие этой области.

Библиографический список

1. Белоглазов И.Н., Ермилов А.С., Карпенко Г.И., “Рекуррентно-поисковое оценивание и синтез алгоритмов корреляционно-экстремальных навигационных систем”, Автоматика и телемеханика, 1979, № 7. С. 68–79.
2. Воробьев А.В., Воробьева Г.Р., Христодуло О.И. Программная система пространственной визуализации прогностических и ретроспективных данных вероятности наблюдения полярных сияний // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2021. Т. 21, № 2. С. 225–233. DOI: 10.17586/2226-1494-2021-21-2-225-233.
3. Воробьев А.В., Соловьев А.А., Пилипенко В.А., Воробьева Г.Р. Интерактивная компьютерная модель для прогноза и анализа полярных сияний. Солнечно-земная физика. 2022. Т. 8, № 2. С. 93–100. DOI: 10.12737/szf-82202213.
4. Воробьев А.В., Пилипенко В.А., Еникеев Т.А. и др. Система динамической визуализации геомагнитных возмущений по данным наземных магнитных станций. Научная визуализация. 2021. № 13.1. С. 162–176. DOI: 10.26583/sv.13.1.11.

© Исангулов А.И., 2024

Т.Б. КУПБАЕВ

kurbaev2016@gmail.com

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. **Д.В. БЛИНОВА**

Уфимский государственный нефтяной технический университет

ПРОБЛЕМА ПЛОХО ОБУСЛОВЛЕННЫХ МАТРИЦ В ТРОИЧНО СБАЛАНСИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ

Аннотация: плохо обусловленные матрицы представляют собой значимую проблему в численных вычислениях, особенно в контексте троично сбалансированных систем (ТСС). В статье рассмотрены примеры плохо обусловленных матриц, их влияние на точность решений и методы повышения устойчивости вычислений. Приведены подходы, включающие регуляризацию и предобуславливание, которые позволяют минимизировать ошибки и стабилизировать системы.

Ключевые слова: плохо обусловленные матрицы, троично сбалансированные системы, предобуславливание, регуляризация.

Введение

Троично сбалансированные системы (ТСС) применяются в инженерных и научных задачах, включая моделирование, управление и оптимизацию. Такие системы часто характеризуются сложными матричными структурами, которые могут быть плохо обусловленными. Это приводит к сильной чувствительности систем к погрешностям входных данных и округлений, что может существенно снижать точность и стабильность решений [1, 2].

Проблема обусловленности матриц особенно важна для систем линейных уравнений, где число обусловленности матрицы напрямую влияет на устойчивость и точность решения [3]. Разработка методов улучшения обусловленности позволяет повысить надежность вычислений, что имеет ключевое значение для задач, связанных с ТСС.

Понятие обусловленности матрицы

Обусловленность матрицы – это характеристика, показывающая, насколько чувствительна система линейных уравнений к изменениям входных данных. Для количественной оценки используется число обусловленности $\kappa(A)$, которое рассчитывается как произведение нормы матрицы $\|A\|$ и нормы ее обратной

$$\|A^{-1}\|:$$
$$\kappa(A) = \|A\| \cdot \|A^{-1}\|.$$

Чем больше $\kappa(A)$, тем хуже обусловлена матрица. В случае плохо обусловленных матриц даже малейшие изменения в данных могут привести к значительным отклонениям в решении, что делает такие матрицы опасными для вычислений [2, 3].

Пример плохо обусловленной матрицы

Рассмотрим матрицу A :

$$A = \begin{pmatrix} 1.023 & 22 & 3 \\ 4.693 & 5 & 6 \\ 7 & 8.565 & 9.00 \end{pmatrix}$$

Для нее были вычислены:

- норма $\|A\| = 3.0001$;
- норма обратной $\|A^{-1}\| = 31623.41$;
- число обусловленности $\kappa(A) = 94872.34$.

Такое высокое значение числа обусловленности указывает на чувствительность матрицы к малейшим изменениям данных, что может привести к значительным ошибкам в численных расчетах [1]. Плохо обусловленные матрицы часто встречаются в задачах управления динамическими объектами и в задачах оптимизации, где высокая точность решений играет ключевую роль [4].

Пример хорошо обусловленной матрицы

Для сравнения приведем матрицу B :

$$B = \begin{pmatrix} 4 & 1 & 2 \\ 1 & 3 & 0 \\ 2 & 0 & 5 \end{pmatrix}$$

Ее характеристики:

- норма $\|B\| = 7.746$;
- норма обратной $\|B^{-1}\| = 0.545$;
- число обусловленности $\kappa(B) = 4.22$.

Данная матрица является хорошо обусловленной, так как ее число обусловленности близко к единице. Это означает, что решения системы уравнений с такой матрицей будут стабильными и устойчивыми к небольшим изменениям данных [2, 3].

Методы повышения устойчивости систем

1. Регуляризация.

Добавление небольшого значения λ к диагональным элементам матрицы:

$$A_{\text{пер}} = A + \lambda I,$$

где I – единичная матрица. Это позволяет уменьшить чувствительность системы к возмущениям данных и улучшить число обусловленности. Регуляризация широко используется в задачах численного моделирования и оптимизации [1, 3].

2. *Предобуславливание.*

Применение матрицы предобуславливания M , которая преобразует систему уравнений в более устойчивую:

$$MA_x = M_b.$$

Метод снижает число обусловленности и делает решения менее чувствительными к ошибкам данных.

3. *Модификация данных.*

Изменение масштаба элементов матрицы для устранения дисбаланса, что улучшает ее обусловленность и уменьшает вероятность ошибок округления [2].

Заключение

Плохо обусловленные матрицы представляют серьезную проблему для трючно сбалансированных систем, так как они могут вызывать ошибки и нестабильность решений. Методы регуляризации, предобуславливания и модификации данных являются эффективными инструментами для снижения числа обусловленности и повышения устойчивости систем. Их применение особенно важно в задачах моделирования, управления и оптимизации, где требуется высокая точность и стабильность вычислений.

Будущие исследования должны быть направлены на разработку более эффективных методов улучшения обусловленности матриц, а также на их адаптацию для использования в задачах с высокой вычислительной сложностью [4].

Библиографический список

1. Лебедева А.В., Рябов В.М. О численном решении систем линейных алгебраических уравнений с плохо обусловленными матрицами // Вестник Санкт-Петербургского университета. Математика. Механика. Астрономия. 2001. Том 7, № 4. С. 65–78.

2. Боловин Е.В., Глазырин А.С. Способы повышения обусловленности матриц при решении систем разностных уравнений в задачах идентификации параметров динамических объектов // Журнал вычислительной математики и математической физики. 2005. Том 45, № 12. С. 25–33.

3. Петров В.В., Лысенко Н.А. Методы регуляризации для численного решения плохо обусловленных задач // Математическое моделирование. 2010. Том 22, № 3. С. 14–26.

4. Курсов С.А., Шмидт В.Г. Устойчивость численных методов и регуляризация при решении сложных математических задач // Математика и механика в инженерных науках. 2012. Том 5, № 2. С. 45–60.

С.Д. ЛЕУШЕВ

pozzilivs@gmail.com

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

Уфимский университет науки и технологий

АЛГОРИТМ ДЕЙКСТРЫ И ЕГО РЕАЛИЗАЦИЯ НА ЯЗЫКЕ ПРОГРАММИРОВАНИЯ C#

Аннотация: в статье приведено описание задачи поиска кратчайшего пути в графе и одного из методов ее решения, а именно, алгоритма Дейкстры. Показано, как можно реализовать алгоритм на языке программирования C#. Рассмотрены области использования алгоритма Дейкстры, которые достаточно разнообразны. Описано возможное применение этого алгоритма в программном обеспечении.

Ключевые слова: поиск пути, граф, алгоритм Дейкстры, C#.

Введение

Алгоритм Дейкстры является одним из самых распространенных способов поиска пути в графе. Он используется при решении обширного списка задач. Например, алгоритм Дейкстры применяется в цифровых картографических сервисах для определения минимального расстояния между двумя объектами по пути.

Также алгоритм Дейкстры используется в социальных сетях для предложения списка возможных знакомых. Алгоритм находит предполагаемых «друзей» благодаря поиску кратчайшего пути между пользователями.

В телефонной сети каждая линия имеет свою пропускную способность. Можно представить город в виде графа, где вершины соответствуют коммутационные станции, ребрам – линии передач, а вес ребер – пропускная способность. Тогда, создание наилучшего сигнала между абонентами можно отнести к задачам, для решения которых можно использовать алгоритм Дейкстры.

Кроме того, Алгоритм Дейкстры широко используется в протоколах маршрутизации, необходимых маршрутизаторам для обновления таблицы преадресации, что обеспечивает кратчайший путь от исходного маршрутизатора к другим маршрутизаторам в сети.

Описание алгоритма Дейкстры

Одним из способов реализации алгоритма Дейкстры на языке C# является последовательность следующий действий:

1. Выбираем вершину, которую возьмем за изначальную (далее изначальная вершина). Именно от нее будем считать расстояние до других вершин.

2. Создаем словарь, где в качестве ключей будут названия вершин, а в качестве значений – кратчайший путь до этой вершины.

3. Задаем в этом словаре для изначальной вершины значение 0. Для остальных - максимально возможное значение. Делаем это, потому что мы не знаем расстояния до них.

4. Создаем очередь, где будут храниться пары значений: имя вершины и расстояние от изначальной вершины до данной вершины.

5. Добавляем в эту очередь пару: изначальная вершина и 0

Так мы подготовили наш граф к поиску наименьших путей из изначальной вершины до каждой из вершин. Далее повторяем следующие действия до тех пор, пока в очереди присутствуют элементы.

1. Берем из очереди верхнюю пару. Первый элемент этой пары – данная вершина, второй элемент – данная длина.

2. Сравниваем данную длину и расстояние до этой вершины в ранее созданном словаре.

3. Если данная длина больше, чем расстояние в словаре, то возвращаемся к началу цикла.

4. Иначе, проходимся по каждой вершине (далее связанная вершина), связанной с данной вершиной.

5. Высчитываем расстояние (далее новое расстояние) от изначальной вершины до связанной вершины через данную вершину.

6. Если новое расстояние меньше, чем расстояние до связанной вершины в словаре, то обновляем значение в словаре. Также добавляем в очередь новую пару, где первый элемент – имя связанной вершины, а второй элемент - новое расстояние.

После всех вышеперечисленных действий мы получили словарь, в котором хранятся наикратчайшие пути до каждой из вершин из изначальной вершины.

Реализация алгоритма показана в приложении.

В качестве графа взят словарь, в котором ключ – вершина, а значение – другой словарь, который содержит ребра, исходящие из этой вершины. Каждое ребро – пара, где ключ – конечная вершина, а значение – длина ребра.

Также отдельно была реализована структура пары, которая содержит в себе 2 элемента.

В результате выполнения программы в консоль выводится имена вершин и кратчайшее расстояние до них от стартовой.

Заключение

Таким образом, на основе алгоритма Дейкстры была разработана программа на языке C# для поиска кратчайшего пути в графе. Далее можно использовать эту программу в более узких сферах.

Приложение

```
using System;
using System.Collections.Generic;
namespace Graph
{
    internal struct Pair<TFirst, KSecond>
    {
        public TFirst First;
        public KSecond Second;
        public Pair(TFirst first, KSecond second)
        {
            this.First = first;
            this.Second = second;
        }
    }
    internal class Program
    {
        static Dictionary<char, Dictionary<char, float>> _graph = new
Dictionary<char, Dictionary<char, float>>()
        {
            { 'A', new Dictionary<char, float>() { { 'B', 1 }, { 'C', 3 }, { 'D', 2 },
{'E', 4 } } },
            { 'B', new Dictionary<char, float>() { { 'A', 1 }, { 'F', 2 } } },
            { 'C', new Dictionary<char, float>() { { 'A', 3 }, { 'G', 4 } } },
            { 'F', new Dictionary<char, float>() { { 'G', 5 }, { 'B', 2 } } },
            { 'G', new Dictionary<char, float>() { { 'F', 5 }, { 'C', 4 } } },
            { 'D', new Dictionary<char, float>() { { 'A', 2 }, { 'H', 2 } } },
            { 'E', new Dictionary<char, float>() { { 'A', 4 }, { 'H', 3 } } },
            { 'H', new Dictionary<char, float>() { { 'D', 2 }, { 'E', 3 } } }
        };
        static Dictionary<char, float> Dijkstra(Dictionary<char,
Dictionary<char, float>> graph, char start)
        {
            Dictionary<char, float> distances = new Dictionary<char, float>();
            foreach (char c in graph.Keys)
            {
                distances[c] = float.MaxValue;
            }
            distances[start] = 0;
            Queue<Pair<char, float>> currentDistances = new
Queue<Pair<char, float>>() { };
            currentDistances.Enqueue(new Pair<char, float>(start, 0));
            while (currentDistances.Count > 0)
            {
```

```

        Pair<char, float> currentVertex = currentDistances.Dequeue();
        if (currentVertex.Second > distances[currentVertex.First])
        {
            continue;
        }
        foreach (KeyValuePair<char, float> vertex in
_graph[currentVertex.First])
        {
            float distance = currentVertex.Second + vertex.Value;
            if (distance < distances[vertex.Key])
            {
                distances[vertex.Key] = distance;
                currentDistances.Enqueue(new Pair<char,
float>(vertex.Key, distance));
            }
        }
    }
    return distances;
}
static void Main(string[] args)
{
    Dictionary<char, float> distances = Dijkstra(_graph, 'H');
    foreach (char c in distances.Keys)
    {
        Console.WriteLine(c + " : " + distances[c]);
    }
}
}
}

```

Библиографический список

1. Лулов Й.Г. Маршрутизация с използването на графи. Алгоритъм на Дейкстра [Текст] / Й.Г. Лулов // Научни трудове на съюза на учените пловдив. Серия Б: Естествени и хуманитарни науки. 2015. № 17. С. 241–243.
2. Рафгарден Т. Совершенный алгоритм. Графовые алгоритмы и структуры данных. СПб.: Питер, 2019. 256 с.
3. Кудияров А.В. Алгоритм Дейкстры и его применение для решения оптимизационных задач / А.В. Кудияров [Текст] // Достижение национальных целей устойчивого развития страны как условие повышения качества жизни населения. Калуга: ИП Карпов А.Н., 2023. С. 43–48.
4. Дейкстра Э. A note on two problems in connexion with graphs // Numer-ische mathematik. 1959. Т. 1. №. 1. С. 269–271.
5. Шварц Р. Дискретная математика для программистов. М.: «ДМК Пресс», 2009.

© Леушев С.Д., 2024

Н.Е. ЛИСИНА, Э.Р. САИТОВА

lisinanatasha123@gmail.com, saitova-2004@mail.ru

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

Уфимский университет науки и технологий

АЛГОРИТМ ОБРАТНОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ ОШИБОК

Аннотация: в данной статье рассматривается алгоритм обратного распространения ошибки. Подробно описаны этапы работы алгоритма, выявлены его преимущества и недостатки. Затронута история развития метода и его роль в современном машинном обучении.

Ключевые слова: обратное распространение ошибки; обучение нейронных сетей; искусственный интеллект; градиентный спуск; оптимизация; многослойные сети.

Введение

Сегодня в век научно-технологической революции, характеризующейся быстрым развитием всевозможных технологий и инноваций, неотъемлемой частью нашей жизни становится искусственный интеллект (ИИ). ИИ активно внедряется во многие сферы нашей жизни, начиная с домашних устройств, транспорта, образования и заканчивая медициной, космическими системами.

Ключевой частью искусственного интеллекта являются нейронные сети, основным алгоритм обучения которых – алгоритм обратного распространения ошибок. Данная методика позволяет нейронной сети вычислять градиенты функции потерь относительно весов и смещений сети, используя при этом градиентный спуск.

Обратное распространение ошибки было изобретено Полом Вербосом в 1974 году как общий метод оптимизации, расширяющий идею распространения ошибок в многоуровневых сетях. Однако в то время это осталось непризнанным. Лишь в 1986 году метод начал привлекать больше внимания, когда Дэвид Румелбхарт, Джеффри Хинтон и Рональд Уильямс опубликовали статью под названием «Изучение представлений с помощью ошибок обратного распространения ошибки» (ориг. "Learning Representations by Back-Propagating Errors,"). Данная статья показала эффективность алгоритма обучения многослойных сетей и помогла возобновить популярность нейронных сетей. Хотя используемый математический аппарат прост, появление этого метода значительно повлияло на развитие искусственных нейронных сетей, стало знаковым событием в области искусственного интеллекта.

Описание алгоритма обратного распространения ошибок

Работа данного алгоритма заключается в том, чтобы подстроить веса сети таким образом, чтобы при определенном множестве входов можно было бы получить необходимое нам выходное множество.

Уоссермен Ф. в своей книге «Нейрокомпьютерная техника: Теория и практика», описывая метод обратного распространения ошибок, пишет: «Обучение сети обратного распространения требует выполнения следующих операций:

1. Выбрать очередную обучающую пару из обучающего множества; подать входной вектор на вход сети.

2. Вычислить выход сети.

3. Вычислить разность между выходом сети и требуемым выходом (целевым вектором обучающей пары).

4. Подкорректировать веса сети так, чтобы минимизировать ошибку.

5. Повторять шаги с 1 по 4 для каждого вектора обучающего множества до тех пор, пока ошибка на всем множестве не достигнет приемлемого уровня.» [Уоссермен Ф. 1992, 46]

Чтобы в сети не было переполнения большими значениями весов, начальные значения весов должны быть небольшими величинами, распределенными по нормальному или другому закону, к примеру, значения из диапазона от -0,4 до +0,4.

Для выходных элементов используется формула:

$$\delta_j = (t_j - o_j) \cdot o_j(1 - o_j)$$

Для элементов внутренних слоев:

$$\delta_j = o_j(1 - o_j) \sum_{k=1} \delta_{k+1} w_{k+1j}$$

Приращение веса вычисляется по формуле:

$$\Delta w_{ij}(n + 1) = \eta \delta_j o_i$$

Чтобы предотвратить колебания весов, добавляется инерционный член, соответствующий предыдущему изменению веса.

Значение весового коэффициента связи между *i*-м и *j*-м нейронами на (n+1)-м шаге тренировки определяется следующим образом:

$$\Delta w_{ij}(n + 1) = \eta \delta_j o_i + a \Delta w_{ij}(n)$$

Значит, изменение веса на (n+1)-м шаге зависит от изменения веса на предыдущем шаге:

$$w_{ij}(n + 1) = \Delta w_{ij}(n + 1) + w_{ij}(n)$$

Если в процессе обучения ошибка в сети попадает в допустимые пределы, то говорят о сходимости.

Другим критерием завершения обучения может быть достижение момента, когда выход для каждого учебного образца находится в допустимых пределах относительно соответствующего целевого выходного образца.

Вычисления в сети выполняются последовательно, слой за слоем.

Второй и третий этапы можно рассматривать как «проход вперед», поскольку сигнал распространяется по сети от входа к выходу. Четвертый и пятый этапы составляют «обратный проход», так как вычисляемый сигнал ошибки распространяется обратно по сети и используется для настройки весов.

Преимущества алгоритма обратного распространения ошибок

1. Легкость при программировании:

Пользователю не нужно вводить много параметров при создании, данный алгоритм пишется быстро и легко.

2. Высокая адаптивность и эффективность:

Такой алгоритм не требует специфических знаний для обучения нейронной сети.

Недостатки алгоритма обратного распространения ошибок

1. Большой объем затраченного времени:

В случае если сеть большая и необходимо вносить много корректировок, время, затраченное на обучение, может достигать нескольких месяцев.

2. Паралич сети:

Если шаг сигнала, передающегося в обратном направлении большой, то нейроны будут иметь большие выходные значения, а производная активирующей функции будет мала. Из этого следует, что сигнал не дойдет до конца сети, обучение прекратится.

3. Поиск точек локального минимума

При выборе малого шага, системой будет выбран нейрон с минимальным значением (локальный минимум). Такой нейрон не имеет выходов, следовательно, обучение будет прекращено.

Значение алгоритма обратного распространения ошибок

Алгоритм обратного распространения ошибки является мощным инструментом для обучения многослойного перцептрона относительно вычислительных процессов. Он послужил фундаментом для создания более сложных моделей и методов, таких как сверточные и рекуррентные нейронные сети, а также повлиял на развитие новых подходов к оптимизации, которые помогают справиться с его ограничениями. Данный алгоритм является фундаментальным инструментом, используемым в исследованиях и практическом применении искусственного интеллекта.

Заключение

Таким образом, алгоритм обратного распространения ошибки играет ключевую роль в развитии искусственного интеллекта и машинного обучения. Он позволяет эффективно обучать многослойные нейронные сети, что делает возможным их применение в различных компьютерных науках: с его помощью происходит обучение распознаванию и обработке изображений, распознаванию речи, управлению автономными системами и многому другому.

Несмотря на свою простоту с математической точки зрения, алгоритм обладает высокой вычислительной сложностью при работе с большими нейронными сетями.

Преимущества алгоритма, такие как универсальность и возможность автоматизации, делают его незаменимым инструментом в области обучения моделей. Однако недостатки, такие как проблема исчезающих градиентов, остаются вызовом, который стимулирует появление новых методов.

Алгоритм обратного распространения ошибки остается неотъемлемой частью математического и программного обеспечения, лежащего в основе современного искусственного интеллекта. Он продолжает развиваться, помогая решать все более сложные задачи и открывая новые горизонты для исследования и применения нейронных сетей.

Библиографический список

1. Сергеев А.П., Тарасов Д.А., Введение в нейросетевое моделирование: учебное пособие / А.П. Сергеева. Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2017. 132 с.
2. Уоссермен Ф. Нейрокомпьютерная техника: Теория и практика / Ф. Уоссермен, перевод на русский язык, Ю.А. Зуев, В.А. Точенов, 1992. 111 с.
3. Гафаров Ф.М. Г12 Искусственные нейронные сети и приложения: учеб. пособие / Ф.М. Гафаров, А.Ф. Галимянов. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2018. 121 с.
4. Румельхарт Д.Э., Хинтон Дж.Е., Уильямс Р.Дж. Изучение представлений с использованием обратного распространения ошибки / Д.Э. Румельхарт, Дж.Е. Хинтон, Р.Дж. Уильямс // Nature. 1986. Т. 323, № 6088. С. 533–536.

© Лисина Н.Е., Саитова Э.Р., 2024

Н.Р. НИКИТИН

herobrinectiv@mail.ru

Науч. руковод. – д-р техн. наук, проф. **Г.Р. ШАХМАМЕТОВА**

Уфимский университет науки и технологий

ОБЗОР БИБЛИОТЕКИ YOLOv8: ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ И ВОЗМОЖНОСТИ

Аннотация: статья посвящена библиотеке YOLOv8, современной модели для обнаружения объектов и сегментации изображений в реальном времени, основанной на методах глубокого обучения. Рассматриваются ключевые параметры для настройки и обучения модели, а также подготовка к обучению, включая установку необходимых библиотек, таких как CUDA и Torchvision. YOLOv8 предлагает высокую производительность и точность, что делает ее идеальным инструментом для задач компьютерного зрения.

Ключевые слова: YOLOv8, обнаружение объектов, сегментация изображений, глубокое обучение, компьютерное зрение, CUDA, Torchvision, параметры обучения, производительность, точность, оптимизаторы, валидация, предварительная обработка, графические процессоры, PyTorch.

YOLOv8 представляет собой одну из самых современных моделей для обнаружения объектов и сегментации изображений в реальном времени. Эта библиотека основана на передовых достижениях в области глубокого обучения и компьютерного зрения, предлагая уникальное сочетание высокой скорости обработки и точности результатов. В данной статье мы подробно рассмотрим основные аспекты работы модели YOLOv8, включая ее архитектуру, параметры настройки и процесс обучения.

Обнаружение объектов и сегментация изображений играют ключевую роль в современных приложениях компьютерного зрения. Эти технологии находят применение в таких областях, как автономные транспортные средства, системы видеонаблюдения, медицинская диагностика и многие другие. YOLOv8, как одна из ведущих моделей в этой области, обеспечивает высокую производительность и точность, что делает ее идеальным выбором для многих задач.

YOLOv8 была разработана с акцентом на эффективность и производительность. Модель предназначена для работы с большим объемом данных и может применяться в различных областях, включая видеонаблюдение, автономные транспортные средства и медицинскую

диагностику. Для успешного обучения модели необходимо учитывать несколько ключевых параметров:

- **Model:** Параметр, указывающий на файл модели для обучения. Он может принимать путь к предварительно обученной модели в формате `.pt` или к файлу конфигурации в формате `.yaml`. Это необходимо для определения структуры модели и инициализации весов.

- **EPOCHS:** Общее количество эпох, в течение которых будет проходить обучение. Каждая эпоха представляет собой полный проход по всему набору данных, и настройка этого параметра может значительно повлиять на производительность модели.

- **Batch:** Размер партии, который определяет количество изображений, обрабатываемых перед обновлением внутренних параметров модели. Использование динамического размера партии (`AutoBatch`) позволяет адаптировать его в зависимости от доступной памяти GPU.

- **ImgSz:** Целевой размер изображений для обучения. Все изображения перед подачей в модель изменяются до этого размера, что непосредственно влияет на точность и вычислительную сложность.

- **Device:** Указывает вычислительное устройство для обучения, включая GPU, CPU или MPS для устройств Apple.

- **Workers:** Количество рабочих потоков для загрузки данных, что может ускорить процесс предварительной обработки, особенно при использовании нескольких GPU.

- **Optimizer:** Выбор оптимизатора для тренировки, который может включать различные алгоритмы, такие как SGD, Adam и другие. Правильный выбор оптимизатора влияет на скорость сходимости и стабильность обучения.

- **Verbose:** Параметр, позволяющий включить подробный вывод информации во время тренировки, что полезно для отладки и контроля процесса.

- **Seed:** Устанавливает случайное зерно для обеспечения воспроизводимости результатов.

- **Val:** Включает валидацию во время обучения, позволяя периодически оценивать производительность модели на отдельном наборе данных.

Перед тем как приступить к обучению модели YOLOv8, необходимо установить несколько ключевых компонентов. В первую очередь, требуется CUDA – программно-аппаратная архитектура, позволяющая значительно увеличить вычислительную производительность за счет использования графических процессоров Nvidia. CUDA SDK предоставляет разработчикам возможность реализовывать алгоритмы, выполняемые на графических и тензорных процессорах, с использованием упрощенных диалектов языков программирования, таких как C и C++.

Кроме того, необходимо установить библиотеку Torchvision, являющуюся частью проекта PyTorch. PyTorch – это платформа машинного обучения с открытым исходным кодом, а пакет torchvision включает в себя популярные наборы данных, архитектуры моделей и преобразования изображений, используемые в компьютерном зрении.

После установки всех необходимых программ и библиотек, можно приступить к настройке параметров YOLOv8 и обучению модели. Важно отметить, что данные должны быть предварительно размечены и разделены на тренировочные и тестовые выборки, что является критически важным этапом в процессе подготовки.

Обучение модели YOLOv8 начинается с настройки всех параметров, описанных ранее. После этого модель проходит через несколько эпох, во время которых она обучается на размеченных данных. В процессе обучения модель анализирует изображения, извлекая ключевые особенности, необходимые для обнаружения объектов.

Каждая эпоха включает в себя полный проход по обучающему набору данных, и в конце каждой эпохи производится оценка производительности модели на валидационном наборе. Это позволяет выявить возможные проблемы и корректировать параметры обучения для достижения наилучших результатов.

После завершения обучения важно оценить производительность модели на тестовом наборе данных. Для этого используются различные метрики, такие как:

- mAP (mean Average Precision): Средняя точность модели по всем классам. Эта метрика учитывает как точность, так и полноту, что позволяет получить более полное представление о качестве обнаружения объектов.

- IoU (Intersection over Union): Метрика, которая измеряет перекрытие между предсказанным ограничивающим прямоугольником и фактическим ограничивающим прямоугольником объекта. Чем выше значение IoU, тем точнее модель.

YOLOv8 представляет собой мощный инструмент для обнаружения объектов и сегментации изображений в реальном времени. Благодаря своей высокой производительности и гибкости, она находит широкое применение в различных областях. Настройка параметров обучения и правильная подготовка данных играют ключевую роль в успешном использовании этой модели. В будущих исследованиях стоит обратить внимание на улучшение алгоритмов и расширение возможностей YOLOv8, что позволит еще более эффективно решать задачи компьютерного зрения.

Библиографический список

1. nvidia.com [Электронный ресурс]: статьи / CUDA Toolkit Documentation. Retrieved from NVIDIA Developer. URL: <https://docs.nvidia.com/cuda/>.
2. pytorch.org [Электронный ресурс]: Статьи / Torchvision Documentation. Retrieved from PyTorch. URL: <https://pytorch.org/vision/stable/index.html>.
3. ultralytics.com [Электронный ресурс]: Статьи / Ultralytics YOLOv8. URL: <https://docs.ultralytics.com/models/yolov8/>.

© Никитин Н.Р., 2024

Ю.А. ЮЛДАШЕВА, В.В. ПЛОТНИКОВ

gulshatyuldasheva130104@gmail.com, vplotnikov16@yandex.ru

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

Уфимский университет науки и технологий

РАВНОВЕСИЯ НЭША ИГРЫ «УГАДАЙ ЧИСЛО»

Аннотация: в данной статье рассматривается концепция равновесия Нэша как центрального элемента теории игр. Приведены формальные определения, раскрывающие ключевые особенности равновесий Нэша, включая их существование, множественность и ограничения. На примере игры "Угадай число" исследованы равновесия Нэша с учетом различных стратегий игроков. Выявлены два типа равновесий: ситуации, где ни один из участников не выигрывает, и исходы с наличием победителя. Подробно разобраны условия существования равновесий в зависимости от числа игроков и стратегий.

Ключевые слова: равновесие Нэша, теория игр, стратегические множества, выигрыш, игра «Угадай число».

Введение

Равновесие Нэша является фундаментальной концепцией теории игр и используется для анализа стратегий взаимодействия множества рациональных участников. Оно находит применение в широком круге задач, связанных с выбором оптимальной стратегии в условиях взаимозависимости решений. Например, равновесие Нэша широко используется в экономике для моделирования рыночного поведения, где компании определяют цены или объемы выпуска, учитывая действия конкурентов.

Также равновесие Нэша применяется в теории голосования, где избиратели выбирают стратегические подходы к голосованию с учетом вероятных действий других участников. В логистике и управлении цепями поставок оно используется для оптимизации взаимодействия между поставщиками и потребителями.

В сфере телекоммуникаций равновесие Нэша помогает распределять ресурсы, такие как частоты или пропускная способность, с учетом стратегии участников, минимизируя конфликты и потери. В биологии оно используется для моделирования эволюционного поведения и анализа стабильности экосистем, где организмы "выбирают" стратегии выживания в условиях конкуренции.

Одним из примеров прикладного использования равновесия Нэша является игра «Угадай число». Эта игра демонстрирует, как принципы

равновесия применяются в анализе стратегий участников при различных правилах. В данной работе рассматриваются особенности построения и анализа равновесий Нэша в указанной игре, что позволяет выявить закономерности и ограничения, связанные с использованием концепции в конкретных моделях.

Определение равновесия Нэша

Рассмотрим игру, которая задается некоторым набором игроков $N = \{1, \dots, n\}$, стратегическими множествами S_1, \dots, S_n и функциями выигрыша $u_i: S_1 \times \dots \times S_n \rightarrow R$. Исход (S_1^*, \dots, S_n^*) называется равновесием Нэша, если $\forall i \forall s_i \in S_i$ выполнено условие

$$u_i(s_i^*, s_{-i}^*) \geq u_i(s_i, s_{-i}^*) \quad (1)$$

То есть равновесием Нэша называются такие исходы, в которых любой игрок полагает, что выбранная стратегия приносит наибольший возможный выигрыш и ему не имеет смысла менять стратегию при условии, что остальные игроки следуют своим конкретным стратегиям.

Каждая из стратегий s_1^*, \dots, s_n^* может быть названа равновесной по Нэшу в исходе (s_1^*, \dots, s_n^*) , являющимся равновесием Нэша, но не может являться равновесием Нэша сама по себе по определению.

При этом в неравенстве (1) есть ряд дополнительных источников сомнения:

1. Равновесие Нэша может быть не одно.
2. Равновесие Нэша может не быть.
3. Равновесие Нэша может быть неудовлетворительным и содержать слабо доминирующие стратегии. Например, так происходит в так называемой олигополии Бертрана, обладающей тем свойством, что все входящие в него стратегии являются слабо доминирующими.

Правила игры «Угадай число»

Множество игроков $N = \{1, \dots, n\}$. Каждый игрок выписывает любое натурально число, то есть стратегическое множество всех игроков - множество натуральных чисел: $S_1 = \dots = S_n = \mathbb{N}$. Множество исходов $A = \{\emptyset, 1, 2, \dots, n\}$. Выигрывает тот игрок, число которого наименьшее из всех записанных и при этом никаким другим игроком это число больше не записано.

Если игрок оказался победителем, то его выигрыш равен единице, в остальных случаях – нулю, то есть функции на множестве исходов определяются следующим образом: $u_i(i) = 1, u_i(j) = 0, i \neq j$.

Равновесия Нэша, в которых ни один игрок не выиграл

Рассмотрим все равновесия Нэша, в которых ни один игрок не выиграл.

Заметим, что в равновесии Нэша, в котором никто не выиграл, единица может быть записана два и только два раза:

1) по определению равновесия Нэша не может быть ситуации, в которой ни один игрок не записал ноль, иначе любой из записавших ноль игроков может сменить свою стратегию, выбрав любое незаписанное натуральное число, и оказаться в более выигрышной ситуации, чем у него была с предыдущей выбранной им стратегии, то есть победить;

2) по очевидным причинам единица не может быть записана один раз, иначе в игре будет победитель;

3) не может быть исхода, в котором единица записана три или более раз, потому что у любого из записавших единицу игроков имеется иная стратегия, следуя которой он может выбрать любое другое незаписанное натуральное число и победить, так как остальные записанные числа записаны как минимум двумя игроками.

Аналогичными рассуждениями можно сделать вывод, что число два записано ровно двумя игроками и любое другое непрерывно последующее натуральное число обязано быть записано ровно двумя игроками.

Таким образом, если количество игроков n является четным, то равновесие возникает только в случае проигрыша всех игроков, а максимальным числом среди всех записанных игроками чисел будет являться число $\frac{n}{2}$.

Равновесия Нэша, в котором есть игрок-победитель

Рассмотрим игру с множеством игроков $N = \{1, \dots, 2n + 1\}$. Если ситуация в игре такая, что, начиная с единицы, каждое натуральное число записала пара игроков, то любая стратегия игрока "без пары", отличная от остальных, гарантирует, что он выиграет в этой игре. Исход в таком случае окажется равновесием Нэша по определению: выбор любой другой новой стратегии произвольного игрока приведет к уменьшению его выигрыша или оставит в проигрышном состоянии. Однако данный исход является не единственным равновесием Нэша.

Равновесием Нэша так же будет являться исход, в котором один игрок записывает единицу, а все остальные - произвольное натуральное число, отличное от единицы: при таком исходе индивидуальное изменение стратегии так же не приведет игрока ни к чему, кроме как к поражению.

Все остальные равновесия Нэша в этой игре описываются следующей схемой. Есть некоторое натуральное число $k \in \mathbb{N}$, которое записано только одним игроком, который и окажется победителем. Числа $1, 2, \dots, k - 1$ записаны не менее двух раз. Числа, которые больше числа k , могут быть записаны любое другое количество раз. Все исходы, определенные данной схемой, очевидно являются равновесиями Нэша так же по определению.

Заключение

Таким образом, равновесие Нэша в игре «Угадай число» демонстрирует широкую вариативность исходов, начиная с ситуации без победителя, где записаны только повторяющиеся числа, и заканчивая исходами с единственным победителем. Проанализированы условия

существования таких равновесий для различного числа игроков и особенностей стратегических выборов.

Приведенный анализ подчеркивает, что, несмотря на простоту правил, игра "Угадай число" позволяет выявить как теоретические аспекты равновесий Нэша, так и их практические ограничения. Эти результаты могут быть полезны для изучения стратегического поведения в дискретных и конкурентных средах.

Библиографический список

1. Нэш Дж. Некооперативные игры // The Annals of Mathematics. Втор. серия. 1951. Т. 54, № 2 (сентябрь). С. 286–295.
2. Шиловская Н.А. Теория игр: учебник и практикум для вузов. М.: Юрайт, 2024. 318 с.
3. Власов Д.А. Введение в теорию игр: учебное пособие. М.: ИНФРА-М, 2023. 222 с.
4. Нейлбафф Б., Диксит А. Теория игр. Искусство стратегического мышления в бизнесе и жизни: пер. с англ. Наталья Яцюк. М.: МИФ, 2014. 464 с.

© Юлдашева Ю.А., Плотников В.В., 2024

И.Ж. РАХИМОВ

rahimov0608@mail.ru

Науч. руковод. – д-р техн. наук, проф. **А.Ф. ВАЛЕЕВА**

Уфимский университет науки и технологий

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ПОИСКА НАИЛУЧШЕГО МАРШРУТА ДОСТАВКИ ГРУЗОВ С УЧЕТОМ РАЗДЕЛЬНОЙ ДОСТАВКИ

Аннотация: в статье рассматривается проблема поиска наилучшего маршрута доставки грузов с учетом раздельной доставки. Описываются основные подходы к решению этой задачи, их преимущества и недостатки. Также проводится анализ существующих математических и программных решений, которые могут быть использованы для поиска оптимальных маршрутов доставки с учетом раздельной перевозки.

Ключевые слова: доставка грузов, оптимизация маршрутов, раздельная доставка, математическое обеспечение, программное обеспечение.

Введение

Проблема составления наилучшего маршрута доставки грузов, это одна из важнейших задач в логистике и управлении цепочками поставок. В условиях растущей конкуренции на рынке транспортных услуг компаниям необходима оптимизация своих маршрутов, чтобы сократить время, затрачиваемое на доставку, уменьшить расходы на топливо и повысить уровень удовлетворенности клиентов. Одним из подходов к решению этой проблемы является учет раздельной доставки, которая дает возможность более точно подбирать маршруты, учитывая особенности доставки каждого груза.

Целью данной статьи является обзор существующих математических и программных методов для поиска наилучшего маршрута с учетом раздельной доставки и анализ их преимуществ и недостатков.

Задача поиска наилучшего маршрута доставки с учетом раздельной доставки (Split Delivery Vehicle Routing Problem, SDVRP) является одной из главных проблем в сфере логистики и управления цепочками поставок, которая требует разработки эффективных алгоритмов и методов оптимизации. Эта задача включает в себя разделение заказов на несколько маршрутов таким образом, чтобы минимизировать общие затраты на доставку, включая расстояния, время и другие факторы.

Для решения задачи SDVRP используются разные методы и алгоритмы, например генетические алгоритмы, методы машинного обучения, методы оптимизации и ПО предназначенное для планирования

маршрутов. Эти методы имеют свои сильные и слабые стороны, которые нужно учесть при выборе подхода для конкретной задачи.

Актуальность задачи SDVRP обусловлена ее практической значимостью для компаний, занимающихся доставкой товаров и услуг. Оптимизация маршрутов доставки дает возможность сократить стоимость транспортировки, поднять качество обслуживания клиентов и повысить эффективность работы логистических систем.

В данной статье мы рассмотрим основные подходы к решению задачи SDVRP, их преимущества и недостатки, а также проведем анализ существующих программных решений для оптимизации маршрутов доставки. Мы также обсудим возможные направления дальнейших исследований в этой области.

Обзор методов решения задачи

Для решения задачи поиска наилучшего маршрута доставки с учетом отдельной доставки используются разные математические и программные методы. Рассмотрим некоторые из существующих:

1. Генетические алгоритмы. Эти алгоритмы являются методом оптимизации, основанным на принципах естественного отбора и генетики. Они позволяют находить оптимальные решения для сложных задач, таких как поиск маршрута доставки. Однако генетические алгоритмы могут быть медленными и неэффективными для больших объемов данных.

2. Методы машинного обучения. Эти методы являются разделом искусственного интеллекта, который дает возможность компьютерам учиться на основе опыта и данных. Методы машинного обучения могут быть использованы для прогнозирования спроса на товары, определения оптимальных маршрутов доставки и других задач логистики. Однако методы машинного обучения требуют большого объема данных для обучения и могут быть сложными для интерпретации результатов.

3. Методы оптимизации. Методы оптимизации являются набором математических методов, которые позволяют находить наилучшее решение для задачи оптимизации. Они могут быть применены для формирования оптимального маршрута доставки с учетом разных ограничений и критериев. Однако методы оптимизации могут быть сложными и требовать глубоких знаний в области математики и программирования.

4. Программное обеспечение для планирования маршрутов. Есть много решений для планирования маршрутов доставки. Они способны использовать разные методы, такие как генетические алгоритмы, машинное обучение, а также методы оптимизации. Программное обеспечение может помочь компаниям оптимизировать свои маршруты и улучшить эффективность доставки. Однако выбор подходящего программного решения может быть трудозатратным и требует глубокого анализа требований и, главное, возможностей.

5. Интеграция с системами управления складом. Системы управления складом (WMS) это такое программное обеспечение, которое помогает управлять складскими операциями. Интеграция WMS с программным обеспечением для составления маршрутов может позволить точнее прогнозировать спрос на товары и находить оптимальные маршруты для их доставки. Однако интеграция двух систем может быть сложной и потребовать дополнительных затрат на разработку и внедрение.

Каждый из этих подходов имеет свои преимущества и недостатки, которые необходимо учитывать, выбирая метод для решения определенной задачи. Например, генетические алгоритмы и методы машинного обучения могут обеспечить высокую точность и адаптивность, но требуют значительных вычислительных ресурсов и времени на обучение. С другой стороны, методы оптимизации и программное обеспечение для планирования маршрутов могут предложить более быстрые и эффективные решения, но могут быть менее гибкими и адаптируемыми к изменениям в условиях доставки.

Выбор оптимального подхода зависит от конкретных требований и индивидуальных условий задачи. Для небольших компаний с ограниченными ресурсами может больше подойти программное обеспечение для планирования маршрутов или методы оптимизации. Для крупных компаний с большим объемом данных и сложными требованиями может быть целесообразно выбрать машинное обучение или генетические алгоритмы.

В последние годы в сфере логистики и транспортных перевозок большое внимание уделяется проблеме маршрутизации транспортных средств с учетом раздельной доставки. Эта задача становится еще более актуальной в связи с ростом требований к эффективности и оптимизации логистических процессов.

Рассмотрим конкретные исследования, которые напрямую связаны с задачей SDVRP. На эту тему были опубликованы несколько значимых работ, которые вносят вклад в развитие методов решения этой проблемы. Среди них можно выделить следующие статьи:

1. ***AASA: A Priori Adaptive Splitting Algorithm for the Split Delivery Vehicle Routing Problem*** (Статья, Сентябрь 2024). Задача: разработка алгоритма адаптивного разбиения маршрутов для задачи маршрутизации транспорта с разделением доставки. Подход: использование априорного алгоритма адаптивного разделения, который позволяет эффективно решать задачу маршрутизации с учетом различных ограничений и условий. Преимущества: возможность адаптации к изменяющимся условиям и требованиям, повышение эффективности маршрутизации. Недостатки: сложность реализации и настройки алгоритма, необходимость дополнительных исследований для определения оптимальных параметров.

2. ***An Improved Genetic Algorithm for the Granularity-Based Split Vehicle Routing Problem with Simultaneous Delivery and Pickup*** (Статья, Июль 2023). Задача: улучшение генетического алгоритма для решения задачи маршрутизации с одновременной доставкой и забором грузов. Подход: применение улучшенного генетического алгоритма, основанного на гранулярности, который учитывает особенности задачи и позволяет повысить эффективность решения. Преимущества: повышение точности и скорости решения, возможность учета различных факторов и ограничений. Недостатки: необходимость тщательной настройки параметров алгоритма, сложность реализации.

3. ***Exact and Heuristic Methods for the Split Delivery Vehicle Routing Problem*** (Статья, Июль 2024). Задача: исследование точных и эвристических методов решения задачи маршрутизации транспортных средств с разделением доставки. Подход: анализ и сравнение точных и эвристических методов, определение их преимуществ и недостатков. Преимущества: возможность выбора наиболее подходящего метода в зависимости от конкретных условий и требований. Недостатки: сложность применения некоторых методов, необходимость разработки новых подходов.

4. ***A heuristic with a performance guarantee for the commodity constrained split delivery vehicle routing problem*** (Статья, Июль 2024). Задача: создание эвристики с гарантией производительности для задачи маршрутизации транспортных средств с ограничением на товары. Подход: разработка эвристического метода, который обеспечивает эффективное решение задачи с учетом ограничений на товары. Преимущества: гарантия производительности, возможность решения сложных задач. Недостатки: сложность разработки и реализации эвристики, необходимость дополнительных исследований.

5. ***Enhanced solution representations for vehicle routing problems with split deliveries*** (Статья, Август 2023). Задача: улучшение представления решений для задач маршрутизации транспортных средств с разделением доставки. Подход: предложение новых подходов и методов для улучшения качества и эффективности решений. Преимущества: повышение качества и точности решений, возможность учета дополнительных факторов. Недостатки: сложность внедрения новых подходов, необходимость адаптации существующих систем.

Эти работы являются важным вкладом в область логистики и транспортных перевозок, поскольку они предлагают новые методы и подходы для решения задачи маршрутизации транспортных средств с разделением доставки. Они могут быть полезны для компаний и организаций, занимающихся логистикой и транспортными перевозками, а также для исследователей и специалистов в этой области.

Эти статьи представляют собой лишь некоторые из множества исследований, посвященных задаче SDVRP. Они демонстрируют

разнообразии подходов и методов, используемых для решения этой проблемы. Выбор оптимального подхода зависит от конкретных требований и условий задачи. Для небольших компаний с ограниченными ресурсами может быть предпочтительнее использовать программное обеспечение для планирования маршрутов или методы оптимизации. Для крупных компаний с большим объемом данных и сложными требованиями может быть целесообразно использовать машинное обучение или генетические алгоритмы.

Заключение

Поиск наилучшего маршрута доставки грузов с учетом отдельной доставки является важной задачей в логистике и управлении цепочками поставок. Существует множество математических и программных методов, которые могут быть использованы для решения этой задачи. Выбор оптимального метода зависит от конкретных условий и требований задачи. Задача SDVRP имеет большое практическое значение для компаний, занимающихся доставкой товаров и услуг. Оптимизация маршрутов доставки позволяет снизить расходы на перемещение, сделать лучше качество обслуживания заказчиков и оптимизировать эффективность работы логистических систем.

Дальнейшие исследования в области SDVRP могут быть направлены на разработку новых алгоритмов и методов оптимизации, которые будут более эффективными и точными в решении этой задачи. Также перспективной областью является интеграция SDVRP с другими задачами логистики, такими как управление складом и планирование производства. Это позволит создать более интегрированные и эффективные системы управления цепочками поставок.

Библиографический список

1. Gamst M., Lusby R., Ropke S., Exact and Heuristic Methods for the Split Delivery Vehicle Routing Problem // *Transportation Science*. 2024. № 58 (02).
2. Petris M., Archetti C., Cattaruzza D., Ogier M., Semet F. A heuristic with a performance guarantee for the Commodity constrained Split Delivery Vehicle Routing Problem. *Networks*, 2024. 84 (4).
3. Zhu W., Ao Z., Baldacci R., Qin H., Enhanced solution representations for vehicle routing problems with split deliveries // *Frontiers of Engineering Management*. 2023. № 10(1).
4. Liu Y., Qin Z., Liu J. An Improved Genetic Algorithm for the Granularity-Based Split Vehicle Routing Problem with Simultaneous Delivery and Pickup // *Mathematics*. 2023. № 11(15).
5. Torkzaban N., Gholami A., Baras J. AASA: A Priori Adaptive Splitting Algorithm for the Split Delivery Vehicle Routing Problem // *Algorithms*. 2024. № 17.

© Рахимов И.Ж., 2024

Е.В. САВИН

N778hr@mail.ru

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

Уфимский университет науки и технологий

ГЕНЕРАТИВНО-СОСТЯЗАТЕЛЬНЫЕ СЕТИ В ГЕНЕРАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ: ОБЗОР АРХИТЕКТУР И ПРАКТИЧЕСКИХ ПРИМЕНЕНИЙ

Аннотация: статья представлено обзор генеративно-состязательных сетей (GAN) и их влияние на область генерации изображений. Рассмотрены история развития GAN, начиная с фундаментальной работы И. Гудфеллой и его коллег, и описаны основные архитектуры, включая DCGAN, StyleGAN и BigGAN. Особое внимание уделено практическим применением этих моделей в различных сферах, таких как индустрия медицина и разработка видеоигр. Обсуждаются преимущества и ограничения использования GAN, а также перспективы дальнейшего развития технологий в разных отраслях.

Ключевые слова: генеративно-состязательной сети; GAN; генерация изображений; DCGAN; StyleGAN; BigGAN; глубокое обучение; компьютерное зрение; практическое приложение; фотореалистичные изображения.

1.1. История развития GAN

В области искусственного интеллекта и машинного обучения появление генеративно-состязательных сетей последние 10 лет стало значительным событием. В 2014 году Иэн Гудфеллоу со своими коллегами в статье под названием «Generative Adversarial Nets» предложил новую архитектуру нейронных сетей, которая расширила возможности создание данных и моделирования сложных распределений [1].

До изобретения технологий GAN были и другие генеративные модели, например, вариационные автоэнкодеры и авторегрессионные модели. Однако они также имели свои недостатки и ограничения в качестве генерируемых данных и сложностей обучения. Например, вариационные автоэнкодеры приводили к размытым изображениям из-за особенностей использования функции потерь, основанной на максимизации правдоподобия [2]. Суть технологии генеративно-состязательных сетей заключается в обучении двух нейронных сетей: генераторы и дискриминатора. Генератор создавал данные, которые по максимуму напоминали оригинальные, в это время дискриминатор старался выявить

отличия в малейших деталях. Таким способом можно провести аналогию с фальшивомонетчиком и детективом, который пытается распознать подделки преступника [1].

Сразу после публикации изначального исследования интерес к технологии возник в научном сообществе в России. Данную технологию развивают не только зарубежные ученые, но и российские специалисты, которые своей работой внесли вклад в применение GAN в различных сферах. Так, в сборнике трудов конференции «Интеллектуальные системы» в 2016-м году было опубликовано доклад, посвященный применению современных технологий генеративно-состязательных сетей для генерации изображений лиц с учетом их возрастных изменений [2].

1.2. Принцип GAN

Данная технология состоит из двух компонентов: Нейронная сеть генератор G. Он принимает входной шум, как правило распределенный по закону нормального распределения, и генерирует данные с целью приблизить их к реальному распределению данных. D представляет собою вторую нейронную сеть. D принимает как реальные данные, так и созданные, а затем пытаются классифицировать их, чтобы определить, какие данные являются подлинными, какие созданы искусственно.

Обучение технологий генеративно-состязательных сетей представляет собой задачи минимакс игры с функцией оптимизации [1]:

$$\min_G \max_D V(D, G) = E_{x \sim P_{\text{data}}(x)} [\log D(x)] + E_{z \sim P_z} [\log (1 - D(G(z)))]$$

x – реальное изображение, взятое из распределения P_{data}

z – случайный шум, взятый из распределения P_z

Генератор обучается таким образом, чтобы максимизировать вероятность ошибки дискриминатора, который в свою очередь стремится минимизировать вероятность ошибки классификации. Это можно представить как игру с нулевой суммой между двумя агентами, где выигрыш одного является проигрышем другого.

2.1. Deep Convolution GAN (DCGAN)

Существуют различные методы архитектуры генеративно-состязательных сетей; одно из первых успешных архитектур, которые применяют сверточные нейросети в контексте технологий GAN, является DCGAN [3]. Первоначальная архитектура DCGAN включает замену полносвязанных слоев на сверточные слои. Это снижает количество параметров модели и учитывает лучшее пространственной зависимости в данных, что поддержит обучение и генерации отдельных качественных изображений. Также DCGAN используют пакетную нормализацию, что служит основным помощником для стабилизации обучения [5]. Применение нелинейной функций активации: использование ReLU в генераторе и LeakyReLU дискриминатор улучшает поток градиентов, что предотвращает затухание обратного распространения и ускоряет обучение,

что обеспечивает более эффективно распространение информации и еще какое-то время после того, как сигнал прошел через сеть. Отсутствие пуллинга также помогает модели самостоятельно учиться на понижающие и повышающие выборки, при этом сохраняем пространственные характеристики. Технология DCGAN не только показала выдающийся результат задачи генерированию фотографий, таких фотореалистичные сцены и объекты, но они также стали выбором архитектуры, на которой строили другие исследования в данной сфере.

2.2. StyleGAN и StyleGAN2

StyleGAN и StyleGAN2 – это архитектура от компании NVIDIA [7][8]. Они значительно улучшили качество и реализм создаваемых изображений, особенно когда речь идет о лицах. Основным множеством этих моделей является использование стилевого пространства для отделения управления высокоуровневыми атрибутами и низкоуровневыми деталями изображений. Генератор в архитектуре StyleGAN состоит из нескольких слоев. Каждый слой вносит свой вклад в конкретный аспект изображения: позу, выражение лица или текст кожи. Помимо этого, использование адаптивной нормализации экземпляров позволяет эффективно разделять содержание изображения от его стиля. Это способствует более гибкому интуитивному контролю над создаваемыми изображениями [9]. Эти улучшения привели к появлению изображений высокой детализации и реализмом, открывая новые перспективы в области компьютерной графики.

2.4. BigGAN: Генерация изображений с использованием масштабируемых сетей

BigGAN – одна из самых мощных и передовых моделей для создания изображения, представленная в 2018 году исследовательской группой DeepMind. Она повышает качество и детализацию генерируемых изображений благодаря применению масштабируемых нейронных сетей и увеличению вычислительной мощности, что позволяет создавать фотореалистичные изображения даже с высоким разрешением и сложными текстурами [10].

Основные характеристики:

- Масштабируемость использование больших слоев: данная технология отличается от предыдущих моделей GAN тем, что она применяет гораздо более крупные слои и расширенные сети для создания изображений высокого качества. За счет увеличения числа параметров и слоев она способна обеспечить более высокое качество изображений и улавливать более сложные взаимосвязи между пикселями – это ключевое аспекты при создании изображений с тонкими деталями [10].

- В BigGAN используется сложная архитектура и методы для улучшения качества изображения при работе с большим набором данных. Это позволяет модели эффективно управлять процессами обучения и избегать проблему с ухудшением качества изображения при усложнении задачи [10].

2.5. Применение GAN для генерации изображений в реальном мире

Технология генеративных состязательных сетей – включая DCGAN, BigGAN и StyleGAN широкое применение в различных сферах деятельности, значительно изменяя подход к созданию обработки изображений. Эти технологии открыли новые возможности для множества индустрии, от развлечений до медицины; Однако, их влияние не ограничивается только этими областями. Благодаря своей способности создавать фотореалистичные изображения и визуальные эффекты с высокой точностью детализации они также приносят инновации в другие сектора. Это, в свою очередь, меняет восприятие визуального контента, хотя многие еще не осознали полного потенциала этих технологий.

1. Киноиндустрия и визуальные эффекты

В кино и телевидение активно применяются данные технологии для создания фотореалистичных визуальных эффектов. Многие студии используют их для генерации персонажей, фонов объектов, которые практически невозможно отличить от реальных. Например, в киностудии MARVEL уже используется генеративно-состязательные сети для создания сложных цифровых персонажей. Преимущества этих технологий заключается в том, что они позволяют значительно сократить расходы на создание цифровых образов, потому что не требуется большая команда художников и дизайнеров [11].

2. Медицина

В медицине GAN применяются для восстановления и улучшения качества медицинских изображений. Это особенно важно для таких изображений, как рентгеновские снимки, МРТ и КТ-сканы, где качества изображений может быть ограничена технологической частью вопроса. Данный модели способны восстанавливать детали; они также улучшают четкость изображений. Врачи могут получать помощь в более точной постановке диагнозов [12].

3. Автономный автомобили

В сфере автономного вождения и машинного зрения генеративно-состязательные сети также играют важную роль, генерация изображений для обучения нейронных сетей улучшает качество данных и помогает автономным транспортным средствам лучше понимать окружающую среду.

Заключение

Генеративно-состязательные сети стали очень важно инструментом генеративного искусственного интеллекта, заметно продвигая с момента их создания в 2014 году. Архитектуры, такие, как DCGAN, StyleGAN и BigGAN, позволили генерировать фотореалистичные изображения. Они были внедрены в медицинское дело для генерации медицинских изображений, в игровую и Киноиндустрия для создания виртуальных миров и персонажей.

GAN открывает новые возможности в различных сферах, создавая условия для инноваций в науке, бизнесе и искусстве. Однако, важно продолжать исследования, направленные на улучшение стабильности модели. В будущем можно ожидать появление более мощных моделей и архитектур, что позволит открыть новые возможности для генерации данных.

Библиографический список

1. Goodfellow I., Pouget-Abadie J., Mirza M., Xu B., Warde-Farley, D., Ozair, S., ... & Bengio, Y. (2014). Generative Adversarial Nets. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 27, 2672–2680.
2. Горбунов Е.В., Козырев С.А. (2016). Применение генеративно-сопоставительных сетей для синтеза изображений лиц с учетом возрастных изменений. Труды конференции «Интеллектуальные системы». С. 48–53.
3. Radford A., Metz L., & Chintala S. (2016). Unsupervised Representation Learning with Deep Convolutional Generative Adversarial Networks. *International Conference on Learning Representations (ICLR)*.
4. Goodfellow I. (2016). NIPS 2016 Tutorial: Generative Adversarial Networks. *arXiv preprint arXiv:1701.00160*.
5. Ioffe, S., & Szegedy, C. (2015). Batch Normalization: Accelerating Deep Network Training by Reducing Internal Covariate Shift. *International Conference on Machine Learning*. С. 448–456.
6. Mirza M., & Osindero, S. (2014). Conditional Generative Adversarial Nets. *arXiv preprint arXiv:1411.1784*.
7. Karras T., Laine S., & Aila T. (2019). A Style-Based Generator Architecture for Generative Adversarial Networks. *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. С. 4401–4410.
8. Karras T., Laine, S., Aittala M., Hellsten J., Lehtinen J., & Aila T. (2020). Analyzing and Improving the Image Quality of StyleGAN. *IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. С. 8110–8119.
9. Huang X., & Belongie S. (2017). Arbitrary Style Transfer in Real-Time with Adaptive Instance Normalization. *IEEE International Conference on Computer Vision*. С. 1501–1510.
10. Brock A., Donahue J., & Simonyan, K. (2018). Large Scale GAN Training for High Fidelity Natural Image Synthesis. *International Conference on Neural Information Processing Systems (NeurIPS)*. С. 4394–4404.
11. Rieck B., Gajos K., & Albayrak, S. (2020). The Impact of GANs on Healthcare Data Generation. *Journal of Medical Imaging and Health Informatics*, 10(3). С. 1221–1229.
12. Alvarado L., & Rivera G. (2020). Generative Adversarial Networks for Video Game and Virtual World Creation. *IEEE Transactions on Games*, 12(4). С. 349–360.

© Савин Е.В., 2024

Д.С. СЕРГЕЕВ

sergeevdns@gmail.com

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. **Л.И. ВАСИЛЬЕВА**

*Башкирский государственный педагогический
университет им. М. Акмуллы*

АДАПТИВНЫЕ ГРАФОВЫЕ МОДЕЛИ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ МАРШРУТОВ ВНУТРИ ЗДАНИЙ С УЧЕТОМ ПОТРЕБНОСТЕЙ МАЛОМОБИЛЬНЫХ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ

Аннотация: в статье рассматривается разработка адаптивной графовой модели для маршрутизации внутри зданий с учетом потребностей маломобильных пользователей. Предлагается математическая модель, учитывающая особенности инфраструктуры и ограничения передвижения. Описывается алгоритм маршрутизации с использованием эвристических методов для динамического обновления маршрутов.

Ключевые слова: маршрутизация, графовые модели, маломобильные пользователи, адаптивные алгоритмы, навигация, доступная среда, эвристические методы.

Задача навигации внутри зданий является актуальной в условиях проектирования, когда требуется обеспечить комфортные и безопасные маршруты для людей с ограниченной подвижностью. Сложные здания, такие как больницы, аэропорты и торговые центры, требуют адаптивных моделей маршрутизации, которые учитывают индивидуальные потребности маломобильных пользователей. Такие пользователи могут сталкиваться с различными ограничениями – от невозможности преодоления лестниц до трудностей прохождения по узким коридорам или крутым уклонам, что требует особенного подхода при построении маршрутов. В данной работе исследуется подход, основанный на графовых моделях и методах оптимизации [1], для построения маршрутов внутри зданий с учетом доступности лифтов, наличия уклонов и обходов ступеней.

Представим здание в виде ориентированного взвешенного графа (рис. 1) $G=(V, E)$ [2], где:

- V множество узлов (ключевые точки в здании, такие как входы, лифты, коридоры);
- E множество ребер, соединяющих узлы и моделирующих пути между ними.

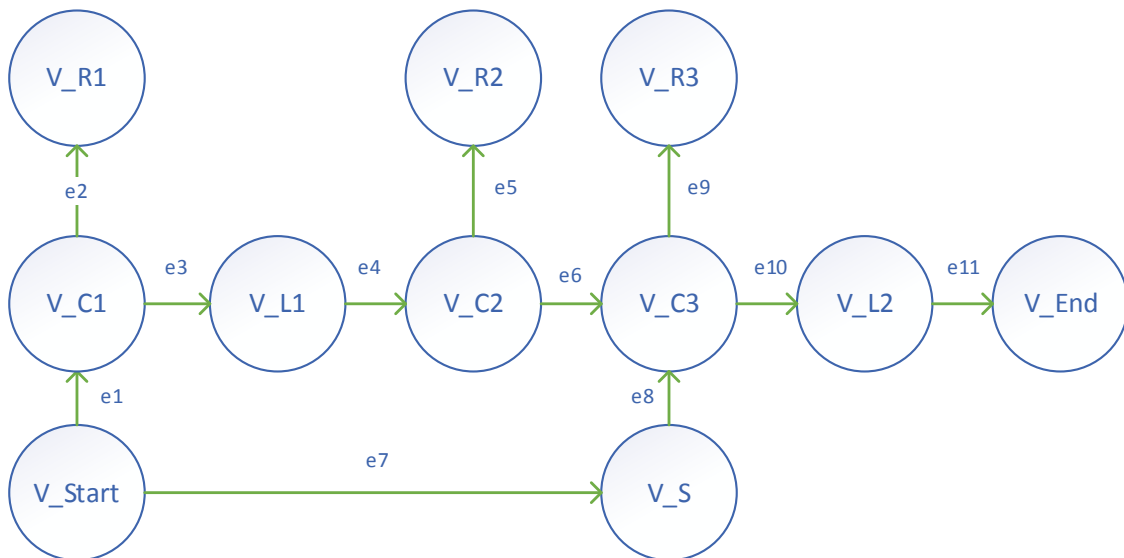


Рис. 1. Пример графа

Описание структуры графа:

- V_Start – начальная точка (например, вход в здание);
- V_End – конечная цель маршрута;
- V_C – коридоры;
- V_R – комнаты;
- V_L – лифты;
- V_S – лестницы.

При таком моделировании важно учитывать, что вес ребер между узлами не всегда постоянен и может варьироваться в зависимости от условий: перегруженность маршрута, временная недоступность проходов или лифтов, а также временные закрытия участков здания на обслуживание или ремонт.

Для маломобильного пользователя оптимальный маршрут должен минимизировать не только длину пути, но и сложность прохождения маршрута (например, уклон или наличие ступеней).

Каждому ребру $e_{ij} \in E$ присваивается вес w_{ij} , который рассчитывается на основе различных факторов [3]. В данном случае предлагается использовать суммарное взвешивание параметров доступности:

$$w_{ij} = \alpha \cdot d_{ij} + \beta \cdot s_{ij} + \gamma \cdot l_{ij}, \quad (1)$$

где: d_{ij} – физическое расстояние между узлами; s_{ij} – коэффициент доступности, учитывающий наличие уклонов, ширину проходов и других ограничений; l_{ij} – бинарный параметр, равный 1, если на участке присутствуют лифты или пандусы, и 0, если есть только лестницы; α , β , γ – коэффициенты, регулирующие вклад каждого из факторов.

Применение таких весов делает модель гибкой, позволяя регулировать ее под разные категории пользователей. С помощью корректировки весов можно регулировать модель в зависимости от индивидуальных требований пользователя. Например, для инвалидной коляски можно задать высокий β , минимизируя сложные участки маршрута, такие как уклоны и узкие проходы, и при этом снизить α , уменьшая значение расстояния как ключевого параметра.

После задания весов ребер задача поиска оптимального маршрута сводится к поиску пути минимальной стоимости на графе G [4]. Для этого можно применить такие алгоритмы, как:

1. Алгоритм Дейкстры. Используется для нахождения кратчайшего пути на графе, в котором ребрам присвоены статические веса. Сначала выбирается стартовый узел (например, вход), после чего алгоритм находит кратчайшие пути до всех остальных узлов. Это классический подход для графов с постоянными весами, однако он может потребовать модификации в реальных условиях [5]. Недостатком алгоритма Дейкстры в рамках данной задачи является его неспособность учитывать изменяющиеся условия в реальном времени.

2. Алгоритм A^* . Данный алгоритм позволяет учитывать эвристические оценки, то есть параметры, которые ориентируют маршрут на основании данных, связанных с конкретными условиями.

В качестве основного алгоритма поиска маршрута был выбран алгоритм A^* , который хорошо подходит для поиска кратчайших путей в графах с учетом весов ребер. Основное преимущество A^* – возможность включения эвристической функции, которая позволяет учитывать не только вес маршрута, но и приближение к конечной цели. Эвристика может быть основана на различных данных – от текущего состояния объектов на маршруте до расстояния до конечной точки. Это ускоряет процесс поиска, так как алгоритм концентрируется на узлах, расположенных ближе к цели.

Формально алгоритм A^* использует следующую функцию оценки:

$$f(v) = g(v) + h(v), \quad (2)$$

где: $g(v)$ – фактическая стоимость пути от начального узла до текущего узла; $h(v)$ – эвристическая оценка стоимости пути от узла v до целевого узла. Эвристическая функция $h(v)$ помогает минимизировать количество узлов, которые необходимо обработать, что делает алгоритм A^* более эффективным для сложных зданий. Выбор функции $h(v)$ оказывает важное значение на работу алгоритма. При высокой точности оценки алгоритм A^* работает быстрее и эффективнее, так как обрабатывает меньшее количество узлов, снижая вычислительные затраты.

Для адаптации весов ребер под конкретные нужды маломобильного пользователя используется метод многокритериальной оптимизации. Этот подход позволяет сбалансировать такие факторы, как длина маршрута и удобство. В конкретной реализации модели целевая функция может принимать вид:

$$J = \sum_{i,j \in E} w_{ij} x_{ij}, \quad (3)$$

где x_{ij} – бинарная переменная, равная 1, если ребро e_{ij} включено в оптимальный маршрут, и 0 в противном случае.

Оптимизационная задача сводится к минимизации функции J при условии достижимости конечного узла из начального:

$$\min J = \sum_{i,j \in E} w_{ij} x_{ij} \quad (4)$$

Для повышения адаптивности модели, особенно в условиях динамически изменяющихся объектов (например, если лифт временно недоступен), вес ребер графа может корректироваться в реальном времени [6]. Система должна быстро реагировать на изменения и предлагать альтернативные пути. Это может быть реализовано через функцию, пересчитывающую веса:

$$w_{ij}(t) = w_{ij} \cdot (1 + \sigma(t)), \quad (5)$$

где $\sigma(t)$ – поправочный коэффициент, отражающий актуальные изменения в маршруте.

В данной работе была представлена адаптивная графовая модель, ориентированная на потребности маломобильных пользователей в многоэтажных зданиях. Применение модели, основанной на графах и алгоритме A^* , позволяет гибко учитывать параметры здания и доступность различных маршрутов, что делает ее полезной для навигации в сложных условиях. Разработка таких систем в будущем обеспечит эффективные и доступные маршруты в реальном времени, что повысит комфорт передвижения маломобильных пользователей в общественных зданиях.

Библиографический список

1. Рафгарден Т. Совершенный алгоритм: основы / Т. Рафгарден; пер. с англ. А. Логунов. СПб.: Питер, 2023. 256 с.
2. Уилсон Р. Введение в теорию графов / Р. Уилсон. СПб.: ООО «Диалектика», 2019. 240 с.

3. Белов В.В., Воробьев Е.М., Шаталов В.Е. Теория графов. М.: Высш. школа, 1976. 392 с.
4. Джордж Политис. Основы алгоритмов / Д. Политис. М.: ДМК Пресс, 2018. 320 с.
5. Кристофидес Н. Теория графов. Алгоритмический подход. М.: Мир, 1978. 429с.
6. Поллак М. Теория графов: практическое введение / М. Поллак. СПб.: Питер, 2020. 294 с.

© Сергеев Д.С., 2024

Э.Р. ТЕН

eriksonten@mail.ru

Науч. руковод. – канд. физ.-мат. наук, доц. **Р.П. АБДРАХМАНОВА**

Уфимский университет науки и технологий

АЛГОРИТМЫ ВЫЯВЛЕНИЯ ВИДОВ ОТКАЗОВ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

Аннотация: в данной статье проведены исследования электрических отказов электродвигателей. Разработаны алгоритмы для нахождения отказов.

Ключевые слова: отказы электродвигателей, преобразование Кларк и Парка, быстрое преобразование Фурье.

Обрыв обмотки фазы

Обрыв обмотки фазы самый часто встречаемый неисправностью электродвигателей. Этот отказ приводит к быстрой потере мощности электродвигателя и его нагреванию, а также к выходу из строя.

Короткое замыкание обмотки фазы на корпус

Отказ происходит при контакте обмотки и корпуса. В этом случае двигатель потребляет большой ток и нагревается.

Межвитковое короткое замыкание

Это замыкание возникает при соприкосновении разных витков катушки или секции обмоток. Уменьшается сопротивление обмотки и нагревается электродвигатель; снижается эффективность работы.

Размагничивание магнитов

Размагничивание – это процесс, при котором магнитное поле теряет мощность.

Для обнаружения отказов необходимо провести преобразование Кларк и Парка. А также быстрое преобразование Фурье.

Преобразование Кларка

На вход поступают значения трех фаз тока/напряжения. Для получения выходных значений $\alpha\beta\gamma$ нужно перемножить входящий вектор на матрицу (1).

$$\sqrt{\frac{2}{3}} \cdot \begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ 0 & \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} \end{bmatrix} \quad (1)$$

На рис. 1 изображены компоненты 3-фазная системы координат.

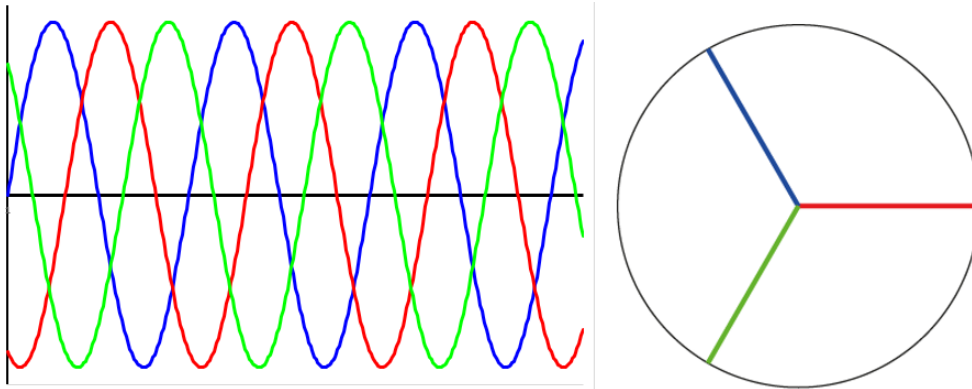


Рис. 1. Система координат abc

На рис. 2 изображены компоненты 2-фазной системы координат полученные после преобразования Кларка. γ прямая линия и в идеальном сценарии равно 0.

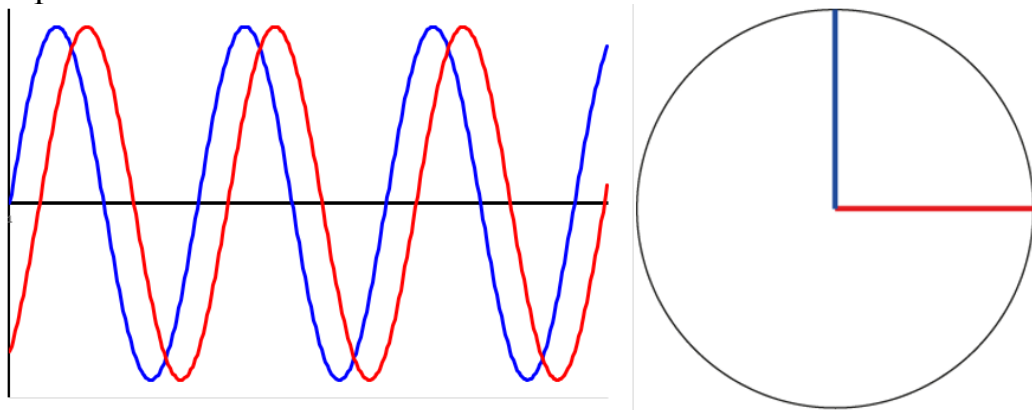


Рис. 2. Система координат $\alpha\beta\gamma$

Преобразование Парка

На вход поступают выходные данные преобразования Кларка (компоненты системы $\alpha\beta\gamma$), а на выходе – компоненты dq вращающейся системы координат. Для выполнения этой операции нужно перемножить вектор $\alpha\beta\gamma$ на матрицу (2).

$$\begin{bmatrix} \cos(\theta) & \sin(\theta) & 0 \\ -\sin(\theta) & \cos(\theta) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad (2)$$

где θ – мгновенный угол произвольной частоты.

На рис. 3 изображены компоненты вращающейся системы координат, полученные после преобразования Парка.

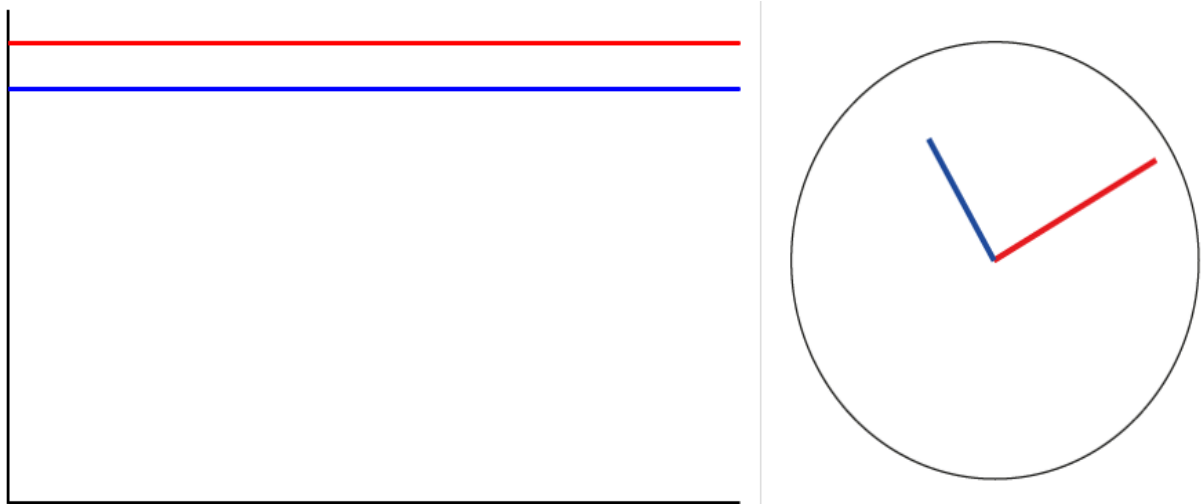


Рис. 3. Система координат dq

При отсутствии ошибок линии d и q будут прямыми. Как видно из уравнения третий компонент зависит только от γ .

Преобразование Фурье

Дискретное преобразование Фурье – это преобразование комплексных чисел, для определения гармонического и/или частотного сигналов. На вход поступают дискретные значения, и рассчитывается массив комплексных чисел, которые используются для дальнейшего анализа. Для выполнения ДПФ используется формула (3).

$$X_k = \sum_{n=0}^{N-1} x_n e^{-\frac{2\pi i}{N}kn} = \sum_{n=0}^{N-1} x_n (\cos(2\pi kn/N) - i \cdot \sin(2\pi kn/N)), \quad (3)$$

где: – N – количество дискретных значений на входе; – x_n , $n = 0, \dots, N-1$ – измеренные значения сигнала; – X_k , $k=0, \dots, N-1$ – комплексные числа на выходе; – k, $k = 0, \dots, N-1$ – индекс частоты.

Быстрое преобразование Фурье (Fast Fourier transform) – метод, который уменьшает количество вычислений. Однако данный способ требует, чтобы количество выходных значений являлось степенью числа 2.

Процесс БПФ:

1. Разделение входных на две части, с четными и нечетными элементами;
2. Повторение этапа 1 до тех пор, пока каждая часть не будет включать в себя только один элемент;
3. Вычисление ДПФ;
4. Объединение результатов.

На рис. 4 изображен пример БПФ для 8 элементов.

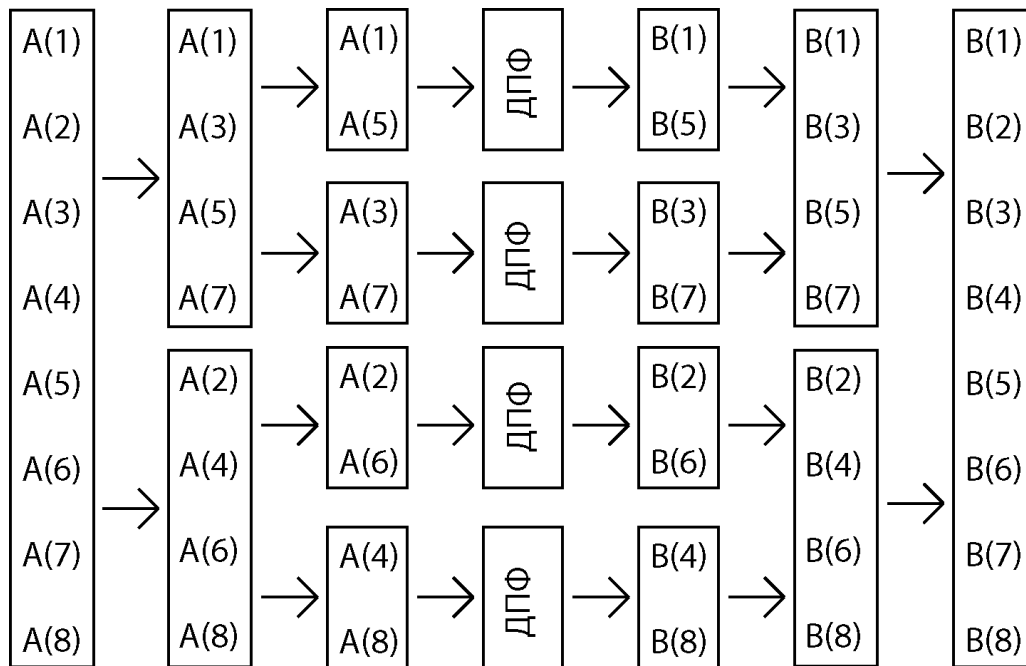
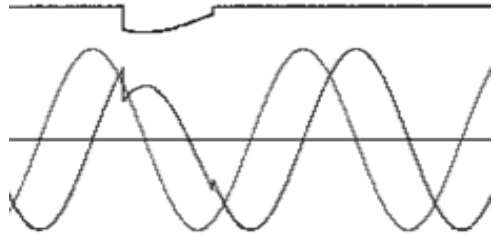
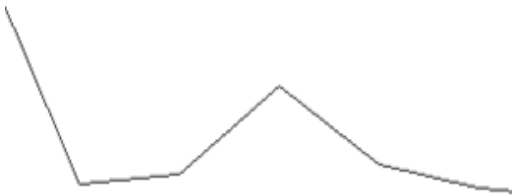


Рис. 4. Принцип быстрого преобразования Фурье

В табл. 1 приведены примеры отказов.

Таблица 1

Тип отказа	График
<i>1</i>	<i>2</i>
Обрыв обмотки фазы	
Короткое замыкание обмотки фазы на корпус	

<i>Окончание табл. 1</i>	
<i>1</i>	<i>2</i>
Межвитковое короткое замыкание	
Размагничивание магнитов	

Функция обнаружения обрыва обмотки фазы вызывается 3 раза на каждую фазу. Отсутствие тока считается малое изменение значений на продолжительном промежутке. Для этого оценивается разность значения с 0, и если модуль разности ниже порога, то увеличивается счетчик. Когда значение счетчика доходит до 100, считается, что произошел обрыв.

По преобразованию Кларка можно определить сразу 2 вида отказа. С другой стороны, α и β будут использоваться для преобразования Парк, по которому будет обнаруживаться наличие отказа.

Функция обнаружения короткого замыкания обмотки фазы на корпус. При повышении амплитуды γ составляющая возрастает, поэтому алгоритм обнаруживает превышение определенного порога, зависящего от характеристик электродвигателя.

Функцию обнаружения межвиткового короткого замыкания. В этом случае значение γ уменьшается, и алгоритм определяет момент перехода нижней границы.

Функция обнаружения размагничивания магнитов. Преобразование Фурье позволит найти амплитудный спектр и обнаружить эту неисправность. Наличием отказа считается превышение заданного порога амплитуды.

Библиографический список

1. Сидельников Л.Г. Обзор методов контроля технического состояния асинхронных двигателей в процессе эксплуатации / Л.Г. Сидельников, Д.О. Афанасьев // Архитектура и строительство России. 2013. № 7. 137 с.

2. Гаврилов Р.С. Управление синхронными машинами с постоянными магнитами: учебное пособие / Р.С. Гаврилов, Ю.Н. Мустафаев // Балт. гос. техн. ун-т. СПб. 2019. 78 с.

3. Чигирева О.Ю. Ряды Фурье. Преобразование Фурье // МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2010. 51 с.

4. Ерохин Е.Ю. Способ контроля обрыва фазы в трехфазной сети и устройство для его осуществления / Е.Ю. Ерохин, Е.Г. Токмаков, М.А. Ваткина // Открытое акционерное общество «Всероссийский научно–исследовательский проектно-конструкторский и технологический институт релестроения с опытным производством». 2008. 10 с.

© Тен Э.Р., 2024

В.С. ФЕДОРИЩЕВ, Е.Р. ШАЙМАРДАНОВА*shaymardanova.ekaterina.04@gmail.com, ugatu.saifullin@gmail.com*Науч. руковод. – д-р техн. наук, профессор **Н.М. ШЕРЫХАЛИНА***Уфимский университет науки и технологий***СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РЕШЕНИЙ ЗАДАЧИ КОШИ РАЗЛИЧНЫМИ ЧИСЛЕННЫМИ МЕТОДАМИ**

Аннотация: в статье представлена сравнительная характеристика решений задачи Коши при помощи известных численных методов. Это метод Эйлера, усовершенствованный метод Эйлера, предиктор-корректор, метод Рунге-Кутты четвертого порядка точности. Все вычисленные значения уточняются методом численной фильтрации. Вычисленные значения сравниваются с отфильтрованными и проводится оценка погрешности.

Ключевые слова: задача Коши, метод Эйлера, усовершенствованный метод Эйлера, предиктор-корректор, метод Рунге-Кутты, численный эксперимент, численная фильтрация, оценка погрешности.

Наиболее известными методами решения задачи Коши являются следующие методы: метод Эйлера, усовершенствованный метод Эйлера, метод предиктор-корректор 2 порядка точности и метод Рунге-Кутты 4 порядка точности. Критерием достоверности полученного приближенного решения в случае тестового примера является допустимое отклонение от известного точного решения. При отсутствии точного решения задачи критерием качества результатов вычислений являются оценки погрешности, полученные на основе экстраполяции результатов [6-9] или их численной фильтрации [10-15].

Метода Эйлера

Для численного решения задачи вводится сетка $x_j, j=0, \dots, n, x_0=a$. Величина $xn=b$ определяется практической потребностью. В случае равномерного разбиения с шагом $h=(b-a)/n, x_j=a+jh$.

Нужно приближенно решить дифференциальное уравнение первого порядка

$$\frac{dy}{dx} = f(x, y),$$

с начальным условием $y(a)=y_0$. По методу левых прямоугольников численного интегрирования функций

$$y_{j+1} \approx y_j + \int_{x_j}^{x_{j+1}} f[x_j, y(x_j)] dx = y_j + f(x_j, y_j)h_{j+1}, h_j = x_j - x_{j-1}$$

Значит, происходит сдвиг вдоль касательной, проведенной к графику функции $y(x)$ из начальной точки. После этого для проведения следующего шага определяется угол наклона касательной в полученной точке.

Усовершенствованный метод Эйлера

Находится значение функции в середине частичного отрезка интегрирования

$$y_{j+1} = y_j + \int_{x_j}^{x_{j+1}} f[x_{j+1/2}, y(x_{j+1/2})] dx + O(h_{j+1}^3) \approx$$

$$\approx y_j + h_{j+1} f[x_{j+1/2}, y_{j+1/2}],$$

$$x_{j+1/2} = \frac{x_j + x_{j+1}}{2} = x_j + \frac{h_{j+1}}{2}$$

Здесь значение функции в середине приближенно вычисляется с помощью обычного метода Эйлера

$$y_{j+1/2}^* = y_j + \frac{h_{j+1}}{2} f[x_j, y_j],$$

$$y_{j+1} \approx y_j + h_{j+1} f[x_{j+1/2}, y_{j+1/2}^*]$$

Погрешность этого метода должна быть меньше, чем для метода Эйлера.

Метод предиктор-корректор

Основан на методе трапеций

$$y_{j+1} = y_j + \frac{h_{j+1}}{2} (f[x_j, y_j] + f[x_{j+1}, y_{j+1}]) + O(h_{j+1}^3)$$

Приближенное вычисление значения функции на правом конце отрезка проводится методом Эйлера

$$y_{j+1}^* = y_j + h_{j+1} f[x_j, y_j],$$

$$y_{j+1} \approx y_j + \frac{h_{j+1}}{2} (f[x_j, y_j] + f[x_{j+1}, y_{j+1}^*])$$

Метод Рунге-Кутты 4-го порядка точности

Используются формулы

$$y_{j+1} \approx y_j + \frac{h_{j+1}}{6} (K_1 + 2K_2 + 2K_3 + K_4),$$

$$K_1 = f[x_j, y_j], \quad K_2 = f\left[x_j + \frac{h_{j+1}}{2}, y_j + \frac{h_{j+1}}{2} K_1\right],$$

$$K_3 = f\left[x_j + \frac{h_{j+1}}{2}, y_j + \frac{h_{j+1}}{2} K_2\right], \quad K_4 = f[x_j + h_{j+1}, y_j + h_{j+1} K_3].$$

Вычислительный эксперимент

Исследуем изменение погрешности при решении задачи Коши на тестовом примере, в качестве которого возьмем дифференциальное уравнение $\frac{dy}{dx} = y \sin x$ на отрезке $x \in \left[0, \frac{\pi}{2}\right]$ при начальном условии $y(0) = y_0 = 1$. Эта задача имеет точное решение $y = e^{1-\cos x}$.

Для рассмотренных методов были составлены алгоритмы и проведены вычисления при удвоении количества частичных отрезков.

Полученные результаты численного эксперимента приведены в табл. 1. I – метод Эйлера, II – Усовершенствованный метод Эйлера, III – метод предиктор-корректор, IV - Метод Рунге-Кутты IV порядка.

Таблица 1

n	I	II	III	IV
2	-1,1629	-2,1197*10 ⁻¹	-3,0542*10 ⁻¹	-4,1392*10 ⁻³
4	-7,1538*10 ⁻¹	-6,5206*10 ⁻²	-8,1597*10 ⁻²	-2,7604*10 ⁻⁴
8	-4,0739*10 ⁻¹	-1,8231*10 ⁻²	-2,0610*10 ⁻²	-1,7234*10 ⁻⁵
16	-2,1943*10 ⁻¹	-4,8207*10 ⁻³	-5,1396*10 ⁻³	-1,0619*10 ⁻⁶
32	-1,1420*10 ⁻¹	-1,2391*10 ⁻³	-1,2803*10 ⁻³	-6,5616*10 ⁻⁸
64	-5,8299*10 ⁻²	-3,1407*10 ⁻⁴	-3,1931*10 ⁻⁴	-4,0729*10 ⁻⁹
128	-2,9461*10 ⁻²	-7,9058*10 ⁻⁵	-7,9718*10 ⁻⁵	-2,5360*10 ⁻¹⁰
256	-1,4809*10 ⁻²	-1,9832*10 ⁻⁵	-1,9915*10 ⁻⁵	-1,5818*10 ⁻¹¹
512	-7,4247*10 ⁻³	-4,9665*10 ⁻⁶	-4,9769*10 ⁻⁶	-9,8721*10 ⁻¹³
1024	-3,7173*10 ⁻³	-1,2427*10 ⁻⁶	-1,2440*10 ⁻⁶	-6,1284*10 ⁻¹⁴
2048	-1,8599*10 ⁻³	-3,1080*10 ⁻⁷	-3,1097*10 ⁻⁷	-1,5543*10 ⁻¹⁴
4096	-9,3028*10 ⁻⁴	-7,7717*10 ⁻⁸	-7,7738*10 ⁻⁸	-1,6875*10 ⁻¹⁴
8192	-4,6522*10 ⁻⁴	-1,9431*10 ⁻⁸	-1,9434*10 ⁻⁸	2,6201*10 ⁻¹⁴
16384	-2,3263*10 ⁻⁴	-4,8581*10 ⁻⁹	-4,8584*10 ⁻⁹	-1,3767*10 ⁻¹⁴

Окончание табл. 1

n	I	II	III	IV
32768	$-1,1632 \cdot 10^{-4}$	$-1,2145 \cdot 10^{-9}$	$-1,2146 \cdot 10^{-9}$	$-3,5083 \cdot 10^{-14}$
65536	$-5,8161 \cdot 10^{-5}$	$-3,0374 \cdot 10^{-10}$	$-3,0364 \cdot 10^{-10}$	$2,5313 \cdot 10^{-14}$
131072	$-2,9081 \cdot 10^{-5}$	$-7,5978 \cdot 10^{-11}$	$-7,5862 \cdot 10^{-11}$	$1,8652 \cdot 10^{-14}$
262144	$-1,4540 \cdot 10^{-5}$	$-1,8955 \cdot 10^{-11}$	$-1,8928 \cdot 10^{-11}$	$3,2419 \cdot 10^{-14}$
524288	$-7,2702 \cdot 10^{-6}$	$-4,7056 \cdot 10^{-12}$	$-4,7407 \cdot 10^{-12}$	$2,7534 \cdot 10^{-14}$
1048576	$-3,6351 \cdot 10^{-6}$	$-1,2452 \cdot 10^{-12}$	$-1,2523 \cdot 10^{-12}$	$-8,3045 \cdot 10^{-14}$

В табл. 2 представлены значения погрешности результатов вычислений для I – метод Эйлера, II – Усовершенствованный метод Эйлера, III – метод предиктор-корректор, IV – Метод Рунге-Кутты IV порядка, полученные после четверной численной фильтрации.

Таблица 2

n	I	II	III	IV
32	$-1,8098 \cdot 10^{-3}$	$-1,0978 \cdot 10^{-5}$	$-4,4264 \cdot 10^{-6}$	$-4,1454 \cdot 10^{-10}$
64	$-2,3482 \cdot 10^{-4}$	$-1,2279 \cdot 10^{-7}$	$-7,2938 \cdot 10^{-7}$	$-2,3050 \cdot 10^{-11}$
128	$-2,7793610^{-5}$	$1,0315 \cdot 10^{-8}$	$-2,1867 \cdot 10^{-7}$	$1,3731 \cdot 10^{-12}$
256	$-3,4237 \cdot 10^{-6}$	$1,2652 \cdot 10^{-9}$	$1,8296 \cdot 10^{-8}$	$9,3259 \cdot 10^{-15}$
512	$-4,2719 \cdot 10^{-7}$	$1,0023 \cdot 10^{-10}$	$5,5842 \cdot 10^{-10}$	0,0000
1024	$-5,3432 \cdot 10^{-8}$	$6,9531 \cdot 10^{-12}$	$2,8237 \cdot 10^{-11}$	$4,4409 \cdot 10^{-16}$
2048	$-6,6839 \cdot 10^{-9}$	$4,7073 \cdot 10^{-13}$	$1,6094 \cdot 10^{-12}$	$-8,8818 \cdot 10^{-16}$
4096	$-8,3567 \cdot 10^{-10}$	$3,9080 \cdot 10^{-14}$	$5,4623 \cdot 10^{-14}$	$-1,8208 \cdot 10^{-14}$
8192	$-1,0461 \cdot 10^{-10}$	$4,4409 \cdot 10^{-15}$	$8,3933 \cdot 10^{-14}$	$-1,5987 \cdot 10^{-14}$
16384	$-1,3081 \cdot 10^{-11}$	$-4,0412 \cdot 10^{-14}$	$-2,6645 \cdot 10^{-15}$	$-1,6875 \cdot 10^{-14}$
32768	$-1,7244 \cdot 10^{-12}$	$5,0626 \cdot 10^{-14}$	$7,1054 \cdot 10^{-15}$	$-1,0658 \cdot 10^{-14}$
65536	$-4,5297 \cdot 10^{-14}$	$-1,3221 \cdot 10^{-12}$	$6,2172 \cdot 10^{-15}$	$-3,4639 \cdot 10^{-14}$
131072	$3,8636 \cdot 10^{-14}$	$-8,3933 \cdot 10^{-14}$	$-7,5495 \cdot 10^{-15}$	$1,1395 \cdot 10^{-12}$
262144	$-3,3440 \cdot 10^{-13}$	$4,2810 \cdot 10^{-13}$	$5,7288 \cdot 10^{-14}$	$2,3537 \cdot 10^{-14}$
524288	$-1,1413 \cdot 10^{-13}$	$5,5511 \cdot 10^{-14}$	$1,1724 \cdot 10^{-13}$	$1,0214 \cdot 10^{-14}$
1048576	$1,0352 \cdot 10^{-12}$	$1,0703 \cdot 10^{-13}$	$1,0796 \cdot 10^{-12}$	$4,1744 \cdot 10^{-14}$

Заключение

Таким образом, на основе описанных методов были составлены алгоритмы для вычисления приближенного решения дифференциального уравнения и приведены его оценки погрешности на основе сравнения с точным решением. Из приведенных таблиц видно, что численная фильтрация дает более точные значения и позволяет достичь лучшие результаты за меньшее число шагов.

Библиографический список

1. Численные методы решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений [Электронный ресурс] // Википедия. URL: https://ru.wikiversity.org/wiki/Численные_методы_решения_задачи_Коши_для_обыкновенных_дифференциальных_уравнений.
2. Amosov A.A., Dubinsky Y.A., Kopchenova N.V. Computational Methods. Moscow: MPEI Publishing House, 2008.
3. Bjoerck A., Dahlquist G. Numerical Mathematics and Scientific Computation: Vol. 1. 1999.
4. Зенков А.В. Численные методы: учебное пособие. 2016. 124 с.
5. Ляшко И.И., Макаров В.Л. Методы вычислений: учебное пособие. 2015. 1997. 408 с.
6. Richargson L.W. The deferred approach to the limit. Phil. Trans. Roy. Soc. London, 1927. Vol. 226. P. 299–361.
7. Paluri N.S.V., Sondur S. Experiments with range computations using extrapolation// Reliable Computing. 2007. Vol. 13. No. 1. P. 1–23.
8. Sheykhulina N. M. Mathematical Modeling of Technical Objects and Processes Based on Methods of Multicomponent Analysis of Computational Experiment Results: Dissertation. Dr. Tech. Sci. Ufa, 2012.
9. Zhitnikov V.P., Sheykhulina N.M. Methods of verification of mathematical models under uncertainty// Vestnik UGATU. 2000. No. 2. P. 53–60.
10. Sherykhalina N.M., Sokolova A.A., Shaymardanova E.R. Numerical investigation of the different interpolation methods // Системная инженерия и информационные технологии. 2023. Т. 5. № 1 (10). С. 67–75. [[In: Systems Engineering and Information Technologies. 2023. Vol. 5. No. 1 (10). P. 67–75.]]
11. Житников В.П., Шерыхалина Н.М., Федорова Г.И., Соколова А.А. Методика качественного улучшения результатов вычислительного эксперимента // Системная инженерия и информационные технологии. 2021. Т. 3. № 1 (5). С. 58–64. [[Zhitnikov V.P., Sherykhalina N.M., Fedorova G. I., Sokolova A.A., Methodology for qualitative improvement of the results of a computational experiment // System Engineering and Information Technologies. 2021. Vol. 3. No. 1 (5). P. 58–64. (In Russian).]]

12. Zhitnikov V.P., Sheykhalina N.M., Sokolova A.A. Problem of reliability justification of computation error estimates// Mediterranean Journal of Social Sciences. 2015. Vol. 6. No. 2. P. 65–78.

13. Житников В.П., Шерыхалина Н.М., Поречный С.С. Об одном подходе к практической оценке погрешностей численных результатов // Научно-техн. ведомости СПбГПУ. 2009. № 3 (80). С. 105–110. [[Zhitnikov V. P., Sheykhalina N. M., Porechnyy S. S. About one approach to practical assessment of errors in numerical results // SPbSPU. 2009. No. 3 (80), pp. 105-110. (In Russian).]]

14. Zhitnikov V.P., Sheykhalina N.M. Accuracy increase of complex problems solutions by numerical data post-processor handling // Computational Technologies. 2008. Vol. 13. No. 6. P. 61–65.

15. Sherykhalina N.M., Zhitnikov V.P. Application of extrapolation methods of numerical results for improvement of hydrodynamics problem solution//Computational Fluid Dynamics Journal. 2001. Vol. 10. No. 3.

16. Житников В.П., Шерыхалина Н.М., Соколова А.А. Оценка погрешности и ее обоснование с помощью фильтрации численных результатов, полученных при разных числах узловых точек сетки // Известия Самарского научного центра РАН. 2017. Т. 19. № 1 (2). С. 401–405. [[Zhitnikov V.P., Sheykhalina N.M., Sokolova A.A. Estimation of error and its justification by filtering of numerical results obtained at different numbers of grid nodes // Izvestiya Samara Scientific Center RAS. 2017. Vol. 19. No. 1 (2) P. 401–405. (In Russian).]]

© Федорищев В.С., Шаймарданова Е.Р., 2024

Е.Р. ШАЙМАРДАНОВА

shaymardanova.ekaterina.04@gmail.com

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

Уфимский университет науки и технологий

ОБ ОДНОМ МЕТОДЕ УТОЧНЕНИЯ ЧИСЛЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Аннотация: в статье представлена математическая модель погрешности, которая возникает при вычислении искомого значения при изменении параметра дискретизации. Описан метод, позволяющий найти уточненное значение без каких-либо предположений о малости остаточной погрешности.

Ключевые слова: математическая модель погрешности; численный метод; численная фильтрация; вычислительный эксперимент.

Одной из ключевых задач современной науки выступает задача повышения эффективности методов математического моделирования, включая разработку подходов, оптимально объединяющих математический анализ с вычислительным экспериментом. Важное место в этом контексте занимает создание инструментов, обеспечивающих контроль и подтверждение достоверности результатов, а также учет всех известных источников погрешностей – от этапа формулировки задачи и выбора модели до интерпретации численных данных.

Задача повышения надежности и точности вычислений рассматривается как процесс извлечения максимального объема информации из численных данных, содержащих шум.

Профессор В.П. Житников и его ученики провели много исследований на тему того, что на основе последовательности численных данных возможно выполнить идентификацию математической модели погрешности различными способами. Поочередное подавление или фильтрация отдельных компонент позволяет получить несколько уточненных зависимостей, которые обеспечивают надежную оценку погрешностей. В ряде случаев применение повторной фильтрации дает возможность достичь результатов, превосходящих по точности исходные расчеты на несколько порядков. Такие результаты практически невозможно получить прямым вычислительным методом из-за чрезмерных временных затрат, выходящих за пределы разумного. Тем самым, ими был разработан подход, названный «численная фильтрация» результатов вычислительного эксперимента. Благодаря этому подходу появилась возможность получать достоверные численные результаты в сложных задачах, адекватные численные решения которых получить проблематично даже сегодня.

Постановка задачи

Рассмотрим подход, который не использует допущения о малости добавочной погрешности. В более общем случае математическая модель погрешности представляется в виде

$$z_n = z + c_1 n^{-k_1} + c_2 n^{-k_2} + \dots + c_L n^{-k_L} + \delta(n),$$

где k_1, \dots, k_L – произвольные действительные числа ($k_1 < k_2 < \dots < k_L$). Тем не менее, при $n_j = n_1 Q^{j-1}$ задача определения коэффициентов c_i и экстраполированного значения z решается аналитически, если применить метод численной фильтрации. Подставив в данную формулу $n_j = n_1 Q^{j-1}$, получим систему уравнений:

$$\begin{aligned} z_{n_1} &= z + c_1 n_1^{-k_1} + c_2 n_1^{-k_2} + \dots + c_L n_1^{-k_L} + \delta(n_1), \\ z_{n_2} &= z + c_1 n_1^{-k_1} Q^{-k_1} + c_2 n_1^{-k_2} Q^{-k_2} + \dots + c_L n_1^{-k_L} Q^{-k_L} + \delta(Q n_1), \\ &\dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ z_{n_{L+1}} &= z + c_1 n_1^{-k_1} Q^{-k_1 L} + c_2 n_1^{-k_2} Q^{-k_2 L} + \dots + c_L n_1^{-k_L} Q^{-k_L L} + \delta(Q^L n_1) \end{aligned}$$

Будем попарно рассматривать два значения, например, z_{n_1} и z_{n_2} , вычисленные при числе узлов, равном n_1 и $n_2 = Q n_1$ соответственно. Составим линейную комбинацию

$$z_{n_2}^{(1)} = \alpha_j z_{n_1} + \beta_j z_{n_2} = (\alpha_j + \beta_j) z + \dots + \left(\alpha_j n_1^{-k_j} + \beta_j n_2^{-k_j} \right) c_j + \dots$$

и потребуем, чтобы суммарный коэффициент при z был равен 1, а при c_j (для определенного j) равен 0. Отсюда получим формулу фильтрации, которая совпадает с Ричардсоновской экстраполяционной формулой

$$z_{n_2}^{(1)} = z_{n_2} + \frac{z_{n_2} - z_{n_1}}{Q^{k_j} - 1}.$$

Затем возьмем следующие два значения, то есть рассмотрим второе и третье уравнение системы, и аналогичную линейную комбинацию составим уже для них и т. д. В результате получим последовательность значений для разных n , отфильтрованных один раз.

Затем повторим этот процесс для получения значений, не содержащих вторую составляющую погрешности, затем, третью и т. д.

На рис. 1 показано, как уменьшается погрешность с каждым этапом численной фильтрации.

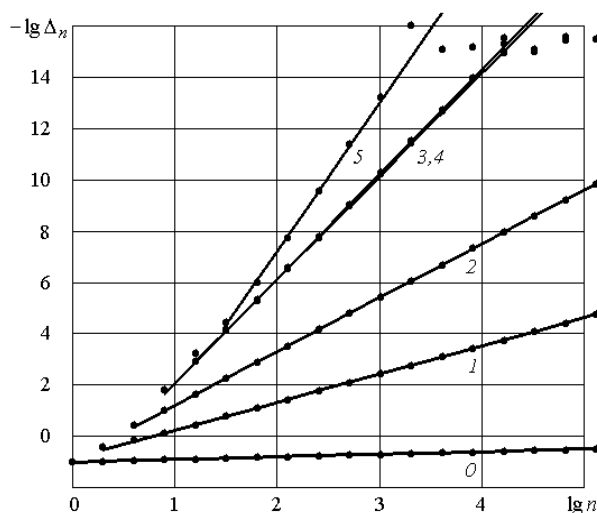


Рис. 1. Результаты численной фильтрации данных, полученных при удвоении числа слагаемых

Заключение

Таким образом, в проведенном исследовании рассматривается подход к решению проблемы уточнения результатов вычислений с помощью метода численной фильтрации, применение которой позволяет увеличить точность результата на несколько порядков.

Библиографический список

1. Житников В.П., Шерыхалина Н.М., Федорова Г.И., Соколова А.А. Методика качественного улучшения результатов вычислительного эксперимента // Системная инженерия и информационные технологии. 2021. Т. 3, №1 (5). С. 58–64. [[Zhitnikov V.P., Sherykhalina N.M., Fedorova G.I., Sokolova A.A. Methodology for qualitative improvement of the results of a computational experiment // System Engineering and Information Technologies. 2021. Vol. 3. No 1 (5), P. 58–64.]]
2. Sherykhalina N.M., Sokolova A.A., Shaymardanova E.R. The practical application of numerical filtering method by example of calculating the simple functions derivative // Системная инженерия и информационные технологии. 2022. Том 4, № 2 (9). С. 24–29.
3. Житников В.П., Шерыхалина Н.М. Моделирование течений вязкой жидкости с применением методов многокомпонентного анализа. Акад. Наук Респ. Башкортостан, Отд-ние техн. наук. Уфа: Гилем, 2009. 335 с.
4. Житников В.П., Шерыхалина Н.М., Соколова А.А. Оценка погрешности и ее обоснование с помощью фильтрации численных результатов, полученных при разных числах узловых точек сетки // Известия Самарского научного центра РАН. 2017. Т. 19, № 1 (2). С. 401–405.

5. Sherykhalina N.M., Saifullin R.O., Shaymardanova E.R. Multidimensional polynomial interpolation // Systems Engineering and Information Technologies. 2023. Vol. 5. № 4 (13). P. 94–100.

6. Sherykhalina N.M., Shaymardanova E.R. Comparison of accuracy of the Cauchy problem solutions by different numerical methods // Systems Engineering and Information Technologies. 2023. Vol. 5. № 6 (15). P. 11–16.

7. Sokolova A.A., Shaymardanova E.R., Sherykhalina N.M., Porechny S.S. Researching of influence of rotation angle of tool electrode for electrochemical machining of material // Systems Engineering and Information Technologies. – 2024. Vol. 6. № 1 (16). P. 16–22.

8. Соколова А.А. Стационарная электрохимическая обработка вертикальным пластинчатым катодом при ступенчатой функции выхода по току // Всерос. молодежн. научн. конф. «Мавлютовские чтения»: сб. тез. докл. Уфа: УГАТУ, 2011. Т. 5. С. 71–72.

9. Соколова А.А. Альтернативный метод решения задачи о солитоне Стокса как доказательство ранее полученных оценок погрешности // Современные проблемы математического моделирования, обработки изображений и параллельных вычислений 2017 (СПММОИиПВ-2017): труды Междунар. науч. конф. (пос. Дивноморское, 4–11 сентября 2017 г.) Том I; Донской гос. техн. ун-т. Ростов-на-Дону: ООО «ДГТУ-Принт», 2017. С. 253–260.

© Шаймарданова Е.Р., 2024

Е.Р. ШАЙМАРДАНОВА, А.А. СОКОЛОВА

shaymardanova.ekaterina.04@gmail.com, alexandrakrasich@gmail.com

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

Уфимский университет науки и технологий

КАВИТАЦИОННОЕ ОБТЕКАНИЕ МЯГКОЙ ВОЗДУХООПОРНОЙ ОБОЛОЧКИ

Аннотация: в статье представлена математическая модель процесса обтекания воздухом гибкой конструкции типа ангара. Моделирование формы воздухоопорной оболочки проводится с помощью теории функций комплексного переменного с применением метода Леви-Чивиты. Аналитического решения задача не имеет и решается численно методом коллокаций.

Ключевые слова: математическая модель; воздухоопорная оболочка; свободная поверхность; метод Леви-Чивиты; метод коллокаций.

В настоящее время воздухоопорные оболочки часто применяются в строительстве надувных инженерных конструкций типа ангаров.

Существует множество наработок по теме воздухоопорных оболочек [1–4]. В данной работе используются математическая модель воздухоопорной оболочки, основанная на применении видоизмененного метода Леви–Чевиты.

Постановка задачи

Рисунок 1, а изображает схему воздухоопорной оболочки в разрезе. Форма конструкции – это полый цилиндр, который поддерживается давлением P_o внутри него, а снаружи он окружен газом или жидкостью с давлением P_o . Та часть поверхности оболочки, которая непосредственно контактирует с жидкостью или газом, называется смоченной, на схеме обозначена линией АС.

Равновесие поддерживается уравнениями

$$T = R(P_o - P) = const.$$
$$\rho \frac{V^2}{2} + P = P^*, \quad \rho \frac{V_o^2}{2} + P_o = P^*,$$

где введены следующие условные обозначения: P – давление в потоке; V – модуль вектора скорости жидкости; ρ – плотность жидкости; P_o, V_o – давление и модуль скорости на свободной поверхности; P^* – константа Бернулли.

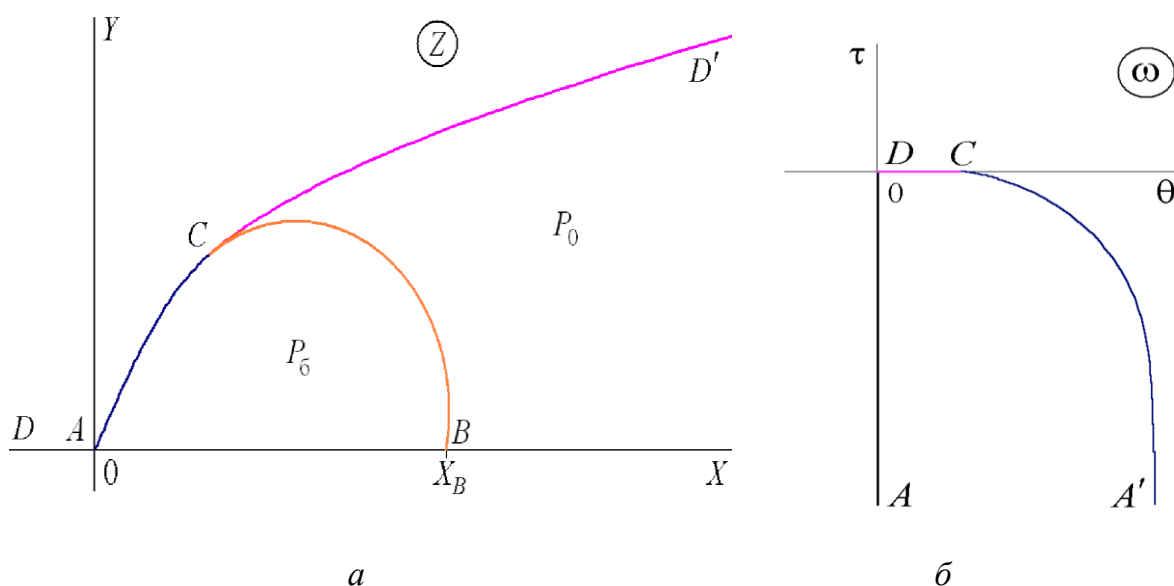


Рис. 1. Взаимодействие идеального газа с оболочкой:
a – физическая плоскость; *б* – плоскость изменения ω

Для решения применим методы теории функций комплексного переменного, аналогичные [5-6]. Водим дополнительную параметрическую плоскость, находим конформные отображения между плоскостью годографа скоростей, плоскостью комплексного потенциала и дополнительной плоскостью.

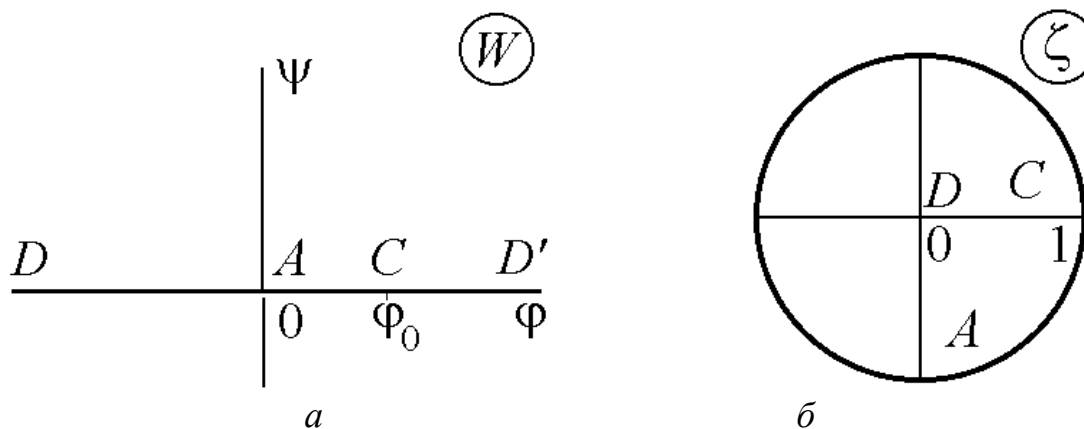


Рис. 2. Формы образов области течения:
a – на W ; *б* – на параметрической плоскости

Зависимость ω от параметрической переменной разлагается в сумму отдельных слагаемых, описывающих отдельные особенности.

Получается набор уравнений. Его численное решение проводится с помощью программы, написанной на языке программирования Python3 для метода коллокаций. Для того чтобы увеличить точность решения, можно применить численную фильтрацию результатов и уточнить

рассчитываемые результаты можно на несколько порядков [7–14]. Это было реализовано, и точность поднялась на несколько порядков.

Программа, в которой были уточнены результаты, была написана на языке Python3, а также была использована библиотека NumPy.

Заключение

Таким образом, в проведенном исследовании предлагается численный подход к решению проблемы течения, вызванного потоком идеальной жидкости вокруг оболочки. Алгоритм фильтрации значительно повышает точность полученных результатов.

Библиографический список

1. Галина И.Л. Истечение струи из канала с гибким ограждением // Прикл. матем. и мех. 1979. Т. 43. № 1. С. 91–98.

2. Гуревич М.И. Теория струй идеальной жидкости. М.: Наука, 1979, 536 с.

3. Житников В.П., Терентьев А.Г. Струйное обтекание гибкой оболочки потоком идеальной жидкости // Изв. АН СССР. МЖГ. 1982. № 6. С. 43–48.

4. Соколова А.А. Кавитационное обтекание оболочки по несимметричной схеме Рябушинского // Межвузовский научный конгресс. Высшая школа: Научные исследования. Москва, 27 сентября, 2019. Изд. Инфинити. С. 220–230.

5. Лаврентьев М.А., Шабат Б.В. Методы теории функций комплексного переменного. М.: Наука, 1987. 688 с.

6. Житников В.П., Шерыхалина Н.М., Муксимова Р.Р. Дополнительные главы теории функций комплексного переменного: учебное электронное издание локального доступа // Уфа: УГАТУ, 2014. 85 с. № гос. регистрации 0321402284.

7. Житников В.П., Шерыхалина Н.М. Моделирование течений весомой жидкости с применением методов многокомпонентного анализа. Акад. Наук Респ. Башкортостан, Отд-ние техн. наук. Уфа: Гилем, 2009. 335с.

8. Житников В.П., Шерыхалина Н.М., Соколова А.А. Оценка погрешности и ее обоснование с помощью фильтрации численных результатов, полученных при разных числах узловых точек сетки // Известия Самарского научного центра РАН. 2017. Т.1 9, № 1 (2). С. 401–405.

9. Sherykhalina N.M., Saifullin R.O., Shaymardanova E.R. Multidimensional polynomial interpolation // Systems Engineering and Information Technologies. 2023. Vol. 5, № 4 (13). P. 94–100.

10. Sherykhalina N.M., Shaymardanova E.R. Comparison of accuracy of the Cauchy problem solutions by different numerical methods // Systems Engineering and Information Technologies. 2023. Vol. 5, № 6 (15). P. 11–16.

11. Sokolova A.A., Shaymardanova E.R., Sherykhalina N.M., Porechny S.S. Researching of influence of rotation angle of tool electrode for electrochemical

machining of material // Systems Engineering and Information Technologies. – 2024. – Vol. 6, № 1 (16). P. 16–22.

12. Положий Г.Н. Обобщение теории аналитических функций комплексного переменного. Киев: Киев. ун-т, 1965. 442 с.

13. Соколова А.А. Стационарная электрохимическая обработка вертикальным пластинчатым катодом при ступенчатой функции выхода по току // Всерос. молодежн. научн. конф. «Мавлютовские чтения»: сб. тез. докл. Уфа: УГАТУ, 2011. Т. 5. С. 71–72.

14. Соколова А.А. Альтернативный метод решения задачи о солитоне Стокса как доказательство ранее полученных оценок погрешности // Современные проблемы математического моделирования, обработки изображений и параллельных вычислений 2017 (СПММОИиПВ-2017): труды Междунар. науч. конф. (пос. Дивноморское, 4–11 сентября 2017 г.) Том I; Донской гос. техн. ун-т. Ростов-на-Дону: ООО «ДГТУ-Принт», 2017. С. 253–260.

© Шаймарданова Е.Р., Соколова А.А., 2024

Р.Г. ШАКИРОВ

r.shakirov.g@gmail.com

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

Уфимский университет науки и технологий

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ И ВИЗУАЛИЗАЦИИ ОПИСАТЕЛЬНОЙ СТАТИСТИКИ ГЕОПРОСТРАНСТВЕННОЙ ИНФОРМАЦИИ

Аннотация: в статье рассмотрен подход к проектированию и реализации программного обеспечения для формирования и визуализации описательной статистики геопространственной информации. Предложена модульная архитектура веб-приложения, сочетающая паттерны MVC и REST API, а также приведены примеры использования разработанного программного обеспечения для анализа пространственно-временной динамики геофизических процессов.

Ключевые слова: geospatial information, descriptive statistics, data visualization, web application, REST API

Введение

Геопространственная информация играет важную роль в различных областях деятельности, включая транспорт, энергетику, связь и навигацию. При этом объемы геопространственных данных непрерывно растут, что требует развития инструментов для их эффективной обработки, анализа и визуализации [1]. Одним из ключевых методов анализа геоданных является описательная статистика, позволяющая выявить основные закономерности и аномалии в пространственно-временном распределении исследуемых показателей.

Существующие геоинформационные системы и веб-сервисы часто предоставляют ограниченные возможности для формирования и визуализации описательной статистики, особенно при работе с разнородными источниками данных [2]. В связи с этим актуальной является задача разработки специализированного программного обеспечения, обеспечивающего сбор, интеграцию и статистический анализ геопространственной информации из различных источников.

В качестве основы для реализации такого программного обеспечения предлагается использовать веб-технологии, обеспечивающие кросс-платформенность, масштабируемость и простоту развертывания решения [3]. Архитектура разрабатываемого веб-приложения базируется на сочетании паттернов MVC (Model-View-Controller) и REST API. MVC-

подход позволяет разделить логику приложения на три компонента: модель данных, представление и контроллер. REST API, в свою очередь, обеспечивает унифицированный программный интерфейс для взаимодействия клиентской и серверной частей приложения.

Обзор подходов к формированию и визуализации геопространственной статистики

Задачу формирования и визуализации описательной статистики геопространственной информации можно формализовать следующим образом. Пусть имеется множество источников геоданных $D = \{d_1, d_2, \dots, d_n\}$. Каждый источник $d_i \in D$ предоставляет набор геопространственных объектов $F_i = \{f_{i1}, f_{i2}, \dots, f_{in}\}$. Объект f_{in} характеризуется множеством атрибутов $A_{in} = \{a_{in1}, a_{in2}, \dots, a_{inn}\}$, где $a_{inn} \in V_n$ - значение атрибута из некоторого домена V_n .

Требуется построить отображение $T: D \rightarrow S$, где S - множество статистических характеристик, вычисленных на основе атрибутов объектов из D . Наиболее распространенными элементами S являются:

- меры центральной тенденции (среднее, медиана, мода)
- меры разброса (размах, дисперсия, стандартное отклонение, квантили)
- меры формы распределения (коэффициенты асимметрии и эксцесса)
- ранговые статистики (минимум, максимум, порядковые статистики)

Далее требуется выполнить визуализацию множества S на картографической основе, т. е. построить отображение $V: S \rightarrow M$, где M - графическое многообразие, соответствующее используемой системе координат и картографической проекции.

В зависимости от типа и структуры элементов D , а также требований к функциям T и V можно выделить несколько классов подходов к решению поставленной задачи:

1. Подходы, основанные на геостатистике и методах пространственной интерполяции (кригинг, сплайны, обратные взвешенные расстояния) - применимы при наличии нерегулярно распределенных в пространстве точечных данных и необходимости получения непрерывных статистических поверхностей [4].

2. Подходы на основе пространственной кластеризации и агрегации данных в границах некоторых территориальных единиц - используются при работе с площадными объектами или при необходимости генерализации точечных данных.

3. Подходы на основе многомерной визуализации данных (построение параллельных координат, лепестковых диаграмм, карт Кохонена) - применяются при анализе взаимосвязей между несколькими атрибутами в условиях неоднородности исходных данных [5].

4. Подходы на базе веб-технологий и геопространственных стандартов (WMS/WFS-сервисы, тайловые карты, векторные тайлы) - используются для публикации и интерактивной визуализации статистики в веб-среде.

В данной работе предлагается комбинированный подход, сочетающий динамическую агрегацию разнородных геоданных из распределенных источников, расчет описательной статистики на сервере приложений и визуализацию результатов средствами веб-картографии и современных фреймворков.

Архитектура веб-приложения

Для реализации программного обеспечения по формированию и визуализации описательной статистики геопространственной информации планируется использовать язык программирования Python и веб-фреймворк Django. Архитектура разрабатываемого веб-приложения будет базироваться на сочетании паттернов проектирования MVC (Model-View-Controller) и REST API.

Серверная часть приложения будет отвечать за взаимодействие с источниками геопространственных данных через соответствующие программные интерфейсы и протоколы, такие как FTP, HTTP, WMS/WFS. Полученные данные будут проходить этапы нормализации, приведения к единому формату (например, GeoJSON) и сохранения в базе данных для последующей обработки.

Статистический анализ геоданных планируется выполнять с помощью специализированных программных модулей, реализующих алгоритмы расчета различных описательных характеристик: среднего, медианы, квантилей, дисперсии, корреляции и др. Результаты анализа будут передаваться на клиентскую сторону приложения через REST API.

Клиентская часть приложения будет реализована на языке JavaScript с использованием одного из популярных фреймворков, таких как React, Angular или Vue.js. Для визуализации геопространственной статистики планируется применять библиотеки Folium, Leaflet, Mapbox GL JS или OpenLayers. Пользовательский интерфейс обеспечит интерактивное взаимодействие с картографическими материалами, графиками и диаграммами.

Предложенная архитектура веб-приложения на основе паттернов MVC и REST API позволит обеспечить модульность, расширяемость и гибкость разрабатываемого программного обеспечения. Использование современного стека веб-технологий, таких как Python, Django, JavaScript и специализированные библиотеки для работы с геоданными, упростит процесс разработки, тестирования и развертывания системы.

На этапе проектирования будут детально проработаны вопросы организации хранения и доступа к геопространственным данным, спецификации форматов обмена данными между компонентами системы,

определения интерфейсов и протоколов взаимодействия модулей. Особое внимание будет уделено вопросам обеспечения масштабируемости и производительности системы при обработке и визуализации больших объемов геопространственной информации.

Дальнейшие исследования будут направлены на реализацию и тестирование отдельных компонентов веб-приложения, проведение экспериментов по анализу и визуализации реальных геопространственных данных, оценку эффективности и применимости выбранных алгоритмов и технологий.

Заключение

В данной статье предложен подход к проектированию программного обеспечения для формирования и визуализации описательной статистики геопространственной информации. Рассмотрены основные требования и формализована постановка задачи с использованием математического аппарата теории множеств. Приведен обзор существующих подходов к решению поставленной задачи, включая методы геостатистики, пространственной кластеризации, многомерной визуализации данных и веб-технологии.

Предложена архитектура веб-приложения, базирующаяся на использовании современного стека технологий, таких как Python, Django, JavaScript и специализированные библиотеки для работы с геоданными. Серверная часть приложения реализует функции взаимодействия с источниками данных, выполнения статистического анализа и предоставления результатов через REST API. Клиентская часть отвечает за визуализацию статистики на картографической основе с помощью интерактивных инструментов.

Дальнейшие исследования будут сфокусированы на детальной проработке архитектуры веб-приложения, реализации его отдельных компонентов и проведении экспериментов по анализу реальных геопространственных данных. Планируется апробация разрабатываемого программного обеспечения для решения задач мониторинга и прогнозирования геофизических процессов, оценки рисков негативного влияния космической погоды на объекты транспортной инфраструктуры.

Предложенный подход и реализующее его программное обеспечение могут найти применение в различных областях, связанных со сбором, обработкой и анализом геопространственной информации, таких как транспорт, энергетика, градостроительство, экология и др. Использование современных веб-технологий и открытых стандартов позволит обеспечить кросс-платформенность, масштабируемость и доступность системы для широкого круга пользователей.

Библиографический список

1. Breunig M. et al. Geospatial data management research: Progress and future directions //ISPRS International Journal of Geo-Information. 2020. Т. 9. №. 2. С. 95.
2. Воробьев А.В., Пилипенко В.А., Еникеев Т.А. и др. Геоинформационная система для анализа динамики экстремальных геомагнитных возмущений по данным наблюдений наземных станций // Компьютерная оптика. 2020. Т. 44, вып. 5. С. 782–790.
3. Воробьев А.В., Соловьев А.А. Подход к динамической визуализации разнородных геопространственных векторных изображений // Компьютерная оптика. 2024. Т. 48, № 1. С. 123–138.
4. Yamamoto J. K. Geospatial Modelling. Applied Geostatistics. CRC Press, 2022.
5. Andrienko G. et al. Visual analytics tools for analysis of movement data // ACM SIGKDD Explorations Newsletter. 2007. Т. 9. №. 2. С. 38–46.
6. Vorobev A.V., Soloviev A.A., Pilipenko V.A., Vorobeva G.R. Interactive computer model for aurora forecast and analysis. Solar-Terrestrial Physics. 2022. Vol. 8. Iss. 2. P. 84–90. DOI: 10.12737/stp-82202213.
7. Vorobev A.V., Pilipenko V.A., Krasnoperov R.I., Vorobeva G.R., Lorentzen D.A. (2020), Short-term forecast of the auroral oval position on the basis of the "virtual globe" technology, Russ. J. Earth Sci., 20, ES6001, doi:10.2205/2020ES000721.
8. Vorobev A., Soloviev A., Pilipenko V., Vorobeva G., Sakharov Y. An Approach to Diagnostics of Geomagnetically Induced Currents Based on Ground Magnetometers Data. Appl. Sci. 2022, 12, 1522. <https://doi.org/10.3390/app12031522>.
9. Vorobev A.V., Vorobeva G.R., Khristodulo O.I. An information system for spatial visualization of prognostic and retrospective data on the probability of observing auroras. Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics, 2021, vol. 21, no. 2, pp. 225–233 (in Russian). DOI: 10.17586/2226-1494-2021-21-2-225-233.
10. Vorobev A.V., Vorobeva G.R. Approach to Assessment of the Relative Informational Efficiency of Intermagnet Magnetic Observatories. Geomagn. Aeron. 58, 625–628 (2018). <https://doi.org/10.1134/S0016793218050158>.

© Шакиров Р.Г., 2024

Ю.Р. ЮСУПОВА, З.И. ЮСУПОВА

jusupova.julia19@gmail.com, yusupovazemfira@mail.ru

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

Уфимский университет науки и технологий

РАСПОЗНАВАНИЕ ЛИЦ С ПОМОЩЬЮ СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Аннотация: в статье описывается технология распознавания лиц на основе обработки изображений с помощью сверточных нейронных сетей. Рассматриваются архитектуры двух популярных нейронных сетей: МТСNN и FaceNet. Кроме того, обсуждаются факторы, влияющие на точность системы, а также ее преимущества.

Ключевые слова: нейронные сети, распознавание лиц, МТСNN, FaceNet.

Введение

Система распознавания лиц представляет собой технологию, которая с помощью алгоритма обрабатывает лицо человека с видео или изображения и сопоставляет с базой данных, в которой хранятся лица, с целью идентификации личности. Так как данная система не требует физического контакта – она становится все более популярной.

Изображения обрабатываются сверточной нейронной сетью. Сеть преобразует каждое лицо в числовой код, представляющий его вектор. Чем меньше расстояние между двумя векторами, тем выше вероятность, что лица совпадают.

Системе поступает изображение лица, алгоритмы начинают поиск глаз, рта, носа, и лицо отделяется от фона. Полученное лицо нормализуется. Далее производится анализ его черт: система определяет ключевые ориентиры на лице, такие как углы глаз, края губ, линии челюсти, называемые узловыми точками, могут оцениваться более 80 таких точек. Технология анализирует расстояния и соотношения между ними, преобразуя собранную информации в математическую формулу, в результате получая числовой код – подпись лица. После выполняется сравнение с базой данных, и в конце, используя сложный массив алгоритмов, система решает, идентифицировано ли лицо. С каждым обрабатываемым лицом, система обучается, увеличивая свою точность, обеспечивая лучшее распознавание.

Нейронные сети

Рассмотрим наиболее распространенные нейронные сети для распознавания лиц: MTCNN, FaceNet.

MTCNN (Multi Task Convolutional Neural Network) использует три многозадачные каскадные сверточные сети: P-Net, R-Net и O-net. Разберем действие каждой сети по отдельности.

Первая подсеть P-Net (Proposal Network): позволяет прогнозировать, является ли область изображения лицом. То есть из общей картины выделяется только та часть, где находится лицо человека, а остальное “отбрасывается”. На выходе получается изображение с ограничивающими прямоугольниками и их координатами.

Вторая подсеть R-Net (Refine Network): выполняет противоположную работу, а именно из полученного изображения от первой подсети отсекает те участки, в которых точно нет лиц.

Третья подсеть O-Net (Output Network): добавляет уровень достоверности полученным областям и предсказывает пять ключевых точек лица, а именно глаза, нос, уголки рта.

Данные подсети используются в совокупности, для того чтобы повысить эффективность распознавания лиц из общего изображения и увеличить скорость обработки. Без первых двух сетей O-Net производила бы огромное количество работ, и для всей их обработки необходимо было бы много времени. Поэтому для оптимизации процесса сначала фильтруются области с лицами, и только затем вычисляются точные координаты пяти опорных точек лица.

FaceNet состоит из двух подсетей, причем они абсолютно одинаковые. По этой причине сеть назвали сямской. Во время ее обучения извлекаются черты лица и преобразуются в евклидово пространство, где расстояния между точками вектора прямо пропорционально степени сходства лиц.

Сети подается изображение с лицом, далее она сравнивает его с другими изображениями из базы данных. Если на них изображены одинаковые люди, то коэффициенты меняются так, чтобы уменьшить евклидово расстояние, в ином случае, чтобы его увеличить. Когда расстояние станет меньше заданного порогового значения, сеть проинформирует о совпадении лиц.

В связи со стремительным ростом применения технологии распознавания лиц, создаются и различные методы, с помощью которых можно обойти данные технологии. Например, использование физических средств: маски, солнцезащитные очки или очки со светодиодами. Также уровень освещенности, разные погодные условия, направление и размещение камер влияют на точность распознавания лиц.

Преимущества

Рассмотрим преимущества систем распознавания лиц.

1. **Безопасность:**
 - Ограничение доступа к защищенным зонам: школы, университеты, государственные учреждения, аэропорты;
 - Управление доступом: разблокировка автомобилей, разблокировка смартфонов, компьютеров, аутентификация в банках, доступ к медицинским данным;
 - Правоохранительная деятельность: идентификация подозреваемых преступников, поиск пропавших людей;
 - Предотвращение мошенничества с кредитными картами: идентификация владельца карты при оплате, подтверждение личности при открытии банковского счета, получении кредита.
2. **Удобство:**
 - Разблокировка смартфонов и компьютеров: вход в систему без ввода пароля;
 - Вход в онлайн-сервисы: доступ к банковским счетам, почтовым ящикам, социальным сетям;
 - Оплата покупок: бесконтактные платежи.
3. **Эффективность**
 - Повышенная точность: современные системы распознавания лиц обладают высокой точностью и снижают вероятность ошибок при идентификации;
 - Скорость: системы распознавания лиц работают в реальном времени, что позволяет быстро обработать информацию;
 - Автоматизация процессов: автоматизация контроля доступа и идентификации снижает затраты на персонал и повышает производительность.

Применение технологий распознавания лиц сопряжено с рядом рисков: нарушение приватности, потенциальное злоупотребление данными, этические проблемы, связанные со сбором биометрических данных и их использованием без согласия. Необходимо применять эту технологию осознанно, учитывая все эти факторы для минимизации негативных последствий и обеспечения соблюдения прав человека.

Библиографический список

1. Барский А.Б. Нейронные сети: распознавание, управление, принятие решений. М., 2004. С. 30–59.
2. Брилюк Д.В., Старовойтов В.В. Распознавание человека по изображению лица нейросетевыми методами. Минск, 2002. С. 7–19.
3. Ворожейкин М.Р. Общие сведения о системе распознавания лиц / М.Р. Ворожейкин, С.В. Чернова // Актуальные вопросы науки. 2019. № 47. С. 35–37.
4. Гелагаев Т.М., Марьенков А.Н., Кузнецова В.Ю. Применение технологий распознавания лиц в системах контроля и управления доступом. 2020. С. 3–5.

© Юсупова Ю.Р., Юсупова З.И., 2024

СЕКЦИЯ 5.3 АНАЛИЗ ДАННЫХ, ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ

УДК 004.853

Б.А. АЮПОВ

ayupovbulat2002@gmail.com

Науч. руковод. – д-р техн. наук проф. **О.Н. СМЕТАНИНА**

Уфимский университет науки и технологий

К ВОПРОСУ ОБРАБОТКИ МУЗЫКАЛЬНЫХ КОМПОЗИЦИЙ НЕЙРОСЕТЯМИ

Аннотация: в статье рассматриваются современные подходы к обработке музыкальных композиций с использованием нейронных сетей, включая разделение звуковых источников и улучшение качества аудиозаписей и пр. Подчеркивается важность временно-частотного представления сигналов и извлечения признаков, таких как спектральные и тональные характеристики, для эффективного обучения моделей. Особое внимание уделено применению сверточных нейронных сетей, устойчивости к шумам и реальным условиям записей, а также обучающим данным. Описаны перспективы применения технологий в режиме реального времени для аудиоанализа, трансформации речи и улучшения звука.

Ключевые слова: музыка, музыкальные композиции, треки, нейросети, нейронные сети, искусственный интеллект, мастеринг, сведение, семплирование, транскрибация аудио, преобразование текста в речь, преобразование речи в текст.

Введение

Обработка музыкальных композиций, треков с помощью нейронных сетей представляет собой комплексную задачу, требующую понимания, как структурных особенностей звуковых сигналов, так и принципов работы современных методов машинного обучения. Одной из ключевых проблем в этой области является разделение источников звука, в частности выделение вокала, инструментов и шумов из смешанных аудиозаписей [1]. Актуальность данной темы исследования обуславливается высокой степенью коммерциализации рынка музыкальных услуг: благодаря выделению источников звуков возможно производить ремастеринг старых и некачественных музыкальных композиций, аудиозаписей и озвучание фильмов, хроник [2] (устранение шумов, улучшение качества звука, придание пространственного звучания), семплирование, обучение исполнению составных частей композиции и пр.

Результаты исследования и их обсуждение

Сложность разделения источников звука заключается в восстановлении отдельных сигналов из их смешанных версий. Традиционные методы, такие как слепое разделение сигналов с помощью анализа независимых компонент (ICA) и факторизация неотрицательных матриц, имеют ограничения в применимости из-за сложности и разнообразия музыкальных сигналов [3].

Сверточные нейронные сети (CNN) показали высокую эффективность в обработке изображений и могут быть адаптированы для аудиообработки. Одной из ключевых особенностей является адекватное представление аудиоданных в форме, пригодной для эффективного обучения нейронных сетей. Прямое использование звуковых сигналов в виде одномерных временных последовательностей не всегда позволяет моделям улавливать необходимые зависимости и структурные особенности звука. Поэтому широко применяется преобразование сигналов во временно-частотное представление с помощью методов спектрального анализа, таких как, например, кратковременное преобразование Фурье (STFT). Полученные спектрограммы предоставляют двумерное изображение, где одна ось соответствует времени, а другая – частоте, а также имеют третье измерение в виде яркости цвета, иллюстрирующего изменение частотной интенсивности [4–5].

Важным аспектом является учет временного контекста при обработке звуковых сигналов. Музыкальные и речевые аудиосигналы характеризуются тем, что звуковые события имеют протяженность во времени и зависимость от предшествующих и последующих событий. Поэтому для успешного распознавания и классификации необходимо учитывать эти временные зависимости, что достигается путем подачи на вход модели последовательностей спектрограмм, охватывающих определенный временной интервал (timeframe). Такой подход позволяет модели улавливать динамику изменения звуковых характеристик и улучшает точность распознавания [6].

Извлечение признаков (feature extraction) из аудиосигналов является еще одной особенностью применения нейронных сетей в аудиообработке. Несмотря на то, что, например, при глубоком обучении нейронные сети способны самостоятельно обучаться важным признакам, предварительное выделение информативных признаков может значительно повысить эффективность обучения и качество модели. Использование как спектральных, так и тональных признаков, включая коэффициенты мел-частотной кепстральной обработки (MFCC), хроматические признаки, спектральную энтропию и другие, помогают моделям лучше различать особенности звучания различных инструментов и голосов [7].

Необходимость в большом объеме качественных обучающих данных представляет собой значительную проблему. Обучение нейросетевых

моделей для задач аудиообработки требует наличия размеченных наборов данных, содержащих пары смешанных аудиосигналов и соответствующих отдельных компонентов, таких как вокал или инструменты. Сбор и разметка таких данных связаны с трудностями, обусловленными разнообразием музыкальных стилей, инструментов и качеством записей. Также при самостоятельном производстве обучающего датасета стоит вопрос чрезмерной траты времени, в случае поиска материалов для обучения сложностью является отбраковка большого количества материалов или трата времени на их правку, поскольку аудиодорожки должны быть идеально выровненными и нормализованными. Для преодоления этой проблемы используются методы искусственного увеличения данных (data augmentation), такие как изменение высоты тона, добавление шума или реверберации, а также синтезированные данные и техники переноса обучения (transfer learning) с использованием предварительно обученных моделей на больших наборах данных [8].

Одной из важных особенностей определения вокала и различных инструментов является учет их специфических акустических характеристик. Вокал, например, характеризуется фундаментальной частотой, определяемой частотой вибрации голосовых связок. Над фундаментальной частотой располагается ряд гармоник, следующих определенной форме или шаблону, эти гармоники появляются на частотах, кратных фундаментальной частоте, и формируют уникальный тембр голоса. Невокализованная часть речи, включающая некоторые согласные звуки, а также дыхание, проявляется в виде коротких всплесков в высокочастотной области спектра. Учет этих особенностей позволяет моделям более точно выделять вокал из смешанных сигналов. Аналогично, различные музыкальные инструменты обладают уникальными спектральными и временными характеристиками. Струнные инструменты, например, имеют выраженные гармонические структуры, тогда как ударные инструменты характеризуются широкополосными спектрами с быстрыми атаками и затуханиями. Сверточные нейронные сети способны улавливать эти тонкие различия, что способствует более эффективному разделению и классификации инструментов в аудиозаписях [4-5].

Кроме того, специфические проблемы возникают при работе с реальными, «живыми», а не студийными аудиозаписями, которые могут содержать шум, реверберацию, наложение звуков и другие искажения. Нейросетевые модели должны быть устойчивыми к таким эффектам и сохранять высокую точность распознавания в условиях низкого качества записей или присутствия посторонних звуков. Это требует включения в обучающие наборы данных различных вариантов зашумленных и искаженных сигналов, а также разработки специальных архитектур моделей, способных эффективно обрабатывать такие данные [7].

Применение разработанных моделей в режиме реального времени представляет особый интерес. Разработка модели машинного обучения – это лишь часть задачи, так как необходимо продумать архитектуру программного обеспечения, обеспечивающую быструю и эффективную работу системы. Перспективным является многопоточный режим, при котором данные принимаются и обрабатываются параллельно, позволяя восстанавливать вокал и воспроизводить звук небольшими сегментами. Такой подход приближает систему к потоковой обработке и практически к работе в реальном времени, что особенно важно для приложений, обрабатывающих музыку или речь «на лету» с минимальной задержкой [3].

Технологии обработки аудиосигналов, в т. ч. в реальном времени с помощью нейросетей находят широкое применение в различных областях. При помощи выделения частей трека становится возможным, например, в сфере коммуникаций – удаление шумов и повышение качества голоса в реальном времени, что важно для стриминга, сотовой связи и видеоконференций. Нейросетевые модели позволяют улучшать разборчивость речи и комфорт прослушивания даже в условиях значительных помех. В области распознавания и синтеза речи технологии машинного обучения применяются для транскрибации аудио в текст и преобразования текста в аудио, что активно используется в голосовых помощниках и системах диктовки. Кроме того, технологии замены голоса и имитации вокала позволяют изменять голос говорящего или имитировать стиль определенного исполнителя, что находит применение в индустрии развлечений и создании персонализированных голосовых интерфейсов [8].

Заключение

Таким образом, успешное применение нейронных сетей в аудиообработке требует комплексного подхода, учитывающего особенности звуковых сигналов, выбор оптимальных методов представления и извлечения признаков, решение задач с обучающими данными и оптимизацию вычислительных процессов. Возможность работы в режиме реального времени и учет специфических характеристик различных источников звука расширяют области применения технологии и делают ее актуальной для широкого спектра практических задач. Дальнейшее развитие в этой области открывает широкие перспективы для улучшения качества аудиоанализа, создания более точных и быстрых систем распознавания и классификации звуков, а также развития новых технологий в области музыкальной индустрии и аудиотехнологий в целом.

Библиографический список

1. Погребняк С.А., Попов С.В. Автоматическая классификация звуковых спектров, основанная на разделении разных жанров

музыкальных дорожек // Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. –2018. № 1. С. 251–257. EDN YYVMKL. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=YYVMKL> (дата обращения: 20.11.2024).

2. Беляков И.Н. Распознавание звучания отдельных инструментов в музыкальных композициях // Путь в науку: прикладная математика, информатика и информационные технологии: тезисы докладов Всероссийской молодежной научно-практической конференции, Ярославль, 18–22 апреля 2022 г. Ярославль: Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова, 2022. С. 82–85. EDN CHASTM. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=CHASTM> (дата обращения: 20.11.2024).

3. Станкевич Ф.В., Спицын В.Г. Нейросетевое распознавание музыкальных инструментов с использованием мел частотных кепстральных коэффициентов // Фундаментальные исследования. 2014. № 12-1. С. 51–56. EDN TCGJLR. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=TCGJLR> (дата обращения: 20.11.2024).

4. Патент US9842609B2: [Электронный ресурс] // Google Patents. URL: <https://patents.google.com/patent/US9842609B2/en> (дата обращения: 20.11.2024).

5. Патент US10014002B2: [Электронный ресурс] // Google Patents. URL: <https://patents.google.com/patent/US10014002B2/en> (дата обращения: 20.11.2024).

6. Рачарла К. [и др.]. Классификация преобладающих музыкальных инструментов на основе спектральных признаков // 7-я Международная конференция по обработке сигналов и интегрированным сетям (SPIN). 2020. С. 617–622. URL: <https://doi.org/10.1109/SPIN48934.2020.9071154> (дата обращения: 20.11.2024).

7. Тогиани-Ризи Б., Виндмарк М. Распознавание музыкальных инструментов с использованием их характерных признаков в искусственных нейронных сетях. 2017. arXiv:1705.04971v1 [cs.SD]. URL: <https://arxiv.org/abs/1705.04971> (дата обращения: 20.11.2024).

8. Соколова М., Лапалм Ж. Систематический анализ показателей эффективности для задач классификации // Информационная обработка и управление. 2009. Т. 45, № 4. С. 427–437. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ipm.2009.03.002> (дата обращения: 20.11.2024).

© Аюпов Б.А., 2024

А.О. АХМЕТШИНА, Д.О. АХМЕТШИН

jk455696@gmail.com

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. **О.С. НУРГАЯНОВА**

Уфимский университет науки и технологий

РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ БАЗЫ ДАННЫХ ПО ЖАРОПРОЧНЫМ НИКЕЛЕВЫМ СПЛАВАМ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ДАТАСЕТОВ

Аннотация: в статье рассматривается проблема консолидации патентной информации по жаропрочным никелевым сплавам в виде структурированной базы данных, позволяющей формировать датасеты для решения задач машинного обучения типа «состав-свойство». Процесс разработки новых материалов является чрезвычайно долгим и трудоемким, зачастую основывается на знаниях эксперта-исследователя, строгих физико-химических закономерностях, методах классической статистики и теории планирования эксперимента. Современные жаропрочные никелевые сплавы в своем составе могут содержать порядка 12–18 химических элементов, одни из которых являются легирующими, а другие могут являться вредными примесями. С другой стороны, широкий спектр применения таких сплавов формирует определенные конструкторско-технологические требования к ним, что является немаловажным фактором при формировании обучающего подмножества в случае использования методов машинного обучения.

Ключевые слова: жаропрочные никелевые сплавы, методы машинного обучения, формирование датасетов, консолидация и структурирование патентных данных, разработка базы данных.

Введение

На данный момент уже разработаны, протестированы и введены в эксплуатацию несколько сотен различных никелевых жаропрочных сплавов. По данным всероссийского научно – исследовательского института авиационных материалов на 2020 год наиболее популярными в структуре потребления являются следующие марки сплавов: ЖС6У, ЖС32, ЧС70У, ВЖЛ12У, ЖС6К, ХН35ВТЮ (ЭИ787), ХН78Т (ЭИ435), ХН73МБТЮ (ЭИ698), ВЖЛ14Н, ХН62ВМЮТ (ЭП708). Общий объем эксплуатируемых сплавов составляет 459 тонн.

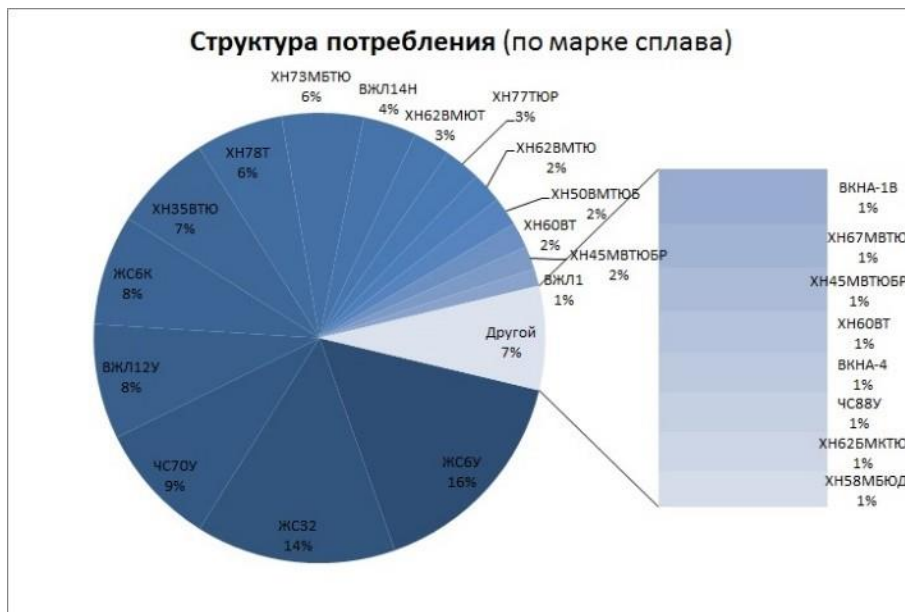


Рис. 1. Структура потребления (по марке сплава)

Основными потребителями данной продукции являются ведущие российские предприятия - производители авиационных двигателей и газовых турбин: ПАО «ОДК-УМПО», АО «ОДК-ПМ», ПАО «ОДК-САТУРН», АО «ММП ИМЕНИ В.В. ЧЕРНЫШЕВА», АО «ОДК-АВИАДВИГАТЕЛЬ», а также ведущие предприятия Росатома и Роскосмоса ФГУП «ПСЗ», ФГУП «ПО "МАЯК"», ПАО «ПРОТОН-ПМ», АО «НПО ЭНЕРГОМАШ» [1].



Рис. 2. Структура потребления (по заказчику)

Разработка новых составов сплавов по –прежнему не прекращается, с целью уменьшения массы конечного продукта, а вследствие снижения его стоимости путем усовершенствования таких основных показателей как [2][3]:

- увеличение жаропрочности;
- увеличение термостабильности;
- сокращение плотности.

Учитывая следующие аспекты:

1. Разнообразие процентного содержания химических элементов в составах сплавов
2. Наличие различных физических и механических свойств у сплавов
3. Корреляция между химическим составом и физическими/механическими свойствами сплавов

Возникает необходимость в правильной структуризации/нормализации исходных данных для последующего использования в прогнозировании новых составов сплавов и их характеристик.

Постановка задачи

Структурирование информации о составах жаропрочных сплавов на основе никеля и их свойствах для создания базы данных (в последующем БД) может затрудняться по следующим ключевым причинам:

1. Сложность структуры

В составе сплава может содержаться множество химических элементов, концентрации которых варьируются в определенных диапазонах, что приводит к увеличению количества полей в конечной таблице БД.

Также необходимо упомянуть о сложности структуры данных свойств сплавов. Для одного свойства сплава значения могут быть заданы:

- в явном виде (число);
- в виде диапазона значений;
- в виде множества диапазонов значений, соответствующих количеству проведенных экспериментов при различных температурах

2. Многообразие свойств

Помимо состава, необходимо учитывать и другие параметры, такие как механические, термические и химические свойства, устойчивость к коррозии, прочность при высоких температурах и т. д. Это усложняет структуру базы данных, так как такие параметры могут быть связаны с составом не напрямую.

3. Разнообразие сплавов

Жаропрочные никелевые сплавы могут сильно различаться составом и свойствами в зависимости от их области применения (например, в газотурбинных двигателях, химической промышленности, нефтебуровых газотурбинных стационарных установках и т. д.), что требует создания гибкой и масштабируемой структуры БД для учета всех этих различий.

4. Источники данных

Для наполнения БД потребуется сбор информации из различных источников (научные статьи, производственные данные, патенты), где сами данные и структура их хранения может различаться. Потребуется дополнительная нормализация данных и учет различий структур.

5. Взаимосвязи свойств

Различные свойства сплавов могут зависеть от концентрации нескольких химических элементов одновременно. Это требует тщательной продуманной модели данных для адекватного описания таких взаимосвязей.

6. Обновляемость данных

Металлургическая наука развивается, и постоянно появляются новые данные о составах и свойствах сплавов. Поэтому важно предусмотреть возможность обновления и расширения БД без потери целостности и совместимости с ранее введенными данными.

7. Оптимизация для быстрого поиска информации

Поскольку предполагается большое количество элементов и свойств сплавов, что приводит к увеличению размерности БД, необходимо продумать индексацию и способы оптимизации запросов для быстрого поиска нужных данных.

Для эффективного структурирования такой информации можно рассмотреть создание отдельных таблиц для каждого набора данных (например: составы, методы производства, термические, оптические, механические, физические, электрические, описательные свойства) и использование связей между ними для оптимизации поиска и анализа [4].

Формальная постановка задачи

Формальная постановка задачи заключается в структуризации патентных данных для последующего их использования в интеллектуальном анализе взаимосвязей состав – свойство.

- На вход главного блока поступают неструктурированные патентные данные.

- В качестве выхода будут выступать структурированные патентные данные.

- В роли управления будут применены стандарты проектирования БД и документация к используемой библиотеке.

- Механизмом будут являться непосредственно сам разработчик и ПО на котором будет развернута БД.

- Платформы, управляемые ИИ, также помогают обеспечивать разнообразие, уменьшая влияние подсознательных предубеждений в процессе принятия решений. Эти системы способны оценивать более широкий круг кандидатов, выявляя таланты, которые могли бы остаться незамеченными при традиционном подходе.

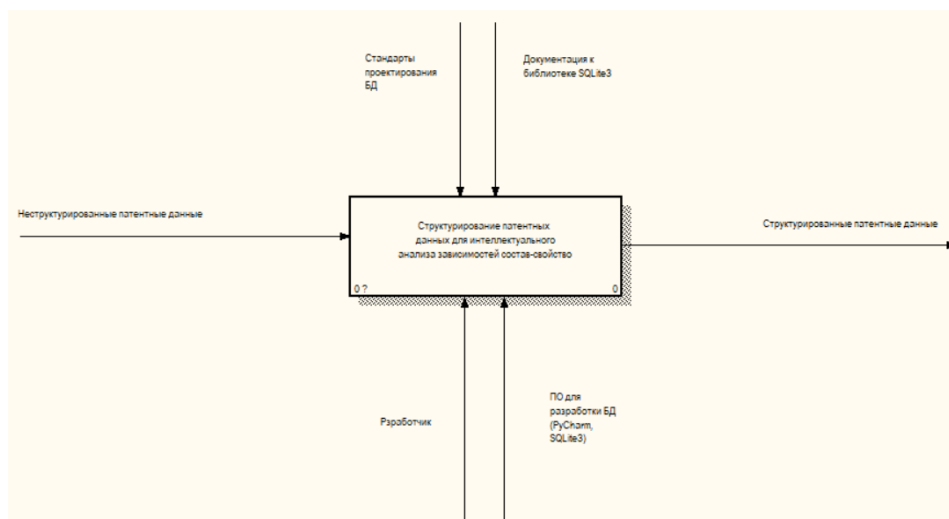


Рис. 3. Уровень формальной постановки задачи

На втором уровне основная задача декомпозирована на главные этапы, которые необходимы для ее реализации, а именно это:

1. Парсинг данных.
2. Анализ данных/проектирование структуры БД.
3. Реализация БД и ее наполнение.

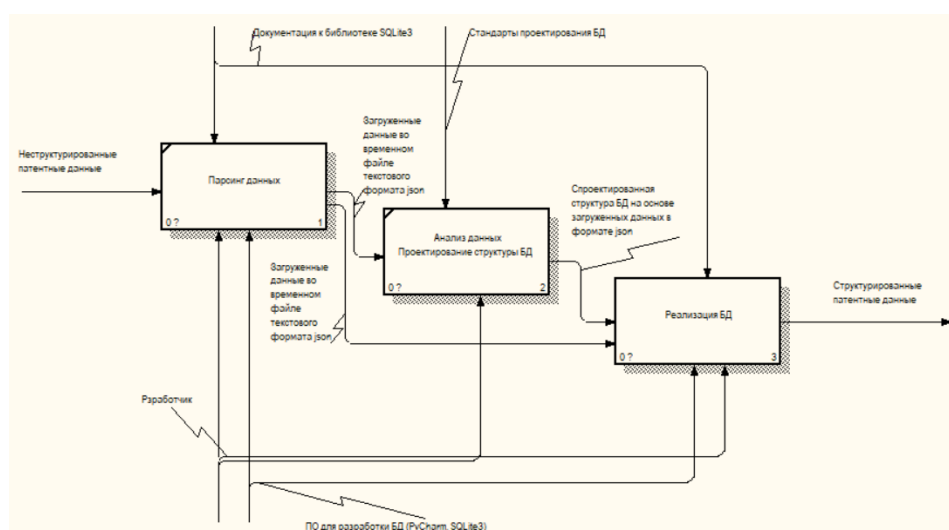


Рис. 4. Уровень формальной постановки задачи

На третьем уровне блок «Реализация БД» декомпозирован на более мелкие задачи, с целью облегчения процесса разработки. Третий уровень включает в себя следующие этапы:

1. Создание БД.
2. Создание таблиц.
3. Заполнение таблиц данными.

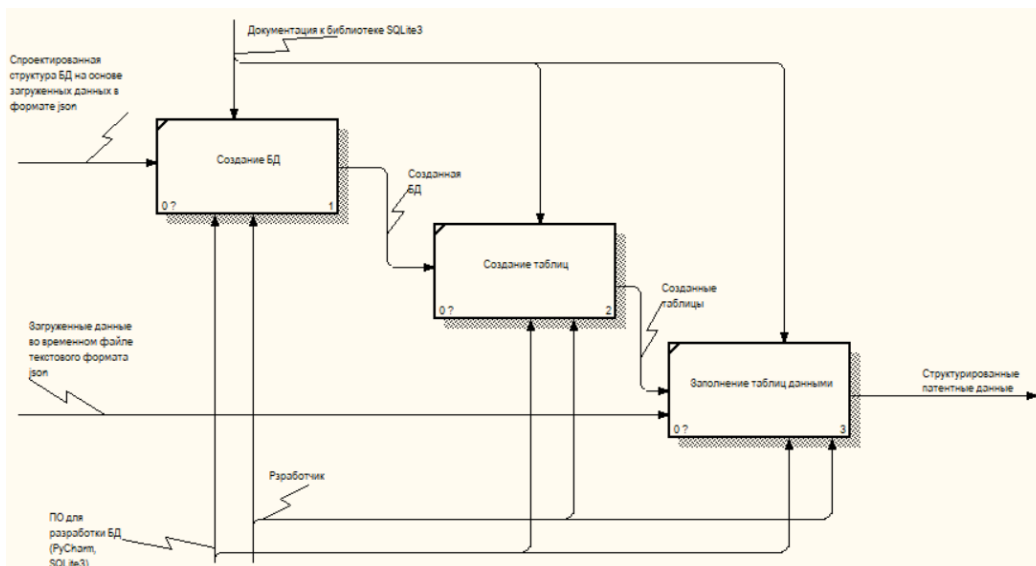


Рис. 5. Уровень формальной постановки задачи

Обзор и выбор инструментов

В качестве альтернатив ПО для реализации БД были рассмотрены следующие кандидаты, их преимущества и недостатки:

1. SQLite

Преимущества:

- Легкость и простота использования: не требует установки отдельного сервера, так как является встроенной базой данных.
- Поддержка Python: Встроенный модуль `sqlite3` позволяет легко интегрировать SQLite в ваши Python-приложения.
- Хорошая производительность для небольших и средних объемов данных: Ваш объем данных (1250 элементов) легко обрабатывается SQLite.
- Файл на диске: Вся база данных хранится в одном файле, что упрощает перенос и резервное копирование.

Недостатки:

- Ограниченная масштабируемость: хотя для вашего объема данных это не проблема, SQLite может быть менее эффективен при значительном увеличении объема данных или количества одновременных подключений.

2. PostgreSQL

Преимущества:

- Мощные возможности: поддерживает сложные запросы, транзакции, индексацию и множество расширений.
- Надежность и безопасность: хорошо подходит для более серьезных проектов.
- Сообщество и поддержка: широко используемая база данных с обширной документацией.

Недостатки:

- Требуется установки и настройки сервера: может быть избыточным для небольших проектов.

- Сложнее в управлении по сравнению с SQLite.

3. MySQL/MariaDB

Преимущества:

- Популярность и поддержка: Широко используется в различных проектах.

- Хорошая производительность: Эффективна для большинства задач.

- Инструменты управления: Множество доступных инструментов для администрирования.

Недостатки:

- Требуется установки и настройки сервера: Как и PostgreSQL, может быть избыточным для небольших проектов.

- Некоторые ограничения в функциональности по сравнению с PostgreSQL.

4. NoSQL варианты (например, MongoDB)

Преимущества:

- Гибкость схемы: подходит для данных, которые не требуют жесткой структуры.

- Масштабируемость: хорошо подходит для распределенных систем.

Недостатки:

- Избыточность для реляционных данных: если ваши данные хорошо структурированы и соответствуют реляционной модели, использование NoSQL может быть нецелесообразным.

- Требуется установки и настройки сервера.

Рекомендации

SQLite кажется наилучшим выбором для вашей задачи по следующим причинам:

Простота: не требует настройки сервера, легко интегрируется с Python через модуль sqlite3.

Достаточная мощность: Ваш объем данных и количество таблиц легко обрабатываются SQLite.

Удобство: все хранится в одном файле, что упрощает управление и перенос базы данных.

В качестве ПО для реализации БД решено было использовать SQLite. Этот выбор обладает множеством достоинств для нашего проекта:

- Низкий порог вхождения.

- Поддержка языка программирования Python (с помощью библиотеки sqlite3), для последующего написания нейронной сети на данном языке. Не требует стороннего ПО или драйверов для развертывания базы данных.

- Не нуждается в подъеме хоста (сервера).

- База данных хранится локально, это удобно для создания резервных копий и переноса на другие устройства.

- Это SQL-решение хорошо подходит для нашего набора данных. Помимо этого, предполагается, что для данных, которые будут использоваться для обучения нейронной сети, следует находиться в жесткой структуре данных.

- Количество никелевых сплавов ограничено, для нашего набора скоростных характеристик SQLite достаточно [6][7].

Реализация

В качестве типа модели БД был выбран реляционный тип. Создание БД было разделено на три этапа:

1. Создание БД.

Для создания БД использовался некий python-проект, в котором была импортирована библиотека sqlite3: `import sqlite3 as sq`.

Для подключения к БД (при ее отсутствии – для создания) прописано: `connection = sq.connect("nichel_alloys.db")`.

В качестве интерфейса для выполнения SQL-запросов было использовано следующее выражение: `cursor = connection.cursor()`.

2. Создание таблиц.

Таблицы создавались SQL-запросами на основе иерархии набора данных: `cursor.execute("CREATE TABLE IF NOT EXISTS название_таблицы(...)")`.

После внесения изменений в БД их следует сохранить: `connection.commit()`.

3. Заполнение таблиц данными.

Внесение данных в таблицы было автоматизировано, сначала подготавливался сам SQL-запрос в виде строки. Далее он выполнялся командой: `cursor.execute()`.

По окончании заполнения необходимо сохранить изменения: `connection.commit()`.

Поскольку работа с БД завершена, требуется закрыть курсор: `cursor.close()` и соединение: `connection.close()`.

Заключение

Результатом данной работы является спроектированная БД с таблицами, которые в свою очередь заполнены структурированными патентными данными. В дальнейшем они будут использованы для интеллектуального анализа зависимостей между составами сплавов и их свойствами.

Ниже приведена схема структуры БД:

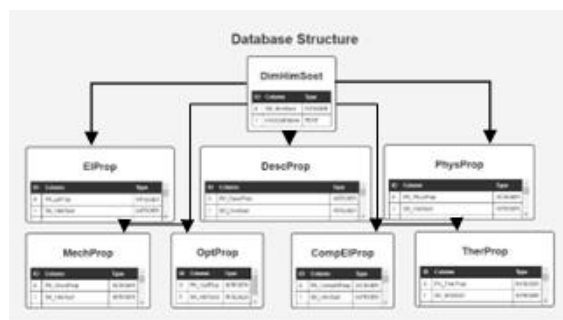


Рис. 6. Схема структуры БД

В ней находятся следующие таблицы:

- DimHimSost – содержит информацию о наименованиях сплавов.
- EIProp – содержит информацию об электрических свойствах сплавов.
- DescProp – содержит информацию об описательных свойствах сплавов.
- PhysProp – содержит информацию о физических свойствах сплавов.
- MechProp – содержит информацию о механических свойствах сплавов.
- OptProp – содержит информацию об оптических свойствах сплавов.
- CompEIProp – содержит информацию о хим. составе сплавов.
- TherProp – содержит информацию о термических свойствах сплавов.

Библиографический список

1. Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов «Мониторинг российского рынка жаропрочных сплавов на никелевой основе (результаты 2020 года)» // URL: <https://viam.ru/review/7928>.
2. Кукарцев В.А., Дутов М.О. Особенности синтеза жаропрочных сплавов и разработка технологии проектирования литых заготовок– Красноярск, 2019// URL: https://elib.sfu-kras.ru/bitstream/handle/2311/126551/diplom_216.pdf?sequence=1.
3. Кукарцев В.А., Купреев С.Ю., Асатрян Ц.М. Разработка технологии изготовления отливки из жаропрочного сплава с использованием различных программ моделирования // URL: https://elib.sfu-kras.ru/bitstream/handle/2311/126605/magisterskaya_0.pdf?sequence .
4. Тягунов А.Г., Мильдер О.Б., Тарасов Д.А., Сергеев А.П. Применение искусственных нейронных сетей в материаловедении: учебное пособие (с 32 страницы (2.3. Свойства никелевых сплавов))// URL: https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/105524/1/978-5-7996-3337-0_2021.pdf .
5. Скаков М.К., Градобоев А.В. Исследование структурно-фазового состояния и свойств композиционного покрытия Cr-Al-Co-Y// URL: <https://vku.edu.kz/wp-content/uploads/2024/04/%D0%94%D0%98%>

D0 %A1 %D0 %A1 %D0 %95 %D0 %A0 %D0 %A2 %D0 %90 %D0 %A6 %
D0 %98 %D0 %AF-
%D0 %96 %D0 %B8 %D0 %BB %D0 %BA %D0 %B0 %D1 %88 %
D0 %B8 %D0 %BD %D0 %BE %D0 %B2 %D0 %B0.pdf

6. Austin Chia 5 Best Database For Python of 2023. URL:
<https://anyinstructor.com/best-databases-for-python/>.

7. Рассуждение на тему, какую базу данных выбирать. URL:
<https://habr.com/ru/articles/348220/>.

© Ахметшина А.О., Ахметшин Д.О., 2024

Т.И. БАЛГАЗИН, А.И. БАЛГАЗИН

Tagir.balgazin@yandex.ru askarb240@gmail.com

Науч. руковод. – д-р техн. наук, проф. **С.В. ПАВЛОВ**

Уфимский университет науки и технологий

СОЗДАНИЕ СИСТЕМЫ АНАЛИЗА ОТВЕТОВ НА ТЕСТЫ И ОПРОСЫ

Аннотация: в данной работе рассмотрены способы семантического анализа текстов. Было создано прикладное программное обеспечение, реализующее семантический анализ ответов на вопросы.

Ключевые слова: семантический, анализ, алгоритм, модель.

Введение. Семантический анализ текста

Семантический анализ текста – это процесс понимания значения, контекста и взаимоотношений в тексте. Использование технологий, реализующих семантический анализ, в информационных системах открывает широкие возможности для работы с текстовой информацией, поскольку позволяет работать с текстами, учитывая их смысл, эмоциональный окрас, а также оценивать схожесть текстов по данным критериям.

Основные методы семантического анализа

Рассмотрим основные методы семантического анализа.

1. Лексический анализ. Данный метод состоит из разбора текста на отдельные группы, называемые лексемами, которые могут состоять из слов и выражений, а также определения их значений с помощью словарей и баз данных. В результате работы алгоритмов, реализующих данный метод, получают идентифицированные последовательности лексем.

2. Анализ семантических ролей. Данный метод основан на различении в тексте участников и их ролей.

3. Латентно-семантический анализ. Данный метод основан на анализе отношений между различными терминами в тексте.

4. Анализ тональности. Данный метод основан на определении эмоциональной окраски текста.

5. Метод векторного представления слов в тексте. Алгоритмы создания векторного представления слов позволяют представлять слова, встречающиеся в тексте, в виде векторов, что позволяет работать со словами как с математическими объектами, к примеру, вычислять косинусное, Евклидово или манхэттенское расстояние между ними, среднее арифметическое векторов слов текста, проводить их кластеризацию и т. д. Обычно данный метод реализуется с помощью предобученных алгоритмов машинного обучения.

На практике для проведения семантического анализа текста следует использовать комбинацию различных методов. Различные современные системы семантического анализа, как правило, производят анализ текста по различным критериям.

Практическая часть

В данной работе была использована комбинация двух моделей семантического анализа: выявление ключевых слов в тексте производился при помощи библиотеки Natural Language Toolkit, векторные представления текстов с последующим нахождением Евклидовой метрики для нахождения «расстояния» между текстами – при помощи модели «DeepPavlov/bert-base-cased-conversational», основанной на архитектуре языковой модели BERT.

Языковая модель BERT (англ. Bidirectional Encoder Representations from Transformers) – языковая модель, основанная на архитектуре «трансформер», применяемая для решения различных задач обработки естественного языка.

Главным отличием BERT от более старых моделей семантического анализа заключается в двунаправленном проходе по тексту. BERT же анализирует текст в обоих направлениях одновременно, что позволяет лучше учитывать контекст слова, анализируя его в окружении как предшествующих, так и следующих слов.

BERT обнаруживает более полные представления слов, поскольку учитывает не только их статические значения, но и контекст, которые они приобретают в рамках предложения или текста. Это позволяет эффективно решать проблемы полисемии (когда одно и то же слово имеет несколько значений).

Рассмотрим принцип работы реализованной системы семантического анализа ответов на вопросы.

Для каждого ответа независимо друг от друга происходит нахождение ключевых слов в тексте (при помощи библиотеки Natural Language Toolkit) и построение векторного представления текста посредством токенизации слов текста в тензорное представление (при помощи библиотеки PyTorch), построение векторов каждого слова в тексте и усреднение их значений вдоль оси 1 для получения векторного представления всего текста.

Функция получения векторного представления текста:

```
def get_embedding(text):
    # Токенизация текста
    inputs = tokenizer(text, return_tensors="pt", truncation=True,
padding=True, max_length=128)
    print(inputs, "tokenizer")
    #print(inputs, text)
    with torch.no_grad():
```

```

# Получение выходных данных из BERT
outputs = model(**inputs)
# Вычисляем векторное представление текста
embeddings = outputs.last_hidden_state.mean(dim=1)
return embeddings

```

При проведении анализа ответов сначала вычисляются ключевые слова и векторное представление правильного ответа, а затем – ответов участников тестирования с последующим вычислением семантического расстояния при помощи следующей формулы:

$$dist = \frac{r}{c}$$

где r – Евклидово расстояние между векторными представлениями текущего ответа и правильного ответа, c – коэффициент, равный отношению числа совпадающих ключевых слов данного текста с ключевыми словами правильного ответа к количеству ключевых слов в правильном ответе.

Демонстрация разработанной программы

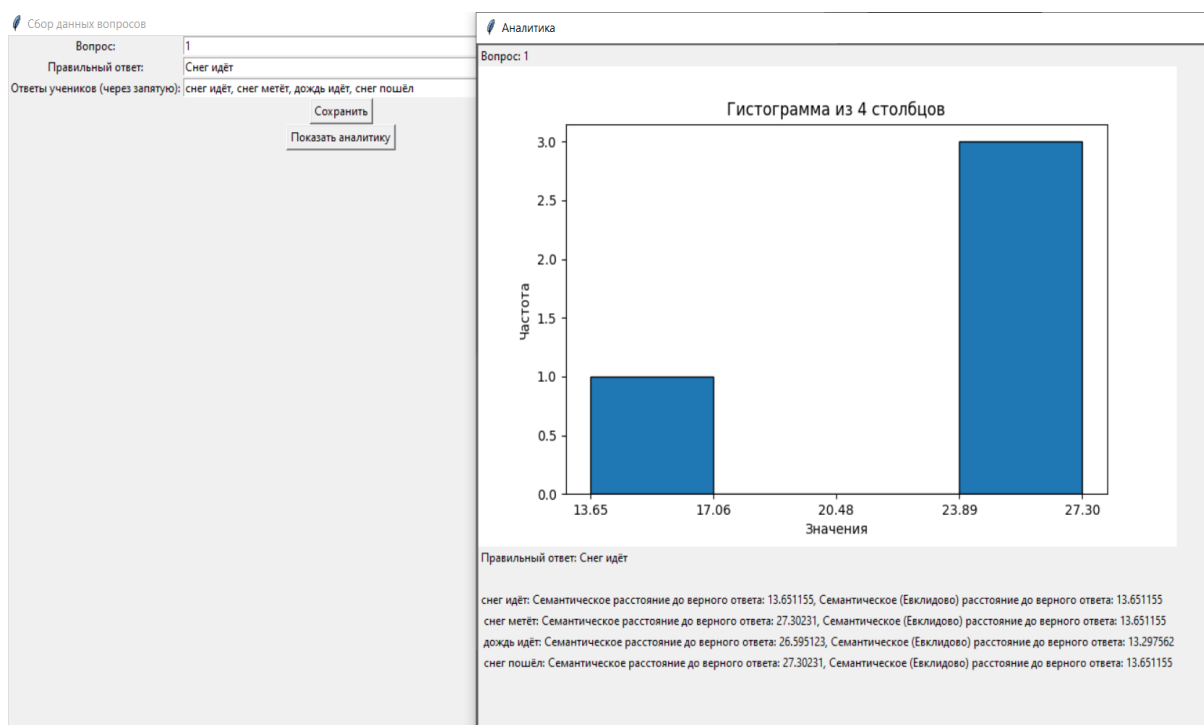


Рис. 1. Пример работы разработанной программы

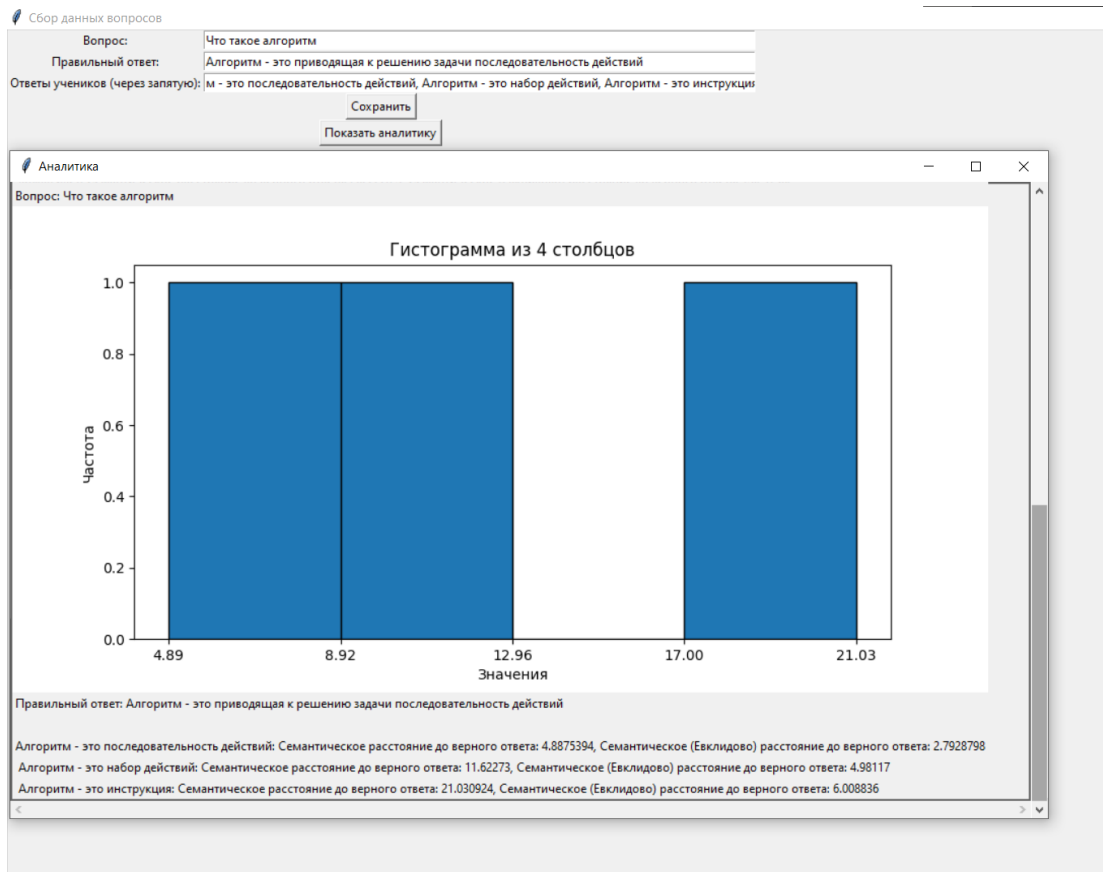


Рис. 2. Пример работы разработанной программы

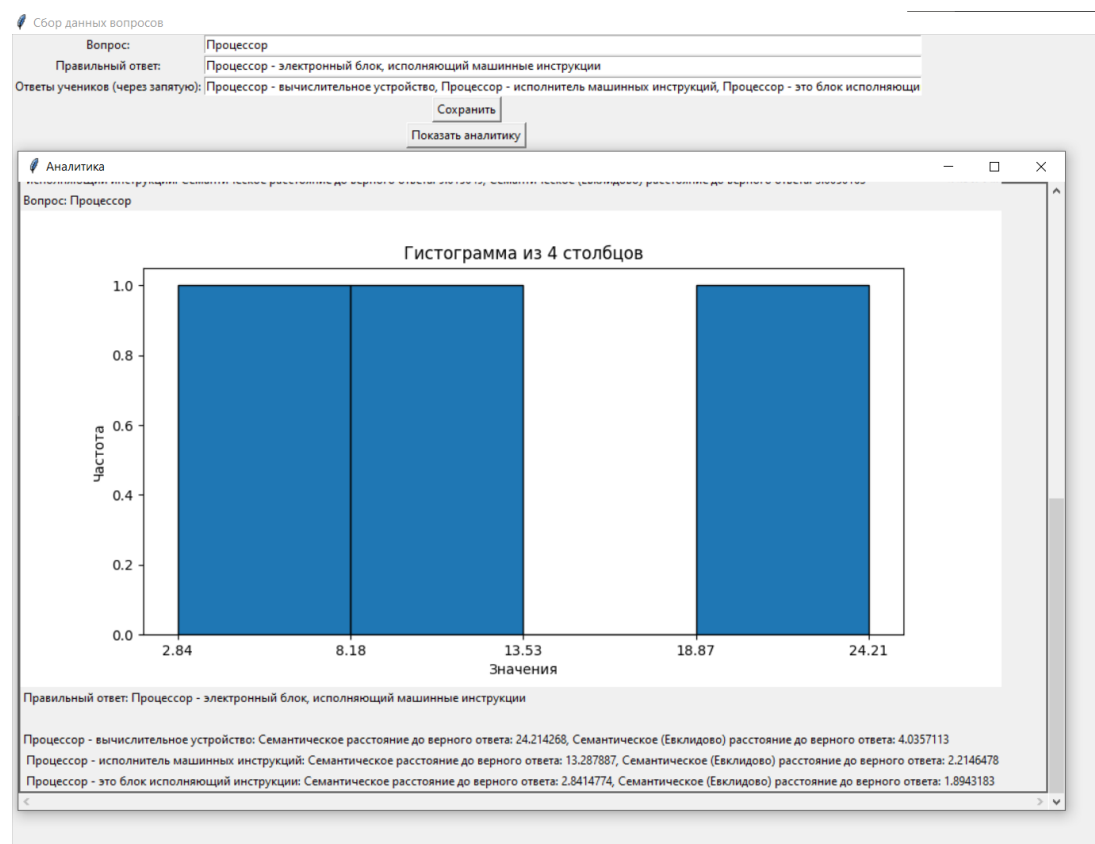


Рис. 3. Пример работы разработанной программы

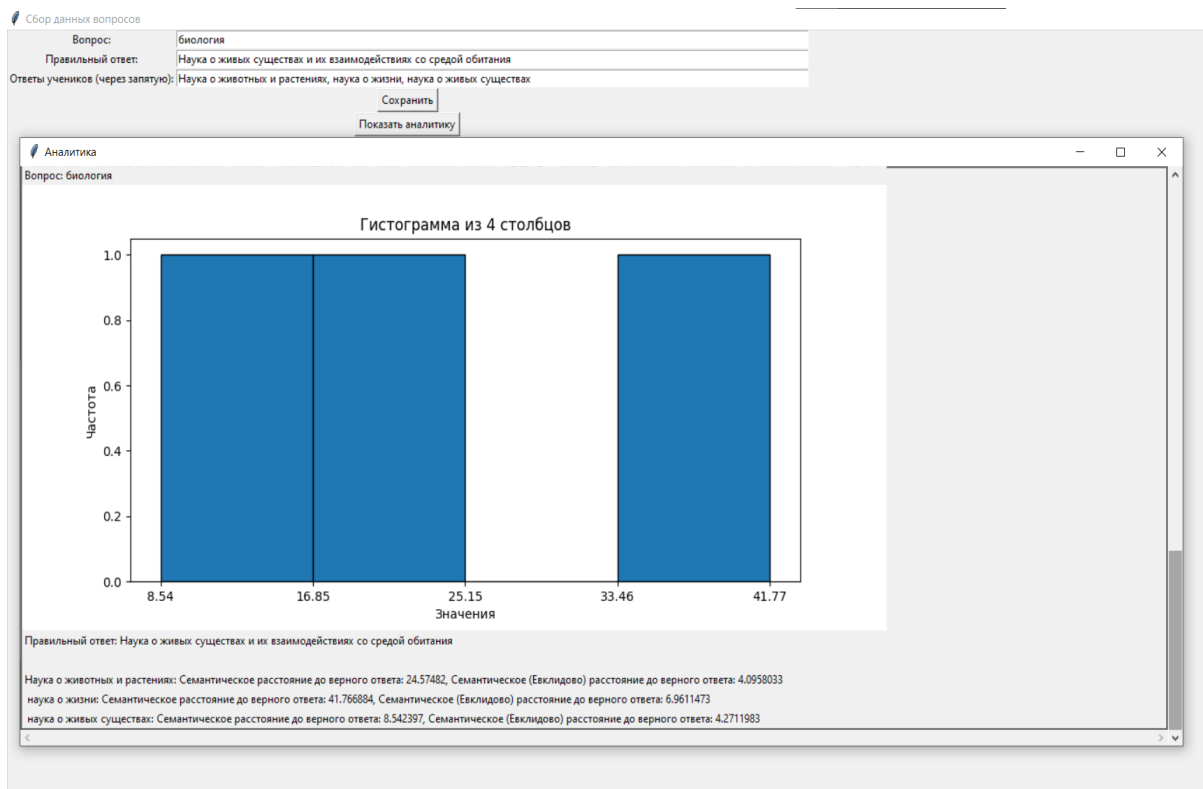


Рис. 4. Пример работы разработанной программы

Заключение

В данной работе представлена информация о методах семантического анализа текстов и была разработана программа, реализующая семантический анализ развернутых ответов на вопросы.

Библиографический список

1. Большакова Е.И., Воронцов К.В., Ефремова Н.Э., Клышинский Э.С., Лукашевич Н.В., Сапин А.С. Автоматическая обработка текстов на естественном языке и анализ данных: учебное пособие / Е.И. Большакова, К.В. Воронцов, Н.Э. Ефремова, Э.С. Клышинский, Н.В. Лукашевич, А.С. Сапин. М.: Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 2017. 269 с.
2. Ивженко С.П., Изофатов К.А. Семантический анализ текстов. Основные проблемы и методы решения: статья / С.П. Ивженко, К.А. Изофатов. Саратов: Саратовский государственный технический университет, 2011. 5 с.
3. Батура Т.В. Семантический анализ и способы представления смысла текста в компьютерной лингвистике: статья / Т.В. Батура. Новосибирск: Институт систем информатики им. А.П. Ершова СО РАН, 2016. 13 с.

© Балгазин Т.И., Балгазин А.И., 2024

И.И. БИГЛОВА

iluzabiglova@ya.ru

Науч. руковод. – д-р техн. наук, проф. **О.Н. СМЕТАНИНА**

Уфимский университет науки и технологий

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ В E-COMMERCE

Аннотация: в статье исследуются выдвинутая гипотеза об улучшении точности прогнозирования оттока клиентов при помощи предварительного деления всех клиентов на отдельные группы (кластеры), описывается проведенный эксперимент и интерпретация его результатов.

Ключевые слова: поведение потребителей; e-commerce, электронная коммерция, прогнозирование; кластеризация; анализ данных; машинное обучение, деревья решений.

С ростом электронной коммерции и увеличением числа пользователей интернет-магазинов, прогнозирование поведения потребителей становится ключевым фактором успеха бизнеса. В 2023 году объем рынка розничной Интернет-торговли в России составил 7,8 трлн рублей. Темпы роста количества заказов – +78 %. Объем рынка в рублях вырос на 44 % [1].

Статья рассматривает исследовательский опыт прогнозирования поведения потребителей на основе открытых данных, чтобы помочь компаниям адаптировать маркетинговые стратегии и увеличить продажи.

Поведение потребителей принято считать наукой о том, «почему люди покупают», – в том смысле, что продавцу легче разрабатывать стратегии влияния на потребителей, когда он знает, почему люди покупают определенные продукты [2].

Прогнозирование поведения потребителей – это процесс, который помогает компаниям предсказать, как покупатели будут реагировать на различные факторы, такие как цена, маркетинговые кампании и акционные предложения. Это позволяет бизнесу: оптимизировать ассортимент товаров, улучшить клиентский опыт, увеличить продажи и доход.

Гипотеза: предварительное деление клиентов на кластеры повысит точность прогнозирования. Вместо использования только готовых инструментов машинного обучения планируется также провести кластеризацию.

Кластерный анализ разбивает схожие объекты на кластеры, при этом количество кластеров и их содержание изначально неизвестны. Для этого проводятся манипуляции с данными. Методы кластеризации могут

разделять выборку на отдельные объекты или объединять все в один кластер. Для нахождения оптимального числа кластеров используется «метод локтя».

К алгоритмам, самостоятельно выявляющим количество кластеров, относится агломеративная иерархическая кластеризация. Агломеративные алгоритмы начинают с небольших кластеров (обычно с кластеров, состоящих из одного объекта) и постепенно объединяют их в кластеры побольше.

Для прогнозирования поведения потребителей, а именно величины оттока, используется дерево решений. Комбинирование деревьев решений с методами борьбы с переобучением, такими как отсечение дерева или использование ансамблей деревьев (например, случайный лес), может помочь повысить их эффективность и надежность.

В работе используется методика анализа поведения потребителей, основанная на двух частях: проведение агломеративной кластеризации; обучение модели Random Forest. Алгоритм работы методики представлен на рисунке 1.

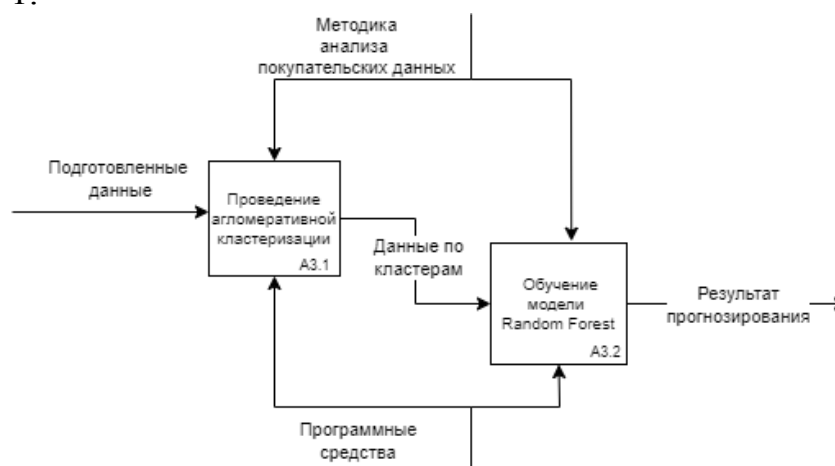


Рис. 1. Алгоритм работы предложенной методики

Для решения задачи предсказания поведения покупателей используются как готовые пакеты программных решений, так и созданные аналитиками и программистами алгоритмы, реализованные на языках программирования. После анализа существующих программных решений для анализа данных и предсказания в качестве инструмента был выбран язык Python, позволяющий работать с данными, создавать модели машинного обучения и предсказывать данные [4].

Выбранные модели и методы прогнозирования поведения потребителей подразумевают обработку очищенных данных. В противном случае результаты обучения моделей могут быть некачественными и необъективными. Для того, чтобы обозначить предстоящую работу над данными, необходимо их изучить.

Предобработка данных включает в себя выявление аномальных наблюдений, ошибок и пропусков, удаление признаков, которые не влияют

на отток, кодировку категориальных признаков, нормирование данные и сокращение их размерности.

В выбранном датасете присутствуют пропуски в строках, которые составляют меньше 5 % (258 строк) от общего объема (5630 строк). Чтобы не допустить ложных результатов, они будут удалены. Категориальные признаки необходимо закодировать, так как модели машинного обучения не могут обрабатывать данные в формате object. Для кодирования будет использоваться способ One-HotEncoding. Целевые переменные могут быть преобразованы из строковых меток в векторы с однократным кодированием. Однократный вектор заполняется значением 1 в индексе целевого класса и 0 во всех остальных местах [5]. В датасете 13 признаков, что затрудняет кластеризацию, поэтому необходимо уменьшить их количество. Данные могут содержать полезную, избыточную или даже бесполезную информацию. Размерность данных - количество образцов и переменных - важна для успешной обработки. Хотя лишних данных не бывает, шум и избыточность могут проявляться через корреляции между переменными, а погрешности могут создавать случайные связи [6].

Необходимо заранее определить количество кластеров. Для этого можно использоваться «метод локтя» (Elbowmethod). Его суть заключается в откладывании на графике некоторой величины, характеризующей качество кластеризации, например, внутрикластерной суммы расстояний для разного количества кластеров. Оптимальное количество кластеров соответствует значению k , после которого величина расстояния перестает резко падать [7]. Для анализируемого датасета «метод локтя» представлен на рис. 2.

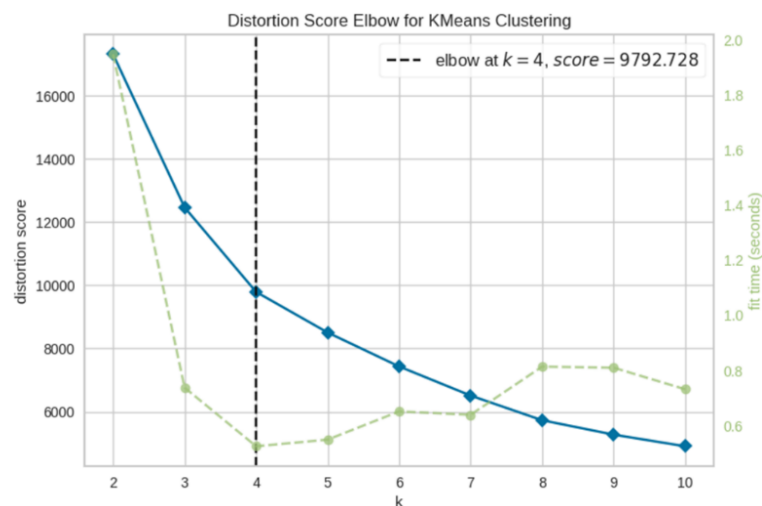


Рис. 2. График реализации «метода локтя»

Эксперимент начинается с кластеризации данных на 4 кластера соответственно с «методом локтя». Результат кластеризации представлен на рис 3.

Чтобы интерпретировать полученные результаты, необходимо изучить закономерности в сформированных кластерах и определить «портреты» клиентов. Это поможет сделать выводы для корректирования стратегии компании и принятия решений. Для этого нужно рассмотреть данные в кластерах с помощью предварительного анализа данных.

Чтобы понять распределение клиентов между кластерами, необходимо рассмотреть график, приведенный на рис. 4.

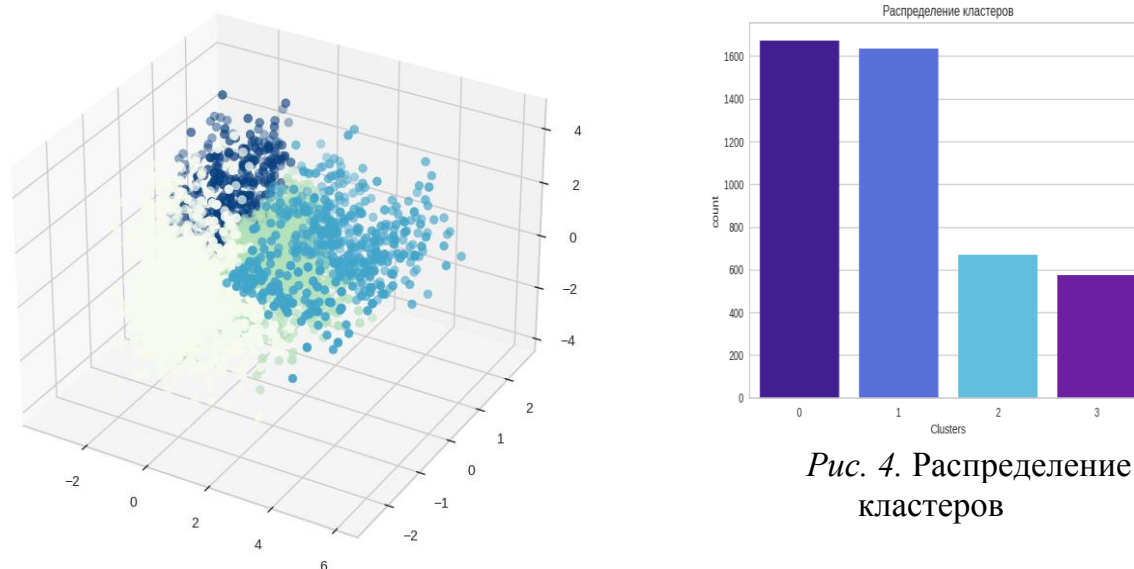


Рис. 3. 3-D проекция кластеров

Рис. 4. Распределение кластеров

Более подробный состав кластеров представлен в сравнительной табл. 1. Такая форма представления данных позволит выводить гипотезы улучшения бизнес-решений, маркетинговых решений компании по каждому кластеру отдельно или по нескольким одновременно.

Таблица 1

Состав кластеров

Кластер 0	Кластер 1	Кластер 2	Кластер 3
Клиенты компании с высоким потенциалом стать постоянными (от 6 месяцев до 1 года)	Постоянные клиенты компании (от 1 года)	Постоянные клиенты компании (от 1,5 лет)	Непостоянные клиенты компании (от 0 до 6 месяцев)
Удовлетворенность услугами компании ниже среднего	Удовлетворенность услугами компании ниже среднего	Удовлетворенность услугами средняя	Удовлетворенность услугами выше среднего
Среднее число заказов 2-5	Среднее число заказов 3-6	Среднее число заказов 3-8	Среднее число заказов 2-3
Предпочитают заказывать через мобильное приложение	Предпочитают заказывать через мобильное приложение	Предпочитают заказывать через мобильное приложение	Преимущественно предпочитают заказывать через мобильное приложение
Оплачивают заказы дебетовой картой	Предпочитают оплачивать заказы при доставке	В основном оплачивают заказы дебетовыми и кредитными картами	В основном оплачивают заказы при доставке или кредитными картами

Описание кластеров составляется при помощи анализа общей статистики по каждому кластеру: среднее, стандартное отклонение, квантили, максимум и минимум. В данном примере она позволяет описать кол-во месяцев пребывания в компании и выдвинуть предположение о соответствии критериям постоянных покупателей и т. д. Статистики по признакам можно выбирать, чтобы получить релевантную на данный момент информацию для бизнеса.

Для обучения модели RandomForest в качестве входных данных используется тот же датасет, поделенный по кластерам – в итоге получается 4 датасета. Обучающий и тестовый набор данных в пропорции: 80 % на обучение, 20 % – на тестирование. Для того, чтобы определить точность предсказания, необходимо вызвать блок кода, отвечающий за составление отчета. Результат точности по кластеру 0 представлен на рис. 5.

	precision	recall	f1-score
0	0.73	0.89	0.80
1	0.96	0.90	0.93
accuracy			0.90
macro avg	0.85	0.89	0.86
weighted avg	0.91	0.90	0.90
0.8956521739130435			

Рис. 5. Отчет модели по 0 кластеру

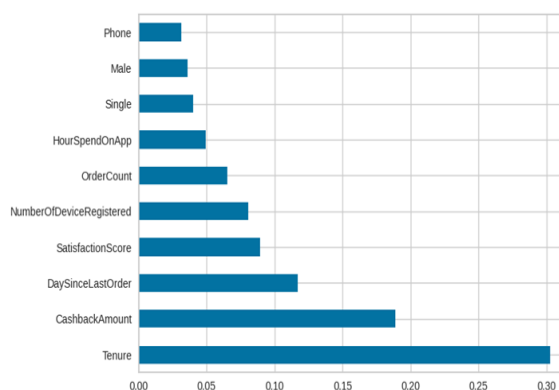


Рис. 6. Значимость признаков 0 кластера

Точность предсказания для каждого кластера высока, и это свидетельствует о качественной предобработке данных и выборе модели: для 0 кластера – 0,90; для 1 кластера – 0,95; для 2 кластера – 0,99; для 3 кластера – 0,94.

С помощью вызова функции feat_importance отражена значимость признаков, влияющих на отток покупателей. В первую очередь, следует прорабатывать самые значимые признаки. Для 0 кластера: кол-во месяцев пребывания в компании, кол-во кешбека и т. д. График влияния самых значимых десяти признаков для клиентов в 0 кластере показан на рис. 6.

Значимость кластеров определяется их составом: для постоянных клиентов важен срок пребывания в компании, а для непостоянных – количество кешбека. Это помогает бизнесу стимулировать покупки и удерживать клиентов. Отток потребителей угрожает снижению выручки и прибыли, поэтому важно разработать меры по его сокращению. В данной работе предложено решение, основанное на прогнозировании факторов, влияющих на уход клиентов, и разработке превентивных мер для группы риска.

Для оценки эффективности системы прогнозирования оттока клиентов необходимо рассчитать кросс-табуляцию предсказанных и реальных значений по каждому кластеру. Результатом является кросс-таблица, показывающая точность предсказаний выбывших клиентов, представленные на рис. 7.

Чтобы определить общую эффективность предложенного решения, необходимо рассчитать общий процент верно предсказанных клиентов из всех выбывших клиентов в тестовой выборке. Расчет доли верно предсказанных выбывших покупателей выполняется по формуле: $\frac{116+66+4+1}{207} \times 100\% = 90,3\%$.

		churn		0	1
predictions	0	71	5		
	1	11	116		

		churn		0	1
predictions	0	124	8		
	1	9	66		

		churn		0	1
predictions	0	163	6		
	1	0	4		

		churn		0	1
predictions	0	175	1		
	1	0	1		

Рис. 7. Кросс-таблицы по каждому кластеру

Сокращение оттока клиентов позволяет компании сохранить выручку и прибыль, что, при необходимости, может быть оценено в денежном выражении.

Эффективное прогнозирование поведения потребителей с использованием искусственного интеллекта является ключевым элементом успешного бизнеса, обеспечивая точные данные для принятия обоснованных управленческих решений в таких областях, как формирование ассортимента, ценообразование и рекламные кампании. Своевременное применение этих прогнозов позволяет компаниям быстро реагировать на изменения рынка, повышать удовлетворенность клиентов и увеличивать прибыль. В условиях роста электронной коммерции и увеличения объема данных технологии кластеризации и машинного обучения открывают новые горизонты для понимания потребительских предпочтений и оптимизации бизнес-процессов, что способствует повышению конкурентоспособности.

Библиографический список

1. Маркетинговое исследование «Интернет-торговля в России 2024» [электронный ресурс]. URL: https://datainsight.ru/eCommerce_2023 (дата обращения: 16.10.2024).
2. Блэкуэлл Р., Миниард П., Энджел Дж. Поведение потребителей. 10-е изд. / пер. с англ. СПб.: Питер, 2007. 944 с.
3. Леонард Апельцин. DataScience в действии. СПб.: Питер, 2023. 736 с.

4. Тарасова Л. Информационные системы поддержки принятия решений в менеджменте. Образовательный портал [электронный ресурс]. URL: https://spravochnick.ru/menedzhment/informacionnye_sistemy_podderzhki_prinyatiya_resheniy_v_menedzhmente/ (дата обращения: 16.10.2024).
5. Rajalingappa Shanmugamani. Deep Learning for Computer Vision. January 2018. Packt Publishing.
6. Марченко В.А., Каримов Р.Н. Метод главных компонент: Методические указания. Волгоград. гос. техн. ун-т. Волгоград, 2004. 23 с.
7. Рындина С.В. Бизнес-аналитика на основе больших данных: обучение с учителем на языках Python и R: учеб. метод. пособие / С.В. Рындина. Пенза: Изд-во ПГУ, 2020. 80 с.
8. Лемешевский С.В. Основы NumPy: массивы и векторные вычисления.

© Биглова И.И., 2024

Э.Р. ГАБДРАХМАНОВ

erikgab01@gmail.com

Науч. руковод. – канд. физ.-мат. наук, доцент **Р.П. АБДРАХМАНОВА**

Уфимский университет науки и технологий

СИСТЕМА МУЗЫКАЛЬНЫХ РЕКОМЕНДАЦИЙ, ОСНОВАННАЯ НА ЗВУКОВОМ КОНТЕНТЕ

Аннотация: данная статья посвящена системе музыкальных рекомендаций. Основная особенность данной системы заключается в том, что ее рекомендации основываются исключительно на звуковом контенте, никакие другие метаданные треков не используются в качестве признаков.

Ключевые слова: звук; рекомендательные системы; музыка; спектрограмма; Spotify; автоэнкодер; машинное обучение.

Введение

В современных музыкальных сервисах для рекомендаций используются комбинации различных алгоритмов, например, на основе контента, которые рекомендуют новые песни на основе схожей информации в метаданных треков, или на основе схожих профилей пользователей, где пользователю будут рекомендовать треки другого пользователя со схожим профилем. Но что если вам нравится песня, но вас не волнует никакая другая информация, кроме звука в ней? Для этой цели был разработан прототип системы музыкальных рекомендаций, основанный исключительно на информации, содержащейся в звуке.

Что такое звук

Звук – это колебания, которые создаются музыкальными инструментами, нашими голосовыми связками, диффузорами динамиков и т. д. Вибрируя, каждый такой источник поочередно сжимает и разрежает воздух около себя, эти волны сжатий-разрежений распространяются в окружающее пространство, добираясь в том числе и до наших ушей. Скорость распространения зависит от самой среды, например, в воздухе это примерно 330 метров в секунду [3].

Медленные сжатия-разрежения, следующие несколько десятков раз в секунду, мы воспринимаем как звуки с низкими тонами – это бас. Самые быстрые колебания, которые мы можем услышать – 16-20 тысяч раз в секунду. Мы воспринимаем колебания как звук, если их частоты лежат в пределах от 20 Гц до 20 000 Гц. Именно этот диапазон и принято называть звуковым [3].

В музыке такие инструменты, как бас или бас-барабаны, создают звуки, которые вибрируют на более низкой частоте, тогда как высокие тона имеют более высокую частоту. Звуки, похожие на удар тарелки или хай-хэта, представляют собой комбинацию многих волн на разных частотах и представлены «шумной», почти случайной на вид волной.

Спектрограмма и мел-спектрограмма

Спектрограмма представляет собой график изменения частотного содержания звукового сигнала во времени. Она позволяет увидеть время, частоту, и амплитуду на одном графике [3].

Спектрограмма является одним из наиболее информативных аудио инструментов. Например, при работе с музыкальной записью можно увидеть различные инструменты и вокальные дорожки и их вклад в общее звучание. В речи можно идентифицировать различные гласные звуки, поскольку каждый гласный звук характеризуется определенными частотами [3].

Мел-спектрограмма – это разновидность спектрограммы, которая широко используется в задачах обработки речи и машинного обучения. Она похожа на спектрограмму тем, что показывает частотное содержание аудиосигнала во времени, но на другой частотной оси [3].

В стандартной спектрограмме частотная ось линейна и измеряется в герцах (Гц). Однако слуховая система человека более чувствительна к изменениям на низких частотах, чем на высоких, и эта чувствительность уменьшается логарифмически с увеличением частоты. Шкала Мел – это перцептивная шкала, которая аппроксимирует нелинейную частотную характеристику человеческого уха, т. е. мел-спектрограмма лучше представляет воспринимаемое расстояние между частотами, когда мы их слышим [3].

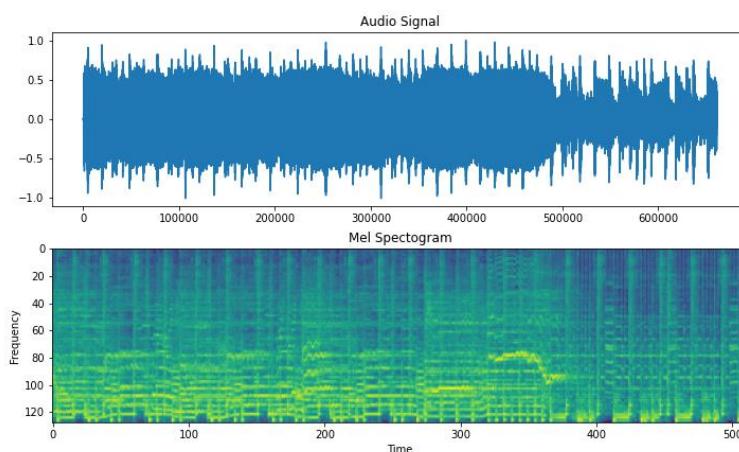


Рис. 1. Пример спектрограммы

Для построения спектрограммы будем использовать преобразование Фурье.

Преобразование Фурье – это метод вычисления амплитуды частот, присутствующих в секции аудиосигнала. Преобразование Фурье, по сути, извлекает частоты для каждой секции времени и создает двумерный массив амплитуд частот в зависимости от времени. Результатом преобразования Фурье является спектрограмма. Из спектрограммы мы преобразуем полученные частоты в шкалу Мел, чтобы создать мел-спектрограмму.

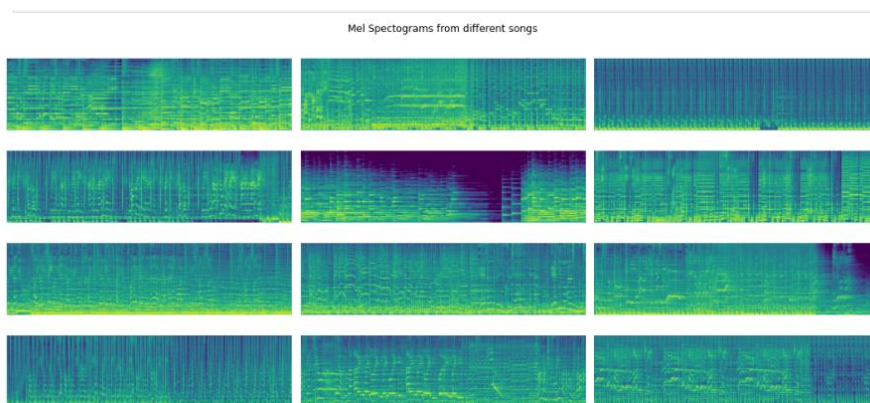


Рис. 2. Спектрограммы различных песен

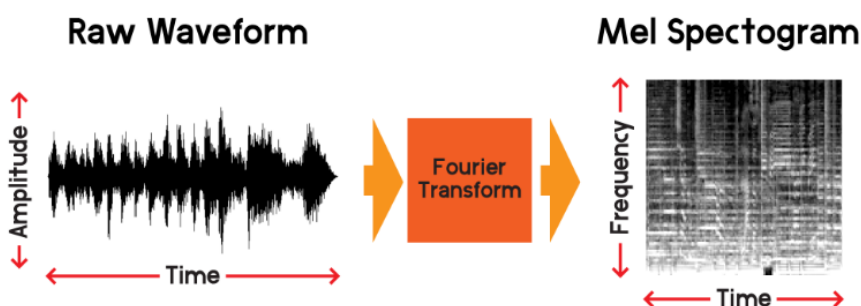


Рис. 3. Использование преобразования Фурье

Подготовка данных

Используя Spotify Public API, можно извлечь информацию о песнях. Там же можно загрузить 30-секундный mp3-превью каждой песни и преобразовать его в мел-спектограмму для дальнейшего использования в модели нейронной сети.

Модель автоэнкодера

Чтобы создавать рекомендации по похожим песням только на основе звукового контента, нужно будет создать признаки, которые каким-то образом объясняют содержание песен. Кроме того, чтобы сделать это быстро, нужно будет сжать информацию о каждой песне в меньший набор чисел, чем входные данные в виде мел-спектрограмм.

Автоэнкодер – это тип нейронной сети, используемый для обучения без учителя, который состоит из кодировщика и декодера. Они

автоматически учатся кодировать данные в более компактное или низкоразмерное представление и затем декодировать его обратно в исходную форму [1].

Для каждого файла предварительного просмотра песни имеется более 200 000 сэмплов. В каждой спектрограмме имеется 512 x 128 пикселей, что в сумме составляет 65 536 пикселей. Даже изображение размером 128 x 128 содержит 16 384 пикселя. Модель автоэнкодера сожмет содержание песни всего до вектора размером 256. После того, как автоэнкодер достаточно обучится, сеть сможет реконструировать песню из этого вектора с минимальным количеством потерь.

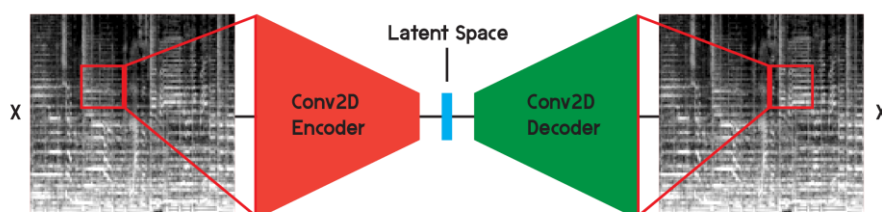


Рис. 4. Схема работы автоэнкодера

При работе с изображениями кодер представляет собой последовательность двумерных сверточных слоев, которые создают взвешенные фильтры для извлечения шаблонов на изображении, а также сжимают изображение. Декодер является зеркальным отражением процесса в кодере, изменяя и расширяя небольшой объем данных в больший. Модель минимизирует среднеквадратичную ошибку между оригиналом и реконструкцией. После достаточного обучения среднеквадратичная ошибка между оригиналом и выходом модели будет очень мала. Хотя среднеквадратичная ошибка будет минимальной, все равно будет визуальная разница между реконструкцией и исходным изображением, особенно в самых мелких деталях [2].

Первоначально была обучена сеть, используя структуру, показанную на рис. 4, но при этом было обнаружено, что в реконструкциях не хватает многих деталей. Поскольку спектрограмма – это не только изображение, но и график частот в звуковом контенте по времени, можно попробовать реализовать немного другую структуру, чтобы минимизировать потери при реконструкции, а также минимизировать неопределенность, создаваемую двумерными сверточными слоями. В конечной модели кодировщик был разделен на два отдельных. Каждый кодировщик использует одномерные сверточные слои для сжатия пространства изображения. Один кодировщик обучается на X , а другой – на

транспонированной X . Таким образом, один кодер изучает информацию по временной оси изображения, а другой – по частотной оси.

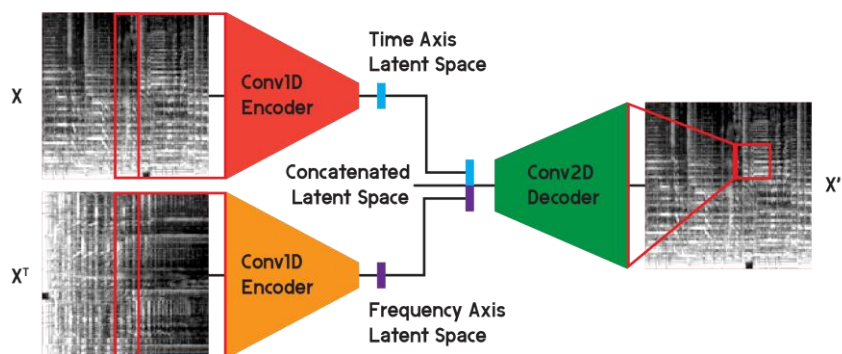


Рис. 5. Схема работы автоэнкодера с разделенным кодировщиком

После того, как входные данные проходят через каждый кодер, полученные закодированные векторы объединяются в один вектор и вводятся в двумерный сверточный декодер, как показано ранее. Выходные данные обучаются для минимизации потерь между входными данными, как и прежде.

В конечном итоге потери в окончательной модели были намного ниже, чем в первоначальной структуре, достигая среднеквадратичной ошибки 0,0037 (обучение) и 0,0037 (валидация) после 20 эпох с 125 440 изображениями в обучающем наборе и 2560 в тестовом наборе.

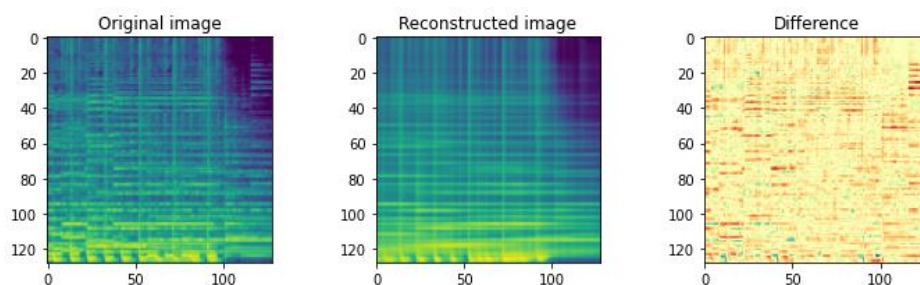


Рис. 6. Разница между оригинальным изображением и реконструированным

Получение рекомендаций

После обучения автоэнкодера, можем построить пространство признаков для каждой имеющейся у нас спектрограммы. Для этого достаточно пропустить данные только через кодировщик и получить вектор того размера, с которым мы инициализировали модель, в данном случае 256 измерений.

Будем искать рекомендации, используя косинусное сходство для каждого вектора:

1. Сначала воспользуемся API Spotify для поиска запроса.

2. API вернет mp3-превью для первого результата и пропустит спектрограмму через кодировщик.
3. Затем сравним косинусное сходство в столбцах пространства признаков всей базы данных треков.
4. Сортируем результат и вернем десять самых высоких оценок.

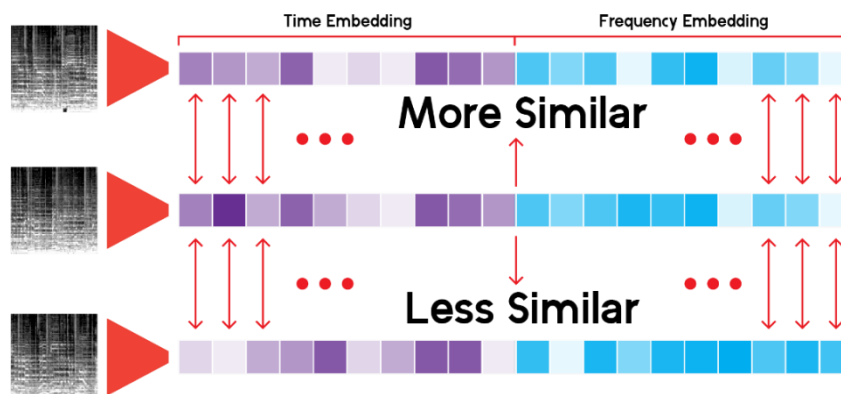


Рис. 7. Косинусное сходство векторов

Заключение

Музыкальные сервисы, такие как Spotify или Яндекс Музыка, объединяют множество различных типов рекомендательных систем. От отслеживания того, что вы регулярно слушаете, до использования совместной фильтрации для поиска рекомендаций на основе схожего использования пользователем.

Разработанную модель можно считать интересной для составления рекомендаций, но ее также можно улучшить, добавив больше признаков, таких как схожие жанры, годы выпуска и пользовательские данные, чтобы делать более качественные рекомендации.

Библиографический список

1. Автоэнкодеры простыми словами // Хабр: [сайт]. 2024. URL: <https://habr.com/ru/companies/raft/articles/851548/>.
2. Автоэнкодеры: типы архитектур и применение // Neurohive: [сайт]. 2024. URL: <https://neurohive.io/ru/osnovy-data-science/avtojenkoder-tipy-arhitektur-i-primeneniye/>.
3. Введение в аудиоданные // Hugging Face: [сайт]. 2024. URL: https://huggingface.co/learn/audio-course/ru/chapter1/audio_data.

© Габдрахманов Э.Р., 2024

Р.Р. ГАЙНЕТДИНОВ

rtm_bis@mail.ru

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

Уфимский университет науки и технологий

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ВИДОВ И СТРАТЕГИЙ КВАНТИЗАЦИИ БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ

Аннотация: в статье приведены результаты аналитического обзор видов и стратегий квантизации больших языковых моделей. Автором даны понятия квантизации (симметрической и асимметрической), рассмотрены стратегии квантизации: квантизации модели после ее обучения (Post-Training Quantization), квантизации с учетом ошибок на этапе обучения (Quantization-Aware Training).

Ключевые слова: языковая модель, квантизация, типы данных, нейронные сети.

Введение

Современные языковые модели (LLM, от англ. Large Language Models), такие как GPT, BERT и их производные, стали неотъемлемой частью решений в области обработки естественного языка (NLP). Эти модели продемонстрировали выдающиеся результаты в широком спектре задач, включая генерацию текста, перевод, анализ тональности и многие другие. Однако их использование сопряжено с высокими вычислительными затратами и значительным объемом требуемой памяти, что делает их внедрение в реальных приложениях (особенно на устройствах с ограниченными ресурсами) затруднительным.

Квантизация является одним из эффективных методов оптимизации языковых моделей, позволяющим уменьшить объем памяти и ускорить вычисления без значительной потери качества. В данной статье проводится аналитический обзор существующих методов квантизации, применяемых для оптимизации языковых моделей.

Квантизация: основные понятия и цели

Квантизация – это процесс уменьшения точности представления чисел, используемых для хранения параметров нейронной сети, таких как веса и активации. Цель квантизации заключается в снижении вычислительных и аппаратных требований, что позволяет использовать модели на более широком спектре устройств, таких как смартфоны и микроконтроллеры.

Основные задачи, решаемые при квантизации языковых моделей:

- уменьшение объема памяти, необходимого для хранения модели;
- снижение потребления энергии и вычислительных ресурсов;
- ускорение выполнения вычислений.

Существуют различные подходы к квантизации, но наиболее эффективным и актуальным является линейная квантизация, которая может быть двух типов: симметрическая и асимметрическая.

Симметрическая квантизация предполагает, что диапазон квантизованных значений симметричен относительно нуля. Это значит, что положительные и отрицательные значения имеют одинаковый диапазон.

Пусть у имеются значения весов или активаций модели x , которые лежат в диапазоне $[x_{min}, x_{max}]$. Тогда:

Шаг квантизации (scale) определяется как:

$$S = \frac{\max(|x_{min}|, |x_{max}|)}{2^b - 1} \quad (1)$$

где b – количество бит для представления числа (например, $b = 8$ для int8).

Квантование значения x осуществляется по формуле:

$$q = \text{round}\left(\frac{x}{S}\right). \quad (2)$$

Обратное квантование (восстановление исходного значения) производится следующим образом:

$$x' = q \times S. \quad (3)$$

Асимметрическая квантизация используется, когда диапазон значений несимметричен относительно нуля. В этом случае используется смещение, чтобы учесть асимметричность диапазона.

Пусть у имеются значения весов или активаций модели x , которые лежат в диапазоне $[x_{min}, x_{max}]$. Тогда:

Шаг квантизации (scale) определяется как:

$$S = \frac{x_{max} - x_{min}}{2^b - 1}. \quad (4)$$

где b – количество бит для представления числа (например, $b = 8$ для int8).

Смещение (offset) вычисляется следующим образом:

$$Z = \text{round}\left(-\frac{x_{min}}{S}\right). \quad (5)$$

Квантование значения x осуществляется по формуле:

$$q = \text{round}\left(\frac{x}{S}\right) + Z. \quad (6)$$

Обратное квантование (восстановление исходного значения) производится как:

$$x' = (q - Z) \times S. \quad (7)$$

Стратегии квантизации

Как было показано ранее, симметрическая и асимметрическая квантизация представляют собой два разных подхода к представлению весов и активаций в целочисленном формате. Однако выбор между этими типами квантизации в реальных приложениях зависит не только от характеристик данных, но и от стратегии, используемой для квантизации модели в целом. Эти стратегии позволяют интегрировать квантизацию в процесс разработки нейронной сети для достижения оптимального баланса между производительностью и точностью.

Существует два основных подхода к интеграции квантизации в процессе работы с моделями: *Post-Training Quantization* – квантизация модели после ее обучения; *Quantization-Aware Training* – квантизация с учетом ошибок на этапе обучения.

Post-Training Quantization (PTQ) – это метод квантизации, который применяется уже после завершения обучения модели. PTQ позволяет преобразовать предварительно обученную модель с весами в формате с плавающей точкой (например, float32) в квантизованную версию с фиксированной точностью (int8 и т. д.), без необходимости повторного обучения.

PTQ основан на анализе статистики активаций и весов модели с целью вычисления оптимальных шагов квантизации (scale) и смещений (offsets). Для этого проводится калибровка, при которой на модели выполняются вычисления с использованием небольшого подмножества входных данных (калибровочного набора).

Преимуществами метода выступают простота реализации и отсутствие необходимости повторного обучения модели; существенное сокращение времени и вычислительных ресурсов по сравнению с QAT.

К недостаткам метода можно отнести: возможность значительной потери точности на сложных моделях, особенно на задачах с высокой чувствительностью к точности параметров; сильная зависимость эффективности от выбора калибровочного набора данных и метода калибровки.

Quantization-Aware Training (QAT) – это более сложная, но эффективная стратегия, при которой квантизация учитывается уже на этапе обучения модели. В отличие от PTQ, где квантизация применяется

постфактум, QAT предполагает, что модель обучается с учетом квантизационных ошибок, что позволяет существенно снизить потери точности по сравнению с PTQ, особенно на сложных моделях и задачах.

При использовании QAT в процессе обучения выполняется имитация квантизации активаций и весов на каждой итерации обратного распространения ошибки. Это означает, что модель обучается с учетом ограничений на разрядность значений, что позволяет ей адаптироваться к потерям точности еще до финальной квантизации.

Данный метод позволяет достичь почти такой же точности, как и у исходной модели с плавающей точкой, даже после квантизации. QAT является эффективным для моделей, чувствительных к точности весов и активаций.

Недостатками данного метода выступают требования значительно большего времени и ресурсов для обучения по сравнению с PTQ, сложность в реализации из-за необходимости модификации процесса обучения.

Таким образом, был проведен аналитический обзор видов и стратегий квантизации больших языковых моделей, выявлено достоинства и недостатки.

Заключение

В данной статье были рассмотрены виды и стратегии квантизации языковых моделей, включая стратегии квантизации моделей после обучения и во время обучения. Каждая из этих стратегий имеет свои преимущества и может быть применена в зависимости от бизнес-задачи и желаемого качества модели. Независимо от выбранной стратегии, квантизация играет важную роль в оптимизации использования языковых моделей, позволяя уменьшить объем памяти и ускорить вычисления без значительной потери качества.

Библиографический список

1. Jacob B., Kligys S., Chen B., Zhu M., Tang M., Howard A., Adam H., & Kalenichenko D. (2018). Quantization and Training of Neural Networks for Efficient Integer-Arithmetic-Only Inference. Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). URL: <https://arxiv.org/abs/1712.05877>.
2. Nagel M., Amjad R.A., van Baalen M., & Louizos, C. (2021). Up or Down? Adaptive Rounding for Post-Training Quantization. Proceedings of the 38th International Conference on Machine Learning (ICML). URL: <https://arxiv.org/abs/2004.10568>.
3. Gholami A., Kim S., Dong Z., Yao Z., Mahoney M.W., & Keutzer K. (2021). A Survey of Quantization Methods for Efficient Neural Network Inference. Proceedings of the IEEE. URL: <https://arxiv.org/abs/2103.13630>.

4. He Y., Dong X., & Yan S. (2019). Searching for Low-Bit Weights in Quantized Neural Networks. Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS). URL: <https://arxiv.org/abs/1812.00335>.

© Гайнетдинов Р.Р., 2024

Б.В. ГАЛИЦКОВ, М. С. МАКСИМОВ, О.М. АХУНОВ*bogdan.galitskov.02@mail.ru, maks6863@gmail.com, akhunov.o@yandex.ru*Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. **А.И. АБДУЛНАГИМОВ***Уфимский университет науки и технологий***ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ АВТОНОМНОГО ДВИЖЕНИЯ
ГОНОЧНОГО БОЛИДА НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ**

Аннотация: в работе описана разработка системы компьютерного зрения для автономного управления беспилотным болидом. Реализованы и протестированы два алгоритма управления: с использованием гомографии и YOLO, а также на основе методов OpenCV. Для тестирования создана симуляция на платформе Unity с клиент-серверной архитектурой для интеграции Python-алгоритмов. Реализована распараллеливающая система для ускорения процессов. Алгоритмы протестированы на реальном видео и в симуляции.

Ключевые слова: машинное зрение; автономное движение; траекторное управление движением; беспилотный болид; YOLO; гомография; OpenCV; Unity

Введение

Разработка беспилотного транспорта активно развивается, включая создание автономных гоночных болидов. Такие соревнования, как Formula Student, стимулируют исследования в этой области [1-3]. Основной задачей является построение траектории движения на основе данных с камер и других сенсоров [4-6]. В работе исследованы алгоритмы на базе YOLO и OpenCV для автономного управления болидом, а также протестированы их реализации в симуляции.

Решение на алгоритме YOLO и методе гомографии

Для детектирования конусов была выбрана архитектура YOLO благодаря ее высокой точности и скорости [7-10]. Обучение проводилось на данных, размеченных в Unity. Тестирование показало, что YOLOv8n лучше всего подходит для интеграции (табл. 1).

Таблица 1

Сравнительный анализ обученных моделей

Модель	map50	map75	map50-95	Скорость инференса, мс
yolov8n	0.823	0.464	0.452	81.1
yolov9n	0.765	0.418	0.429	85.4
yolov10n	0.795	0.435	0.430	90.5

Тестирование показало, что по качеству модели, скорости инференса и размеру модели для интеграции в микрокомпьютер больше подходит архитектура YOLOv8n.

Обработка детекции с помощью гомографии

Имея координаты конусов, получаемые в реальном времени, можно преобразовать их в вид сверху при помощи метода гомографии. Гомография – это преобразование, которое отображает точки одного изображения (в нашем случае, это точки центров задетектированных конусов с камеры, установленной на болиде) в точки соответствия другого изображения (то есть, получение изображения с расположениями конусов с вида сверху). Если рассматривать пример переноса одной точки с одного изображения в такую же точку вида сверху другого изображения, то данное действие можно описать как решение уравнения:

$$\begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \\ 1 \end{pmatrix} = H \times \begin{pmatrix} x_2 \\ y_2 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} h_{00} & h_{01} & h_{02} \\ h_{10} & h_{11} & h_{12} \\ h_{20} & h_{21} & h_{22} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} x_2 \\ y_2 \\ 1 \end{pmatrix},$$

где H – это матрица гомографии; x и y – координаты точки на изображении.

После этого, используя полученные точки, строится многоугольник, который представляет собой видимую полосу, по которой едет болид. После находим центр тяжести этого многоугольника, который дает информацию о том, где находится центр данной полосы на камере в любой момент времени.

Система управления болидом на основе YOLO детекции

Нахождение центра тяжести (центра полосы на камере), позволяет рассчитать необходимый угол поворота, на который нужно повернуть болиду, чтобы всегда держаться центра полосы, и не съезжать с нее. Расчет происходит на основе расчета угла между двумя векторами в гомографической проекции. Первый вектор – целевой, который соединяет середину нижней грани картинки с центром многоугольника. Второй – вектор направления болида, который коллинеарен и противоположно направлен с осью y . Оба вектора нормализуются и угол отклонения считается с помощью их скалярного произведения. Для того чтобы понять в какую сторону поворачивать используется векторное произведение. После определения угла и стороны отклонения происходит расчет поворота руля, который находится как умножения угла отклонения на некий коэффициент пропорции (был подобран эмпирически). Чем больше угол между двумя векторами, тем сильнее должен тормозить болид.

$$v = v_{max} \times \left(1 - \frac{\theta}{\pi}\right)$$

где θ – угол отклонения от целевого вектора, v – скорость которая передается болиду, v_{max} – максимальная скорость болида.

По результатам тестирования данного подхода выявлено, что данная система хорошо справляется с задачей удержания в полосе без поворотов. Но при добавлении некоторого отклонения, болид ведет себя нестабильно на поворотах и не только. Например, при тестировании системы на треке с небольшим плавным поворотом полосы, алгоритм с некоторым шансом мог подавать команды поворота раньше времени, что приводило к сбиванию конусов. Это происходило в том числе из-за того, что возникают ситуации, когда с одной из сторон было найдено больше конусов чем с другой. Для решения этой проблемы рассмотрен иной подход детекции и управления.

Решение на основе наложения масок и поиска контуров объектов

Для детекции однотонных конусов было создано решение на основе наложения масок и поиска контуров объектов. Весь требуемый функционал имеет библиотека для работы с компьютерным зрением OpenCV [11].

Для цвета (в формате HSV) каждого конуса были подобраны границы, при наложении маски в этих границах отсекались все иные объекты с фотографии. Для определения границ был разработан отдельный скрипт. Ниже представлен пример наложения маски (рис. 1).

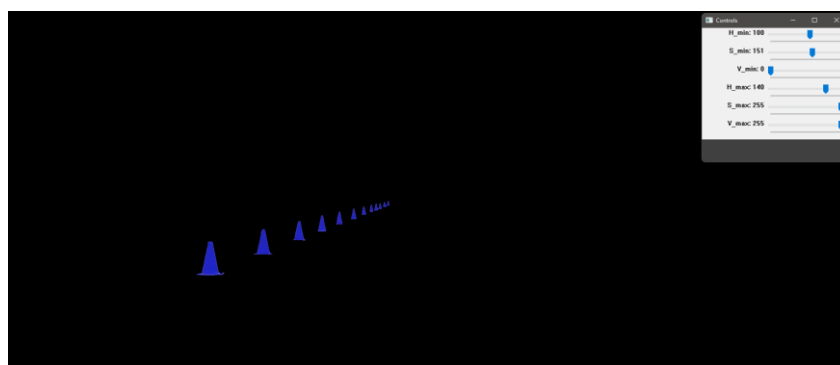


Рис. 1. Пример наложения маски

Далее был применен алгоритм поиска контуров объектов на картинке с маской в результате которого были получены ограничивающие прямоугольники для каждого конуса. Новый алгоритм обладает еще одним важным преимуществом по сравнению с алгоритмом детекции YOLO. Время обработки каждого кадра упало с примерно 99.6мс (у YOLO) до 5.5мс у OpenCV, что в условиях задачи управления беспилотным болидом является критическим фактором при выборе алгоритма детекции. Такой подход позволяет стабильно и быстро детектировать впереди стоящие конусы.

Алгоритм удержания в полосе

Алгоритм определения целевого угла болида с использованием гомографической проекции обладает несколькими недостатками:

1. Сложность расчета точной матрицы преобразования координат;
2. Неправильное определение целевого угла при поворотах полосы.

Предпринята попытка упростить алгоритм, отказавшись от гомографии.

Новый алгоритм использует найденные координаты прямоугольников, для определения точки - центра полосы, в которой нам нужно оказаться. Эта точка находится как середина между x координатами конусов левой и правой полос трассы. В эту точку строится вектор и по аналогии с предыдущим методом определяется угол между целевым вектором и вектором направления движения болида. Так как детектор находит ближайшие 3-4 конуса, то только они и влияют на построение целевого угла.

Данный алгоритм хорошо себя показал при тестировании на треке с плавным поворотом, позволяя проходить его стабильно (рис. 2).

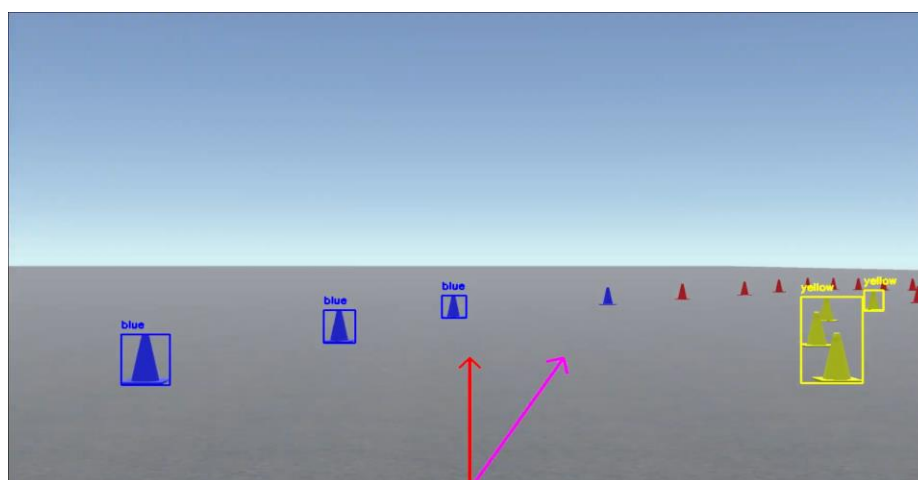


Рис. 2. Пример поворота

Алгоритм траекторного следования с балансировкой и сглаживанием центральной линии

В первую очередь была добавлена функциональность балансировки конусов. Если найдены конусы одного цвета (например, синие или желтые), их позиции используются для восстановления отсутствующих конусов. Это помогает в ситуациях, когда видно конусы только одного цвета продолжать строить траекторию. Далее происходит вычисление центральной линии без изменений. После чего осуществляется сглаживание траектории. Чтобы исключить резкие изменения направления, применяется усреднение координат точек в окрестности.

Следующим этапом, после нахождения траектории, на ней находится точка, отстоящая на заданное расстояние от текущей позиции для определения целевой точки, которая гарантирует удержание в полосе. На рис. 3. представлен пример построения траектории новым алгоритмом на треке «змеяке».

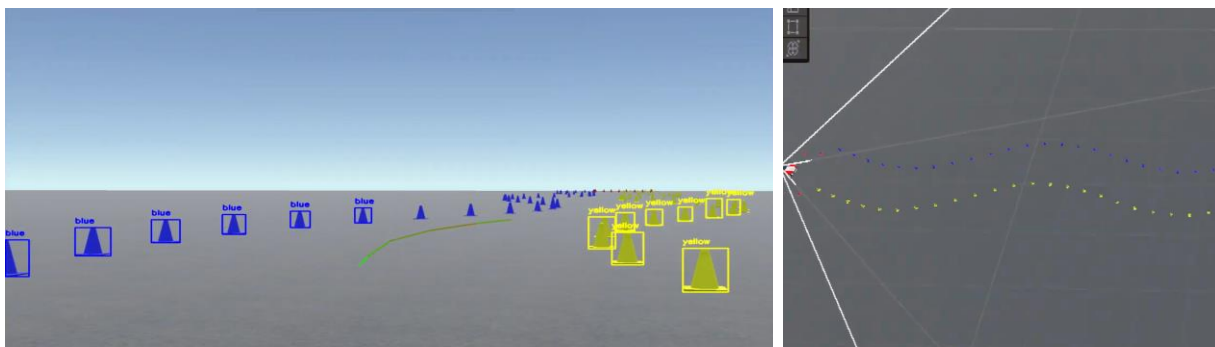


Рис. 3. Траектория на треке «Змейка»

Заключение

В работе исследованы различные подходы детектирования конусов для выстраивания траектории движения беспилотным гоночным болидом с использованием методов компьютерного зрения. Рассмотрено решение на базе архитектуры YOLOv8n, которое с точностью 82 % (mAP50) детектировало конусы и использовало гомографическую проекцию для преобразования координат объектов в пространстве. Данное решение показало сильные отклонения в траектории движения на поворотах из-за нестабильной детекции конусов.

Второй подход в детекции на основе методов OpenCV с использованием наложения масок и поиска контуров объектов позволил значительно сократить время инференса (с 99.6 мс до 5.5 мс) и обеспечить стабильное прохождение поворотов. Предложено улучшение алгоритма, включающее балансировку конусов, сглаживание траектории и построение целевой точки, что позволило добиться устойчивого движения на сложных участках, включая трек «змеяка».

Алгоритмы были протестированы как на записанных видео движения болида, так и в симуляции, созданной в Unity с интеграцией Python-алгоритмов. Полученные результаты демонстрируют эффективность предложенных решений и их потенциал для дальнейшего развития технологий автономного управления беспилотным транспортом.

Библиографический список

1. Официальный сайт Министерства транспорта Российской Федерации. URL: <https://mintrans.gov.ru/press-center/news/11461> (дата обращения: 24.11.2024).
2. Chen L., Wu P., Chitta K., Jaeger B., Geiger A., Li H. End-to-end Autonomous Driving: Challenges and Frontiers // ArXiv, 2024. С. 1–20. URL: <https://arxiv.org/abs/2306.16927> (дата обращения: 24.11.2024).
3. Formula Student Germany. FSG Competition Handbook 2024. 2023-12-11. URL: <https://www.formulastudent.de> (дата обращения: 24.11.2024).

4. Santos S.D.R., Azinheira J.R., Botto M.A., Valério D. Path Planning and Guidance Laws of a Formula Student Driverless Car // World Electric Vehicle Journal. 2022. Vol. 13. P. 100. DOI: 10.3390/wevj13060100.
5. Dhall A., Dai D., Van Gool L. Real-time 3D Traffic Cone Detection for Autonomous Driving // ArXiv, 2019. С. 1–8. URL: <https://arxiv.org/abs/1902.02394> (дата обращения: 24.11.2024).
6. Tian H., Ni J., Hu J. Autonomous Driving System Design for Formula Student Driverless Racecar // ArXiv, 2018. С. 1–6. URL: <https://arxiv.org/pdf/1809.07636> (дата обращения: 24.11.2024).
7. Cech J., Sip R. Visual Detection of Traffic Cones for Autonomous Student Formula // ČVUT DSpace, 2022. С. 1–46. URL: <https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/101636/F3-BP-2022-Sip-Roman-main.pdf> (дата обращения: 24.11.2024).
8. Документация Ultralytics. URL: <https://docs.ultralytics.com/> (дата обращения: 01.10.2024).
9. Yaseen M. What is YOLOv8: An In-Depth Exploration of the Internal Features of the Next Generation Object Detector // ArXiv, 2024. URL: <https://arxiv.org/html/2408.15857v1> (дата обращения: 24.11.2024).
10. Wang C.-Y., Yeh I.-H., Liao H.-Y.M. YOLOv9: Learning what you want to learn using programmable gradient information // ArXiv, 2024. С. 1–18. URL: <https://arxiv.org/abs/2402.13616> (дата обращения: 24.11.2024).
11. Wang A., Chen H., Liu L., Chen K., Lin Z., Han J., Ding G. YOLOv10: Real-Time End-to-End Object Detection // ArXiv, 2024. С. 1–21. URL: <https://arxiv.org/abs/2405.14458> (дата обращения: 24.11.2024).

© Галицков Б.В., Максимов М.С., Ахунов О.М., 2024

Б.В. ГАЛИЦКОВ, М. С. МАКСИМОВ, О.М. АХУНОВ

bogdan.galitskov.02@mail.ru, maks6863@gmail.com, akhunov.o@yandex.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. **А.И. АБДУЛНАГИМОВ**

Уфимский университет науки и технологий

ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМИ ОБЪЕКТАМИ ГОРОДА

Аннотация: в работе рассматриваются методы глубокого обучения на основе архитектуры YOLO для разработки интеллектуального детектора транспортных объектов. Система классифицирует транспортные средства по типам: автомобиль, грузовик, мотоцикл, автопоезд, автобус, а также выполняет их подсчет в заданных зонах. Проведен анализ точности распознавания, классификации. Полученные результаты могут использоваться для анализа дорожного трафика, прогноза транспортной загруженности и оптимизации городского управления движением.

Ключевые слова: обнаружение транспортных объектов; компьютерное зрение; YOLOv8; классификация транспортных средств; детектор.

Введение

С развитием технологий Интернета вещей (IoT), искусственного интеллекта (ИИ) и мобильных сетей пятого и шестого поколений (5G/6G) открываются новые горизонты для создания интеллектуальных транспортных систем. Эти технологии обеспечивают возможность автомобилям интегрироваться в единую информационную среду, где они могут обмениваться данными и взаимодействовать друг с другом в реальном времени. Это позволяет не только повысить безопасность и эффективность движения на дорогах, но и создать основу для будущего развития автономных транспортных средств. Для развития технологий V2I/V2V в части обнаружения опасностей и предотвращения столкновений активно начинают применяться интеллектуальные алгоритмы в связке с радарными, лидарными и камерными видеонаблюдениями. Применение нейронных сетей (НС) позволяет построить надежную систему определения и классификации объектов дорожного движения, определения положения и расстояния между ними. К примеру, в одной из статей сравнение доли решений в сфере транспорта и логистики связанных с ИИ показало, что преимущественно (>40 % решений) создано на основе компьютерного зрения [1–3].

Подготовка данных

Подготовлен набор из 300 размеченных по классам (автобусы – bus, автомобили – car, грузовики – truck, автопоезда – autotrain, мотоциклы – moto) фотографий с видео, снятого с квадрокоптера. Набор данных представляет собой картинки и файлы с разметкой участников дорожного движения. Разметка производилась в системе LabelStudio (рис. 1)

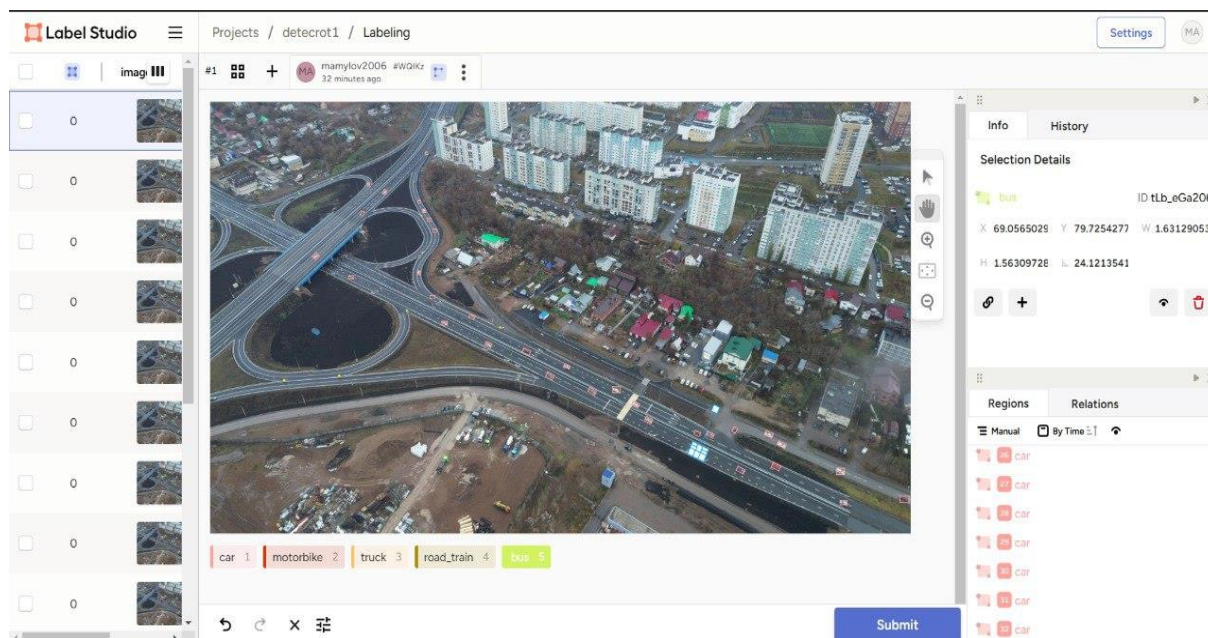


Рис. 1. Пример LabelStudio

Исследуемые архитектуры YOLO

Алгоритм YOLO [4] (You Look Only Once) является эффективным для детекции объектов в реальном времени. В таблице 1 приведен сравнительный анализ различных архитектур. Обучение проводилось на облачных мощностях (T4 GPU). Были обучены версии YOLOv5 и v8 на 30 эпохах. Была получена метрика mAP 64 %, что недостаточно для работы интеллектуальной системы. На датасете были обучены YOLO версии 5s (40 эпох), 8n (35 эпох) и 9c (30 эпох), 10n (40 эпох). По сравнению с прошлым датасетом с людьми, метрика mAP увеличились в среднем до 77 %.

Таблица 1

Сравнительный анализ обученных моделей

Версия	Метрика mAP, %	Скорость инференса, мс
YOLOv5s	81 %	223
YOLOv8n	77.6 %	112
YOLOv9c	78.9 %	525
YOLOv10n	76.8 %	104

На основании полученных результатов модель YOLOv9c продемонстрировала лучшие показатели по метрикам, однако из-за увеличенного размера самой модели и ее веса она оказалась самой медленной. В связи с этим было принято решение использовать YOLOv8n на данном этапе.

Ускорение вычислений на суперкомпьютере. сравнение времени обучения

Ранее было описано обучение моделей YOLO на бесплатных ресурсах Google Colab (T4 GPU). Однако из-за ограничений данного сервиса выполнить полное обучение моделей не удалось. Для устранения этих ограничений было принято решение обучить модели различных версий на суперкомпьютере с видеокартой NVIDIA A100 и провести сравнительный анализ времени обучения. Обучающая и валидационная выборки остались прежними. 3162 изображения в обучающей выборке и 101 изображение в валидационной. На основании проведенного тестирования моделей различных версий YOLO можно в табл. 2, можно сделать вывод, что YOLOv8n является наиболее подходящей. Несмотря на меньший размер модели, YOLOv8n достигает значения метрики mAP, равного 0.809. Это близко к результатам YOLOv5s (0.818), но при этом YOLOv8n выигрывает по скорости.

Таблица 2

Сравнительный анализ времени обучения

Модели	Batch size	Количество эпох	Время обучения в colab	Время обучения на суперкомпьютере	Метрика, mAP
YOLOv5s	16	40	~90 мин.	–	0.81
YOLOv5s	16	150	–	54 мин	0.818
YOLOv8n	16	35	~75 мин	–	0.776
YOLOv8n	16	150	–	49 мин	0.809
YOLOv9c	16	30	~70 мин	–	0.789
YOLOv9t	16	150	–	98 мин	0.792
YOLOv10n	32	40	~80 мин	–	0.768
YOLOv10n	32	150	–	48 мин	0.786

Апробация разработанных моделей

Для тестирования разработанной системы был реализован алгоритм подсчета транспортных средств, основанный на пересечении их bounding box с линией отсчета. Система классифицирует объекты (например, легковые автомобили, грузовики) и обновляет статистику, которая сохраняется в виде Excel-таблицы (табл. 3).

Для предотвращения переназначения идентификаторов транспортных средств (ID) используется алгоритм, обеспечивающий корректное отслеживание объектов на протяжении всей области видимости. Это позволяет исключить ошибки, связанные с повторным подсчетом одного и

того же автомобиля. Модель была протестирована на видеоданных, снятых с беспилотного летательного аппарата (БПЛА). Для подсчета транспортного потока были выбраны участки дороги, на которых определялось общее количество автомобилей. Полученные данные позволяют оценивать интенсивность движения и распределение транспортных средств по категориям. Точность системы на тестовых данных составила 94,7 % по метрике mAP (mean Average Precision), что демонстрирует высокую эффективность разработанного решения для задач детекции и классификации объектов в условиях реального дорожного движения (рис. 2).

Таблица 3

Пример формирования статистики

Зона	Автобус	Легковые	Грузовые	Всего
Зона 1	0	16	1	17
Зона 2	0	19	1	20
Зона 3	0	4	0	4
Зона 4	0	8	0	8
Зона 5	0	2	0	2



Рис. 2. Тестирование на ПК

Заключение

В ходе работы разработан детектор транспортных средств на основе глубоких нейронных сетей, применяющий архитектуру YOLOv8 nano для подсчета и анализа дорожного трафика с использованием данных, снятых с БПЛА. Проведенные эксперименты подтвердили, что модель успешно выполняет задачи детекции и классификации транспортных средств, достигая точности 94,7 % по метрике mAP. Использование алгоритма

предотвращения переназначения идентификаторов (ID) позволило обеспечить корректное отслеживание объектов в динамике. Преобразование модели в формат TensorRT и оптимизация настроек для работы с GPU продемонстрировали высокую производительность, обеспечивая обработку данных в реальном времени. Преимущества разработанной системы включают ее адаптивность для интеграции в компактные вычислительные платформы, что делает ее пригодной для использования в интеллектуальных транспортных системах. Полученные результаты могут быть применены для анализа и прогнозирования дорожного трафика, а также для создания систем управления транспортными потоками. В дальнейших исследованиях планируется совершенствование методов оптимизации моделей и адаптация системы для работы в различных условиях дорожного движения. Это обеспечит еще большую универсальность и эффективность применения разработанной системы.

Библиографический список

1. Эффективные отечественные практики применения технологий искусственного интеллекта в сфере транспорта и логистики. URL: https://files.data-economy.ru/Docs/Effektivnye_otechestvennyye_praktiki_primeneniya_tehnologiy_ii_v_sfere_transporta_i_logistiki.pdf (дата обращения: 24.11.2024).
2. Компьютерное зрение для аналитики дорожного движения: 3 успешных кейса. URL: <https://www.secuteck.ru/articles/kompyuternoe-zrenie-dlya-analitiki-dorozhnogo-dvizheniya-3-uspeshnyh-kejsa> (дата обращения: 24.11.2024).
3. Минаков В.А., Фоменко В.К. Технология машинного зрения на локомотивах для идентификации путевых сигналов // Путь и путевое хозяйство. 2020. Т. 12. С. 25–31. URL: <https://mirtr.elpub.ru/jour/article/download/1770/2196> (дата обращения: 24.11.2024).
4. Redmon J., Divvala S., Girshick R., Farhadi A. You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection // Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 2016. P. 779–788. URL: https://www.cv-foundation.org/openaccess/content_cvpr_2016/papers/Redmon_You_Only_Look_CVPR_2016_paper.pdf (дата обращения 24.11.2024).

© Галицков Б.В., Максимов М.С., Ахунов О.М., 2024

К.Б. ГУСМАНОВА

kamilla@ufagen.ru

Науч. руковод. – д-р техн. наук, проф. **Г.Р. ШАХМАМЕТОВА**

Уфимский университет науки и технологий

РАСПОЗНАВАНИЕ ОБРАЗОВ В ПАЛЕОНТОЛОГИИ

Аннотация: статья описывает применение технологий искусственного интеллекта (ИИ), в частности, машинного обучения и нейронных сетей, в палеонтологии для автоматизации анализа палеонтологических данных.

Ключевые слова: искусственный интеллект, машинное обучение, нейронные сети, палеонтология, распознавание образов, классификация ископаемых, микроископаемые, глубокое обучение, автоматизация анализа данных.

Технологии ИИ в палеонтологии

Применение методов машинного обучения и нейронных сетей в палеонтологии началось сравнительно недавно, но уже стало значительным шагом вперед в области научных исследований. Эти технологии открывают широкие возможности для автоматизации задач, ранее требовавших значительных временных и трудовых затрат. В исследованиях, описанных в [1], подчеркивается разнообразие направлений, где искусственный интеллект может оказать существенную помощь. Среди таких задач – классификация микро- и макроископических образцов, сегментация изображений окаменелостей, а также прогнозирование эволюционных трендов, что особенно важно для понимания долгосрочных процессов развития жизни на Земле.

Одним из ключевых результатов применения ИИ стало значительное упрощение и ускорение анализа палеонтологических данных. Машинное обучение позволяет эффективно обрабатывать большие объемы информации, выявляя закономерности, которые ранее могли оставаться незамеченными. Благодаря автоматизации таких процессов исследователи получают возможность сосредоточиться на более сложных и фундаментальных аспектах своей работы, таких как разработка новых гипотез, интерпретация полученных данных и поиск уникальных взаимосвязей в эволюции живых организмов.

Несмотря на впечатляющие достижения, текущий уровень применения искусственного интеллекта в палеонтологии все еще находится на начальной стадии. Это связано с рядом факторов, включая необходимость создания специализированных алгоритмов, адаптирован-

ных под задачи данной области, и потребность в высококачественных данных для обучения моделей. Кроме того, требуется углубленное сотрудничество между палеонтологами и специалистами в области ИИ для разработки наиболее эффективных методов и инструментов.

Для реализации полного потенциала машинного обучения в палеонтологии важно продолжать активные исследования, развивать новые подходы и совершенствовать существующие методы. Только тогда искусственный интеллект сможет стать неотъемлемым инструментом, способным привести к революционным открытиям в изучении эволюции жизни и истории нашей планеты.

Распознавание образов в палеонтологии

Распознавание образов играет ключевую роль в палеонтологии, позволяя идентифицировать и классифицировать ископаемые останки. Этот процесс крайне важен для изучения эволюции организмов и изменений в биологических системах на протяжении времени. Однако анализ микроскопических останков, особенно из ранних геологических периодов, представляет значительные трудности. Из-за их небольшого размера и хрупкости традиционные методы извлечения и обработки часто требуют много времени и усилий, при этом их эффективность остается ограниченной.

Так, в статье [2] описывается методика, направленная на идентификацию отдельных таксонов кембрийских микроскопических останков. Этот подход использует ограниченное количество образцов и основан на применении предварительно обученной модели из области палеонтологического искусственного интеллекта. В основе метода лежит глубокая нейронная сеть с 34 слоями, в которой применяется модель ImageNet, предварительно обученная на естественных изображениях. Для адаптации к задачам палеонтологии параметры низкоуровневых слоев сети замораживаются, а высокоуровневые слои переобучаются с учетом специфики данных. Для обучения были сформированы наборы данных с произвольно выбранными изображениями, различающимися по количеству для каждого таксона. Эксперименты показали, что средняя точность распознавания таксонов с использованием 50 изображений на таксон превышает 97 %, а при наличии всего трех обучающих изображений достигает 85 %. Сравнительный анализ продемонстрировал, что предложенный метод значительно превосходит традиционные подходы, такие как транспонированные сверточные нейронные сети (TCNN). Это подчеркивает потенциал использования естественных изображений (например, из ImageNet) для обучения моделей, способных эффективно распознавать микроскопические останки. Данный метод открывает перспективы для обнаружения и изучения редких ископаемых, предоставляя палеонтологам мощный инструмент для исследований.

В другом исследовании [3] применялись методы машинного обучения для автоматизации идентификации ископаемых путем создания обширного набора данных. Этот набор включал более 16 000 пар "изображение-метка", представляющих двустворчатых моллюсков и брахиопод, взятых из открытых источников литературы. В ходе работы исследователи оценивали эффективность различных моделей сверточных нейронных сетей, включая VGG-16, Inception-ResNet-v2 и EfficientNetV2s, для выполнения задач классификации. Результаты исследования показали, что модель EfficientNetV2s превзошла другие в точности идентификации ископаемых. Автоматическая классификация охватывала 22 рода и 16 видов, обеспечивая точность более 80 %. Кроме того, исследователи провели эксперименты по определению нескольких видов внутри одного рода, достигнув точности около 64 %. Даже при использовании относительно небольшого объема данных разработанные модели продемонстрировали высокую эффективность, что подчеркивает их потенциал в поддержке работы палеонтологов. Важно отметить, что такие алгоритмы служат инструментами, дополняющими экспертные методы идентификации, но не заменяют их. Они опираются на уже существующие вручную созданные таксономии для обучения и не способны самостоятельно формировать новые таксономические классификации. Тем не менее, использование машинного обучения позволяет значительно ускорить процесс анализа, предоставляя ученым больше времени для сосредоточения на сложных и творческих аспектах их исследований.

Исследование [4] посвящено применению анализа изображений для биометрических исследований хитиной – морских микрофоссилий с органическими стенками, которые играют ключевую роль в биостратиграфии. В работе рассматриваются методы оцифровки образцов и анализа их формы и структуры с использованием быстрого преобразования Фурье (БПФ) и морфометрических инструментов. Основной целью исследования было разработать объективные методы для биометрического и таксономического анализа хитиной. Результаты подтвердили эффективность применения анализа изображений и БПФ для исследования хитиной. Проведенный кластерный анализ позволил выделить группы образцов с высокой внутренней согласованностью, что свидетельствует об их сходстве в форме и структуре. Однако часть образцов оказалась сгруппирована в таксономически неправильных позициях, что, вероятно, связано с неопределенностью классификации хитиной.

В заключении подчеркивается, что использование анализа изображений является ценным инструментом для палеонтологов. Новые биометрические параметры, предложенные в исследовании, предоставляют объективные данные о форме и структуре хитиной, что может быть полезным для уточнения их классификации. Этот подход

также демонстрирует высокий потенциал анализа изображений для дифференциации и классификации даже самых схожих ископаемых объектов.

Применение современных технологий, таких как машинное обучение и анализ изображений, в палеонтологии открывает новые возможности для более эффективного изучения ископаемых. Эти методы ускоряют и точнее выполняют задачи идентификации и классификации, облегчая работу исследователей. Хотя они не могут полностью заменить традиционные методы, они предоставляют мощные инструменты для анализа и расширяют потенциал палеонтологических исследований, способствуя более глубокому пониманию эволюции жизни на Земле.

Библиографический список

1. Yu C., AI in paleontology / Congyu Yu, Fangbo Qin, Akinobu Watanabe, Weiqi Yao, Ying Li, Zichuan Qin, Yuming Liu, Haibing Wang, Qigao Jiangzuo, Allison Y. Hsiang, Chao Ma, Emily Rayfield, Michael J. Benton, Xing Xu // bioRxiv. 2023. URL: <https://doi.org/10.1101/2023.08.07.552217>.
2. Wang B., Recognition of Rare Microfossils Using Transfer Learning and Deep Residual Networks / Bin Wang, Ruyue Sun, Xiaoguang Yang, Ben Niu, Tao Zhang, Yuandi Zhao, Yuanhui Zhang, Yiheng Zhang, Jian Han // MDPI – 2022. URL: <https://doi.org/10.3390/biology12010016>.
3. Sun J., Automatic identification and morphological comparison of bivalve and brachiopod fossils based on deep learning / Jiarui Sun, Xiaokang Liu, Yunfei Huang, Fengyu Wang, Yongfang Sun, Jing Chen, Daoliang Chu, Haijun Song // Peerj – 2023. URL: <http://doi.org/10.7717/peerj.16200>.
4. Verrecchia E., Classification of Chitinozoa (Llandoveryan, Canada) Using Image Analysis / Éric P. Verrecchia, Geert Van Grootel et Gérard Guillemet // edp sciences. 1996. URL: <http://dx.doi.org/10.1051/mmm:1996145>.

© Гусманова К.Б., 2024

В.В. ЕФИМЕНКО

MrRimidalV@yandex.ru

Науч. руковод. – д-р техн. наук, проф. **Г.Р. ШАХМАМЕТОВА**

Уфимский университет науки и технологий

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ И СУЩЕСТВУЮЩИХ РЕШЕНИЙ В ОБЛАСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В МЕДИЦИНЕ

Аннотация: в статье рассматриваются современные достижения в применении информационных технологий (ИТ) в медицине. Описаны ключевые технологии и программные решения, улучшающие точность диагностики и эффективность медицинских услуг. Обсуждаются этические и правовые аспекты использования ИТ, уделяется внимание требованиям обеспечения безопасности данных и конфиденциальности пациентов.

Ключевые слова: информационные технологии; сверточные нейронные сети (CNN); машинное обучение; медицина; телемедицина; цифровизация медицинских данных; электронные медицинские карты.

Информационные технологии (ИТ) играют ключевую роль в современной медицине, обеспечивая более высокую точность диагностики, эффективное лечение и улучшение доступности медицинских услуг. В данной работе рассматриваются примеры применения ИТ в медицинской науке и практике, а также их влияние на развитие персонализированной медицины. В свете растущего числа заболеваний дыхательных путей точное и быстрое распознавание патологий на рентгеновских снимках становится критически важным для своевременного лечения.

Данная исследовательская работа посвящена применению информационных технологий для улучшения диагностики и лечения. Цель исследования – анализ современного состояния и существующих решений в области применения информационных технологий в медицине для повышения качества и доступности медицинских услуг с акцентом на машинное обучение и телемедицину.

Для реализации поставленной цели необходимо решение следующих задач:

1. Анализ цифровизации медицинских данных: исследовать современные методы оцифровки медицинской информации и их влияние на доступность и качество медицинских услуг.

2. Изучение телемедицины: оценить роль телемедицины в удаленном мониторинге пациентов и определение ее эффективности для улучшения доступа к медицинским услугам в отдаленных регионах [3].

3. Оценка применения машинного обучения: изучить применение алгоритмов машинного обучения в медицине для повышения точности диагностики и персонализации лечения.

4. Разработка и внедрение диагностических систем: исследовать существующие решения в области автоматизированной обработки медицинских изображений и их интеграцию в процесс клинической диагностики.

5. Этические и юридические аспекты: рассмотреть этические и правовые вопросы, связанные с использованием информационных технологий и искусственного интеллекта в медицине.

6. Оценка эффективности и потенциала ИТ в медицине: провести анализ эффективности использования информационных технологий в различных областях медицинской науки и практики.

Практическая значимость результатов заключается в улучшении качества медицинских услуг и их доступности для широкого круга пациентов. Реализация разработанных подходов и технологий позволяет:

- Ускорить процесс диагностики и улучшить ее точность благодаря внедрению автоматизированных систем обработки медицинских данных.

- Обеспечить более персонализированный подход к лечению пациентов через анализ больших объемов данных и использование моделей машинного обучения.

- Повысить эффективность работы медицинских учреждений путем оптимизации рутинных процессов и освобождения времени специалистов для более тщательного клинического подхода.

- Расширить доступность медицинской помощи в отдаленных и труднодоступных регионах с помощью телемедицинских технологий.

- Создать предпосылки для дальнейшего развития наук о здоровье путем интеграции биоинформатики и искусственного интеллекта в медицинские исследования.

Современное развитие электронных медицинских карт (ЭМК) предоставляет врачам и медицинским учреждениям возможность более эффективно и безопасно хранить, и извлекать информацию о пациентах. ЭМК включают в себя не только текстовую информацию о пациентах, но и изображения, результаты лабораторных исследований, а также истории болезней. Это оптимизирует и ускоряет процесс медицинского обслуживания, минимизирует риски потери данных и снижает вероятность ошибок при их обработке. Пример внедрения ЭМК в системе здравоохранения Москвы показал улучшение качества обслуживания на 20 % с сокращением времени ожидания на приеме и увеличением точности диагнозов [4].

Телемедицина, благодаря использованию современных аудиовизуальных технологий, позволяет врачам предоставлять консультации пациентам, находящимся в разных географических точках, удаленных регионах или странах. Особенно это стало важным в условиях глобальных вызовов, таких как пандемия COVID-19, когда физические визиты были ограничены. Телемедицинские платформы помогают снизить нагрузку на медицинские учреждения и позволяют врачам следить за хроническими пациентами в режиме реального времени. Например, в ходе программы телемедицины в Красноярском крае, показатель удовлетворенности пациентов увеличился на 25 %, а количество очных визитов сократилось на 15 % [5].

Машинное обучение, а именно использование сверточных нейронных сетей (CNN) [1], показало значительные улучшения в анализе медицинских изображений. Технологии глубокого обучения применяются для анализа рентгеновских снимков, МРТ, КТ, маммограмм, что значительно улучшает точность выявления патологий. Исследования показывают, что использование CNN повышает точность обнаружения опухолей и воспалительных процессов на 30 % по сравнению с классическими методами визуальной диагностики [8].

Использование алгоритмов машинного обучения (МО) в управлении клиническими данными открывает новые горизонты в раннем выявлении и прогнозировании риска развития заболеваний [2]. Алгоритмы МО анализируют большие объемы медицинских данных для выявления скрытых закономерностей и предсказания вероятности возникновения осложнений у пациентов. Пример: прогнозирование риска сердечно-сосудистых заболеваний у пожилых людей в Московской области позволило автомедицинским службам улучшить профилактическую помощь благодаря своевременному вмешательству и снизить уровень госпитализации на 10 % [10].

С увеличением цифровизации и использования ИТ в здравоохранении, внимание к этическим и правовым вопросам становится все более актуальным. Защита конфиденциальности и обеспечение безопасности данных становятся центральными элементами при внедрении новых технологий в медицинскую практику. Создание и внедрение стандартов безопасности, учитывающих специфику обработки медицинских данных, необходимо для сохранения доверия пациентов и соблюдения законодательных требований. Принятие таких стандартов особенно важно для обеспечения защиты персональных данных и предотвращения их утечки.

Интеграция ИТ в медицину значительно улучшила клиническую практику, сделав диагностику более точной и доступной, повысив уровень персонализированного подхода к лечению [6]. Однако необходимо продолжать внимательное изучение и обсуждение этических и правовых

вопросов, связанных с использованием этих технологий. Будущие исследования должны быть направлены на безопасное и эффективное использование ИТ в интересах пациентов, поддерживая баланс между инновациями и правами на конфиденциальность [9].

Проанализировав теоретический материал, можно выделить ключевые направления и подходы в использовании информационных технологий в медицине, которые способствуют ее развитию. Полученные данные подчеркивают необходимость:

- внедрения современных цифровых решений для оптимизации хранения и обмена медицинской информацией, что значительно ускоряет и упрощает доступ к медицинским данным;
- активного использования телемедицины, позволяющей обеспечить качественную медицинскую помощь в отдаленных регионах, а также способствующей сокращению времени на получение консультаций;
- развития алгоритмов машинного обучения, которые улучшают точность диагностики и позволяют разрабатывать персонализированные планы лечения с учетом специфики каждого пациента;
- установления четких этических и правовых рамок для безопасного применения технологий в медицине, чтобы обеспечить защиту персональных данных пациентов;
- поддержания постоянного взаимодействия между разработчиками технологий и медицинскими специалистами для адаптации решений к практическим нуждам здравоохранения.

Примеры, рассмотренные в данной работе, демонстрируют широкие возможности применения информационных технологий в различных сферах медицинской науки и практики. ИТ помогают улучшить качество и доступность медицинских услуг, повысить точность диагностики и эффективность лечения, а также способствуют развитию персонализированной медицины.

Кроме того, на стыке медицины и информационных технологий появилась наука Биоинформатика, междисциплинарная наука, которая использует методы информатики для анализа и интерпретации биологических данных. Она включает в себя создание и использование баз данных, алгоритмов, вычислительных и статистических техник для решения проблем, связанных с биологическими данными, такими как геномные последовательности, протеомы и метаболомы. Биоинформатика и машинное обучение тесно связаны в медицине, и их совместное использование открывает новые возможности для исследований и разработки инновационных методов диагностики и лечения [4].

Прогресс в информационных технологиях, связанный с появлением искусственного интеллекта, значительно ускорил и качественно улучшил поддержание здоровья человека через развитие ранней диагностики и профилактики, врачебных практик, фармакологии, протезирования и т. д.

Важно учитывать соблюдение этических норм и законов. Везде, где используется искусственный интеллект, нужен строгий аппаратный контроль над его деятельностью. А также контроль над деятельностью тех, кто занимается его разработками.

Таким образом, интеграция информационных технологий в медицину открывает новые горизонты для улучшения качества оказания медицинской помощи. Эти технологии не только способствуют повышению точности диагностики и эффективности лечения, но и обеспечивают более персонализированный подход к пациентам. Однако для успешной реализации этих инноваций важны дальнейшие исследования и особое внимание к этическим, правовым и технологическим аспектам. Обеспечение безопасности данных и постоянное обучение медицинского персонала является ключевыми факторами на пути к полному раскрытию потенциала информационных технологий в здравоохранении.

Библиографический список

1. Архитектура сверточной нейронной сети для классификации типов сцен [Электронный ресурс]. URL: <https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=37190> (дата обращения: 17.05.2024).
2. Введение в машинное обучение в Python: полное руководство с примерами [Электронный ресурс]. URL: <https://www.codecademy.com/blog/machine-learning-python-tutorial> (дата обращения: 19.05.2024).
3. Информационные технологии в здравоохранении – СП.АРМ [Электронный ресурс]. URL: <https://sparm.com/publications/informacionnye-tehnologii-v-mediczine> (дата обращения: 03.05.2024).
4. Искусственный интеллект анализирует рентген лучше врачей [Электронный ресурс]. URL: <https://www.techinsider.ru/technologies/news-450782-iskusstvennyy-intellekt-oboshel-vrachey-v-chtenii-rentgenovskih-snimkov/> (дата обращения: 15.05.2024).
5. Искусственный интеллект в медицине: методы применения ИИ с примерами [Электронный ресурс]. URL: <https://vc.ru/future/1030796-iskusstvennyy-intellekt-v-medicine-metody-primeneniya-ii-s-primerami-tehnologii-budushchee-mediciny-zdravoohraneniya-2024> (дата обращения: 11.05.2024).
6. Искусственный интеллект и анализ медицинских изображений [Электронный ресурс]. URL: <https://nauchniestati.ru/spravka/ii-i-analiz-mediczinskih-izobrazhenij/> (дата обращения: 12.05.2024).
7. Исследование эффективных архитектур сверточных нейронных сетей для классификации изображений [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-effektivnyh-arhitektur-svertochnyh-neyronnyh-setey-dlya-klassifikatsii-izobrazheniy> (дата обращения: 18.05.2024).

8. Машинное обучение – Дзен [Электронный ресурс]. URL: <https://education.yandex.ru/handbook/ml/article/mashinnoye-obucheniye> (дата обращения: 14.05.2024).

9. Машинное обучение в медицине: тенденции и достижения [Электронный ресурс]. URL: https://airobotic.ru/mashinnoe-obuchenie-i-iskusstvennyj-intellekt/mashinnoe_obuchenie_v_medicsine-_tendentsii_i_dostizhenija/ (дата обращения: 10.05.2024).

10. Машинное обучение на лабораторных данных для прогнозирования [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mashinnoe-obuchenie-na-laboratornyh-dannyh-dlya-prognozirovaniya-zabolevaniy> (дата обращения: 12.05.2024).

© Ефименко В.В., 2024

В.Д. ЖЕЛУДКОВ

vadim.winter2@mail.ru

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

Уфимский университет науки и технологий

КЛАССИФИКАЦИЯ ЛИТОФАЦИЙ ПО ТЕКСТОВОМУ ОПИСАНИЮ: ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Аннотация: в статье рассматривается подход для классификации литофаций по текстовому описанию геологического керна методами машинного обучения. Автором реализовано программное обеспечение, которое дает возможность определить класс фации и литофации на основе методов векторизации TF-IDF, Word2Vec, RuBERT и классификаторов Random Forest Classification (RFC) и Support Vector Machines (SVM). Программное решение позволяет классифицировать описания на 44 класса фаций.

Ключевые слова: классификация литофаций по текстовому описанию, векторизация, tf-idf, word2vec, rubert, random forest classification (rfc) и support vector machines (svm).

Введение

Литофация в геологии представляет собой геологическую единицу, характеризующуюся определенными типами горных пород, их структурой, текстурой, цветом, составом и другими физическими и химическими свойствами. Классификация литофаций имеет решающее значение для геологических исследований, поскольку она помогает лучше понять геологическую историю района, определить различные фазы геологического процесса, а также оптимизировать процессы бурения и поиска полезных ископаемых.

Традиционные методы классификации литофаций, основанные на аналитических алгоритмах, имеют ряд ограничений, таких как отсутствие автоматического извлечения признаков и низкая масштабируемость. В связи с этим возникает необходимость в разработке новых подходов, использующих методы машинного обучения для автоматизации процесса классификации.

Подход к классификации литофаций

Существующие аналитические алгоритмы для классификации литофаций по текстовому описанию ручным образом определяют правила на каждом этапе. Такие алгоритмы имеют преимущества в простоте интерпретации и незначительных требованиях к объему данных, но

страдают от отсутствия автоматического извлечения признаков, способности обобщения и масштабируемости.

Рассмотрим подход к решению задачи классификации текстовых описаний при помощи методов машинного обучения, который включает в себя несколько шагов:

Этап 1. Подготовка данных.

— Загрузка данных. Исходные данные, содержащие текстовые описания фаций и их классы, должны быть загружены из источника данных.

— Очистка данных. Текстовые данные могут содержать различные типы шумов, такие как пунктуация, пустые строки и т. д.

— Разметка классов. Каждый уникальный класс кодируется числовой меткой. Затем создается словарь соответствия этих меток и класса фации.

— Аугментация данных. Добавление дополнительных строк в исходные данные, которые будут содержать опечатки в словах.

— Токенизация. Тексты описаний фаций разделяются на отдельные слова или токены;

— Векторизация. Тексты преобразуются в числовые векторы, чтобы быть доступными для алгоритмов машинного обучения.

Для векторизации были выбраны три метода: IT-IDF, Word2Vec и RUBERT. Рассмотрим каждый метод относительно следующих аспектов: учет семантических отношений; обобщение на новые данные; чувствительность к длине текста; необходимость обучения.

Учет семантических отношений: IT-IDF не учитывает семантические отношения между словами, рассматривая каждое слово в отрыве от контекста; Word2Vec улавливает семантические отношения между словами, строя векторные представления на основе контекста, в котором они встречаются; RUBERT учитывает семантические отношения между словами и контекст, в котором они используются, благодаря использованию механизмов внимания и обучению на больших корпусах русскоязычного текста.

Обобщение на новые данные: IT-IDF не обобщает на новые данные, так как его веса основаны на статистике обучающего набора данных; Word2Vec способен обобщать на новые данные, так как его векторные представления слов захватывают общие семантические шаблоны; RUBERT способен обобщать на новые данные, благодаря своей способности захватывать семантические и синтаксические особенности русского языка.

Чувствительность к длине текста: IT-IDF может быть менее чувствителен к длине текста, так как его веса относятся к отдельным словам в документе; Word2Vec может быть более чувствителен к длине текста, так как векторное представление всего текста строится путем

агрегации векторов слов; RUBERT способен работать с текстами различной длины, благодаря механизмам внимания и возможности обработки последовательностей переменной длины.

Необходимость обучения: IT-IDF не требует обучения и использует только статистику текстового корпуса; Word2Vec требует обучения на больших объемах текстовых данных для построения векторных представлений слов; RUBERT требует обучения на больших корпусах русскоязычных текстов, чтобы адаптироваться к особенностям русского языка и задачам NLP.

Этап 2. Выбор модели.

Для каждой задачи существуют свои методы, которые более подходят под нее. Для классификации текста фаций можно использовать модели машинного обучения, такие как: Random Forest Classification (RFC), Logistic Regression, Extreme Gradient Boosting (XGBoost), Support Vector Machines (SVM).

Этап 3. Обучение модели.

Набор обучающих данных содержит векторное (числовое) представление описания фации и их классы для обучения модели. Модель используется в обучающих данных для изучения связей между классами фаций и текстовыми признаками.

Этап 4. Оценка модели.

Для оценки производительности модели можно использовать такие метрики, как Precision (Точность), Recall (Полнота), F1-score (F1-мера), Accuracy (Точность) и Support (Общее количество). Оценка происходит на тестовом наборе данных, который модель «не видела» в процессе обучения.

Набор данных состоит из 15543 строк, в которых содержится 2 столбца – Фация (выходной столбец, представляет собой название фации) и Описание (входной столбец, представляет собой текстовое описание керна). Для выбора наилучшей модели классификации текстового описания для конкретного метода векторизации, был выведен отчет о классификации, во время обучения этих моделей на обучающей выборке, состоящий из 12434 строк (80 % от всех данных).

Результаты оценки качества моделей для каждого метода векторизации представлены в табл. 1.

Таблица 1

Оценка качества моделей для различных методов векторизации

Метод векторизации	Наилучшая модель	Precision	Recall	F1-score	Accuracy
TF-IDF	Random Forest	0.79	0.79	0.79	0.79
Word2Vec	Random Forest	0.84	0.84	0.84	0.84
RuBERT	Support Vector Classifier	0.75	0.75	0.75	0.75

Проанализировав отчеты о классификации для каждого метода векторизации, был сделан вывод, какая модель справляется лучше всего. Для TF-IDF метода – это модель RFC (точность 0.79), для Word2Vec – RFC (точность 0.84), для RuBERT – это SVC модель (точность 0.75).

Этап 5. Настройка гиперпараметров.

Для улучшения производительности гиперпараметры модели могут быть модифицированы с помощью методов кросс-валидации или оптимизации параметров.

Этап 6. Прогнозирование.

После оценки и настройки модели можно прогнозировать классы фаций для новых текстовых описаний, которые не были включены в обучающий набор данных.

Этап 7. Поиск литофации.

Для каждой фации есть несколько вариантов допустимого лито. При помощи аналитического алгоритма необходимо найти более подходящую литофацию для данной фации.

Программное обеспечение было реализовано на языке Python с использованием библиотек Pandas, NumPy, PyMorpho3, SQLAlchemy, NLTK, Gensim, Transformers, Scikit-learn, PyTorch, XGBoost, Joblib и Telebot. Интерфейс программы реализован в виде Telegram-бота, обеспечивающего удобство использования для пользователей. На рис.1 представлен интерфейс пользователя.

Программное обеспечение было протестировано в нормальных, экстремальных и исключительных условиях. В нормальных условиях программа корректно обрабатывала текстовые описания керн. В исключительных условиях, таких как ввод текста с опечатками или текста длиной менее 100 символов, программа выдавала соответствующие предупреждения. В экстремальных условиях, при вводе текста длиной более 1500 символов, программа также корректно реагировала, выдавая сообщение об ошибке.

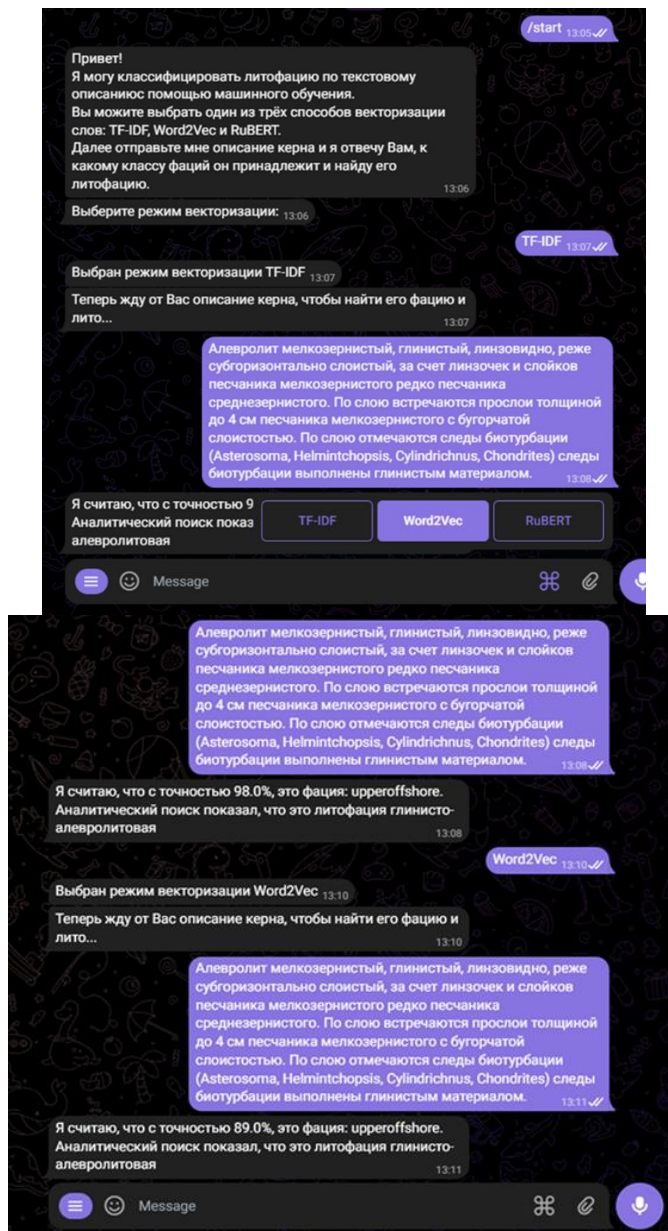


Рис. 1. Пример работы Telegram-бота

Заключение

Разработанное программное обеспечение для классификации литофаций по текстовому описанию геологического керна с использованием методов машинного обучения показало высокую эффективность и точность. Лучшие результаты были достигнуты с использованием метода векторизации Word2Vec и модели Random Forest, которая показала точность 84 %. Программа успешно прошла тестирование в различных условиях и может быть рекомендована для практического использования в геологических исследованиях.

Библиографический список

1. GeeksforGeeks. ML: XGBoost (Extreme Gradient Boosting). URL: <https://www.geeksforgeeks.org/ml-xgboost-extreme-gradient-boosting/>.
2. GeeksforGeeks. Random Forest Algorithm in Machine Learning. URL: <https://www.geeksforgeeks.org/random-forest-algorithm-in-machine-learning/>.
3. GeeksforGeeks. Support Vector Machine Algorithm. URL: <https://www.geeksforgeeks.org/support-vector-machine-algorithm/>.
4. Habr. TF-IDF: что это такое и как с ним работать. URL: <https://habr.com/ru/companies/otus/articles/755772/>.
5. Habr. RuBERT: новая языковая модель от Сбера. URL: <https://habr.com/ru/companies/sberbank/articles/567776/>.
6. Megaindex. Word2Vec: что это такое и как с ним работать. URL: <https://ru.megaindex.com/support/faq/word2vec>.
7. NLTK. Natural Language Processing with Python. URL: <https://www.nltk.org/book/ch00.html>.
8. Nuances of programming. XGBoost: что это такое и как с ним работать. URL: <https://nuancesprog.ru/p/3917/>.
9. PythonPip. Введение в PyTorch: что такое PyTorch? URL: <https://pythonpip.ru/pytorch/vvedenie-v-pytorch-cto-takoe-pytorch>.
10. TextArget. Gensim: что это такое и как с ним работать. URL: <https://textarget.ru/encyclopedia/gensim/>.
11. Yandex Education. Логистическая регрессия. URL: <https://education.yandex.ru/handbook/data-analysis/article/logisticheskaya-regressiya>.
12. Transformer (архитектура глубокого обучения). URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Transformer_\(deep_learning_architecture\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Transformer_(deep_learning_architecture)).

© Желудков В.Д., 2024

Д.Р. ИСЛАМГАЛЕЕВ, А.Р. АЛИМГАФАРОВ

denis.islamgaleev@mail.ru, artur.alimgafarov@gmail.com

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

Уфимский университет науки и технологий

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ МАРШРУТОВ НА ОСНОВЕ СКОНСТРУИРОВАННЫХ ПЛАНОВ ПОМЕЩЕНИЙ ПО 3D-МОДЕЛЯМ

Аннотация: в статье рассматривается задача построения маршрутов на основе построенных планов помещений по 3D-моделям. Авторы представляют результаты аналитического обзора программных решений в области построения маршрутов внутри помещений и обосновывают актуальность разработки программного решения, предлагают подход к построению маршрутов на основе построенных планов помещений, а также рассматривают основные аспекты разработки программного решения.

Ключевые слова: построение маршрутов на основе сконструированных планов помещений по 3D-моделям, алгоритмы на графах, алгоритм A*, рациональные маршруты.

Введение

Обеспечение безопасности граждан является одной из ключевых задач страны за все время ее существования.

В настоящее время необходимо защитить граждан от последствий технических сбоев, недобросовестных действий специалистов, преступных деяний и терроризма. Пожары и терроризм сегодня можно назвать серьезными проблемами. Информация о пожарах на различных объектах, таких как жилые дома, квартиры, торговые центры, ночные клубы, офисные здания и другие места, появляется в новостях практически каждый день.

Несмотря на наличие планов эвакуации и планировки зданий и путей эвакуации, количество жертв при пожарах и террористических актах не уменьшилось, а наоборот, увеличилось. Одна из причин этого заключается в том, что план эвакуации не выполняется, поскольку люди, находящиеся в помещении, не могут получить эту информацию. Поэтому важно иметь возможность быстрого доступа к этой информации. В этом случае современные гаджеты могут стать эффективным источником информации. Однако, даже при наличии плана эвакуации, в условиях стресса и ограниченного времени не всегда легко разобраться и быстро найти выход из хаотичного здания. Чтобы решить эту проблему, важно разработать

навигационный инструмент, который позволит гражданам быстро найти ближайший эвакуационный выход.

Целью данного исследования является создание программного обеспечения, позволяющего построить разумный маршрут эвакуации. Объектом исследования является процесс создания разумного маршрута. Темой исследования является модель и метод построения разумного маршрута.

Использование разработанного программного обеспечения позволит значительно сократить время на планирование и выполнение процесса эвакуации людей из здания, что придает исследованию практическую значимость.

Аналитический обзор существующих программных решений

Сегодня автоматическое построение планов помещений является важной задачей, которая может упростить жизнь архитекторам, дизайнерам интерьеров и другим специалистам в области архитектуры и дизайна. Эти приложения позволяют создавать планы помещений на основе видеотрейсов, что значительно ускоряет процесс проектирования и позволяет более эффективно визуализировать концепции. Благодаря использованию автоматизации и технологий обработки видео, эти приложения позволяют быстро создавать точные и подробные планы помещений с учетом специфики конкретного помещения. Они также могут быть полезны профессионалам и обычным пользователям, которые хотят спланировать ремонт или перестройку своего жилья. В аналитическом обзоре было рассмотрено приложение для построения двухмерных и трехмерных планов помещений на основе видеотрейса, а также статьи, которые помогли выполнить эту задачу.

Indoor navigation – это универсальная платформа для управления зданиями, которая позволяет решать множество задач, связанных с определением местоположения пользователей внутри помещений. Используя это приложение, вы можете быстро и недорого создавать мобильные приложения для навигации внутри помещений, повышать доступность и предоставлять предприятиям дополнительные возможности для привлечения и удержания клиентов.

Разработчики Elastic Recognition создали систему, которая может использовать данные дальномера для восстановления подробной геометрии сцены из видео. Данные о дальности, полученные с помощью обычных портативных камер, страдают от высокочастотных ошибок и низкочастотных искажений. Кроме того, неизвестны траектория движения камеры и карта окружающей среды.

Ключевые моменты внутренней навигации и безопасности реализованы в приложении iBeacon: внутренняя навигация (мобильные приложения для iOS и Android, интегрированные с внутренней

навигационной платформой; отображать местоположение сотрудников/посетителей в режиме реального времени на поэтажном плане здания; строить; отслеживать передвижение и действия сотрудников службы безопасности; контролировать присутствие сотрудников); дополнительные функции (отправка push-уведомлений клиентам о специальных предложениях; интеграция с серверной системой через API; веб-интерфейс для управления и контроля). Таким образом, эта внутренняя навигационная система обеспечивает эффективное управление персоналом, повышает безопасность в помещении и позволяет взаимодействовать с посетителями для рекламы.

Таким образом, рассматриваемое программное решение имеет свои преимущества и недостатки. Однако доступность этой услуги подтверждает важность этой системы для построения поэтажных планов и зданий. Причиной разработки прототипа системы построения маршрутов на основе построенного плана помещения на основе 3d-модели является отсутствие функций для построения маршрутов при отсутствии подробного плана помещения.

Подход к построению маршрутов на основе сконструированных планов помещений по 3D-моделям

Автор рекомендует разработать программное решение, предназначенное для автоматического создания карты помещений на основе трехмерной модели помещения, а также поиска и визуализации кратчайшего пути эвакуации. Необходимо реализовать следующие функциональные возможности: сохранение созданных карт, редактирование ранее созданных карт. В связи с описанными выше функциями и принято разделить программное решение на 2 части. В первой части реализованы возможности по рисованию карт, которые являются входными данными для алгоритма поиска путей эвакуации, то есть первая часть программного решения отвечает за разработку карт помещения. Вторая часть связана с реализацией алгоритма поиска путей эвакуации. Давайте рассмотрим каждую часть отдельно.

Разработка карты помещения. На вход будут поступать 3d модели помещений, как показано на рис. 1.

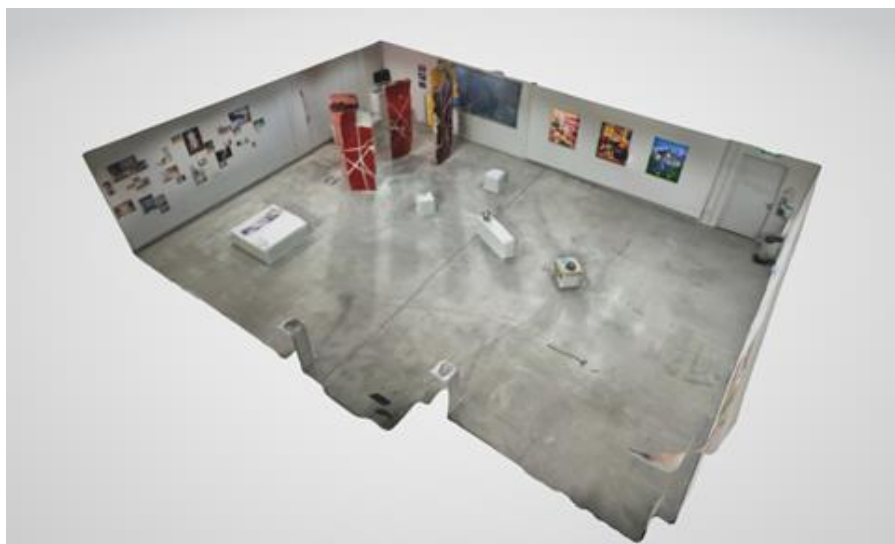


Рис. 1. Пример 3D модели помещения

Необходимо реализовать процесс назначения или идентификации стен, препятствий и областей свободного перемещения, а для выполнения вычислений необходима их инициализация в виде цифровых данных.

Дано: 3D-модель помещения.

Требования: реализовать инициализацию препятствий, эвакуационных выходов и мест расположения посетителей. При внедрении необходимо учитывать, что данные должны быть переменными и их количество может быть увеличено.

Ведется поиск путей эвакуации. На вход будут поступать данные о расположении препятствий в помещении, аварийных выходах и людях, полученные в предыдущей части заявки. Необходимо получить визуализацию маршрута и результаты на выходе: графическое представление маршрута на карте помещения.

Маска R-CNN используется для предварительной обработки изображений поэтажного плана помещения. Для решения задачи поиска пути эвакуации используется усовершенствованный алгоритм A*, учитывающий интенсивность потока людей и пропускную способность эвакуационного выхода.

В связи с вышеуказанными функциональными требованиями было решено разработать GUI-приложение (приложение с графическим пользовательским интерфейсом), в котором пользователи смогут создавать карты, редактировать их, а также в экстренных случаях для каждого посетителя (в помещении).

Основные аспекты разработки программного решения

Функциональное назначение программы - дать возможность пользователям создавать и оптимизировать маршруты передвижения в зданиях на основе их трехмерных моделей. Функции программы: загружать 3d-модели помещений и просматривать их; выявлять и применять препятствия; использовать препятствия, эвакуировать выходы и

персонал; устанавливать маршруты эвакуации с учетом возможностей выходов; сохранять полученный план.

После формулирования основных функциональных требований к программному обеспечению было принято решение о разработке настольного приложения. Разрабатываемое программное решение должно иметь графический пользовательский интерфейс (GUI), который будет обеспечивать все необходимые ранее описанные функции для взаимодействия с пользователем.

Кроме того, планируется создать модуль для автоматического построения карты помещения на основе входного изображения его плана. Поэтому необходимо уметь обрабатывать, сохранять и загружать изображения. При написании программных решений используются следующие технологические стеки: язык программирования Python и среда разработки PyCharm, библиотеки: OpenCV (open source computer vision library), PIL (Python imaging library), Tkinter, NumPy (numerical Python), JSON. Выбранный технологический стек обеспечивает гибкость, расширяемость и кроссплатформенную совместимость.

На рис. 2–4 представлен интерфейс пользователя.



Рис. 2. Загруженная 3D-модель

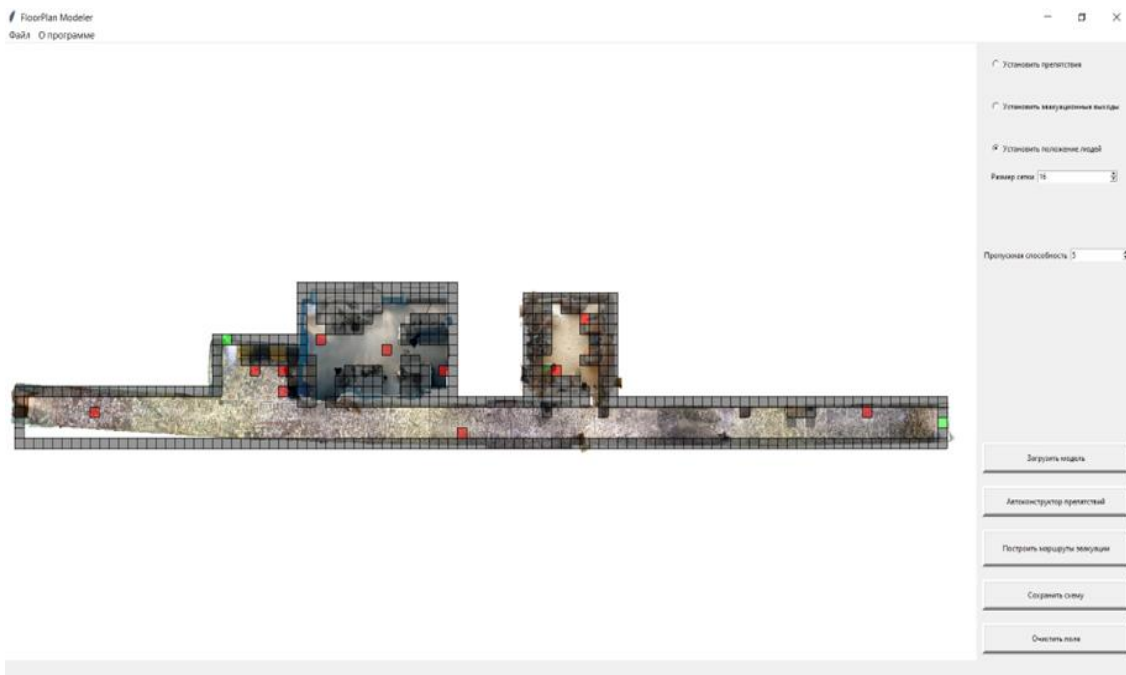


Рис. 3. Результат распознавания препятствий, нанесения эвакуационных выходов и меток людей в помещении

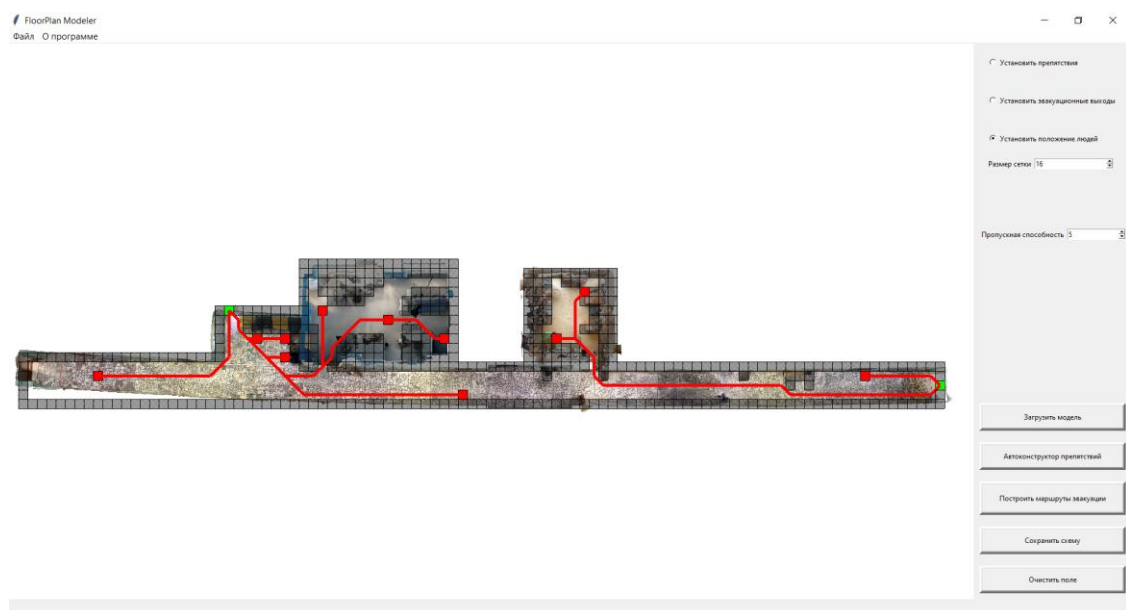


Рис. 4. Построение маршрутов эвакуации

Заключение

В данной статье подтверждается актуальность задачи построения путей эвакуации, приводится анализ и обзор существующих программных решений, предлагается метод построения планируемого маршрута строительства на основе 3d-модели, а также предлагаются основные аспекты разработки программных решений. В задаче предварительной обработки изображения поэтажного плана помещения используется маска R-N, а модифицированный алгоритм A* используется для решения задачи

поиска пути эвакуации с учетом интенсивности потока людей и пропускной способности эвакуационного выхода. Внедрение таких инструментов на практике позволит повысить безопасность и эффективность строительных работ, усовершенствовать процесс проектирования и планировки зданий, а также внедрить инновационные технологии, такие как интеграция с системами интеллектуального строительства для автоматизации навигации.

Библиографический список

1. Алимгафаров А.Р., Сазонова Е.Ю. Подход к решению задачи построения маршрутов эвакуации // Мавлютовские чтения: материалы XVI Всероссийской молодежной научной конференции. В 6 томах. Уфа, 2022. Т. 5. С. 128–134.
2. Распознавание 3D-объектов с помощью глубоких нейронных сетей. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.exadel.com/ru/blog/3d-object-recognition-deep-learning/> (дата обращения: 15.06.2024).

© Исламгалеев Д.Р., Алимгафаров А.Р., 2024

Д.Д. ИСЯНОМАНОВА

diisyanomanova@gmail.com

Науч. руковод. – канд. техн. наук **А.Г. КАРАМЗИНА**

Уфимский университет науки и технологий

АВТОРЕФЕРИРОВАНИЕ ДОКУМЕНТОВ НА ОСНОВЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Аннотация: в статье рассматривается проблема автореферирования документов на основе машинного обучения, подчеркивая его актуальность. Обсуждаются основные подходы к автореферированию, а также технологии машинного обучения. Рассматривается применение автореферирования в научной, деловой и образовательной сферах, а также основные проблемы, связанные с качеством резюме и контекстуальным пониманием текста.

Ключевые слова: автореферирование; машинное обучение; экстрактивное резюме; абстрактное резюме; нейронные сети; трансформеры; обработка естественного языка; качество резюме; научные исследования.

Введение

В настоящее время объем данных, которые появляются в различных сферах деятельности, значительно возрастает. В связи с этим появляется необходимость в создании новых инструментов, позволяющих обрабатывать большие объемы данных. Автоматическое реферирование и аннотирование способствуют решению данной задачи в значительно меньшие сроки. Это очень важно в тех сферах, где объем информации может быть существенным.

Понятие автореферирования

Автоматическое реферирование заключается в создании краткого и лаконичного резюме с сохранением ключевой информации и общего смысла исходного текста. Эффективное автоматическое реферирование позволяет пользователю оперативно ознакомиться с сутью документа без необходимости подробного его изучения.

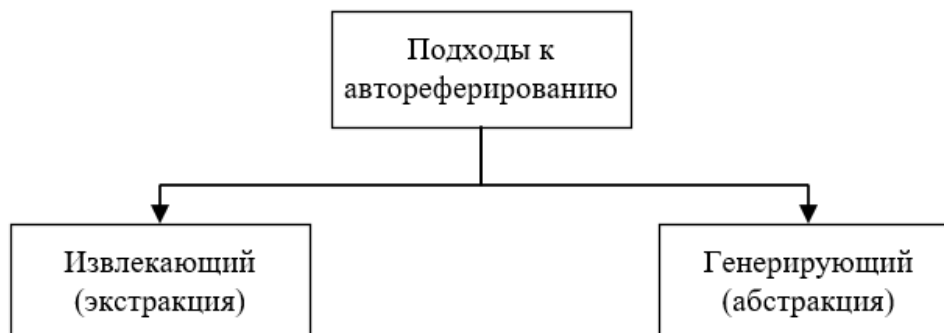
Существуют два основных подхода к автореферированию:

1. Экстрактивное автореферирование. Извлечение из исходного текста наиболее информативных предложений, т. е. формирование квазиреферата. Этот способ иногда называют поверхностным.

2. Абстрактное автореферирование. обобщение текста первичного документа на достаточно высоком уровне посредством генерации текста реферата на основе абстрактного представления смысла; генерация текста

реферата выполняется с учетом морфологии, синтаксиса, семантики, благодаря чему формируется логически и по смыслу связный текст. Этот способ называют глубинным.

На рис. 1 представлены основные подходы к автоматическому реферированию



Из исходного текста выбираются наиболее важные фразы, предложения или абзацы, совокупность которых образует некоторый экстракт, квазиреферат. При этом данные фрагменты не обрабатывают, а извлекают в том порядке и виде, в каком они приведены в исходном тексте.

Основан на лингвистических правилах обработки естественного языка или методах искусственного интеллекта. Содержательно обобщают исходный документ, создавая текст, явно в нем не представленный.

Рис. 1. Основные подходы к автореферированию

Методы машинного обучения в автореферировании

Существует немало методов машинного обучения, применяемых в автоматическом реферировании. Рассмотрим некоторые из них более подробно.

1. Модели на основе статистических методов

Одними из первых методов машинного обучения в автореферировании использовались статистические методы. Они предоставляли возможность определять значимые фразы и составлять на их основе резюме. Однако, они имеют ограничения, связанные с недостаточным пониманием контекста и семантики текста.

2. Нейронные сети

Нейронные сети являются последним достижением в области машинного обучения. Они существенно улучшили качество автоматического реферирования.

3. Трансформеры

Одним из наиболее важных достижений в области машинного обучения являются модели на основе трансформеров. В этих моделях

используется механизм внимания, который позволяет им фокусироваться на различных частях текста, обеспечивая более глубокое понимание контекста.

Применение автореферирования в различных сферах

Автоматическое реферирование на основе машинного обучения переживает стремительный рост, затрагивая множество сфер человеческой жизни, в табл. 1 представлены основные сферы, в которых применяется автореферирование на основе машинного обучения.

Таблица 1

Применение автореферирования в различных сферах

Сфера применения	Описание
Научные исследования	В научной сфере автоматическое реферирование способствует исследователям результативно ознакомиться с содержанием статей и отчетов, что в значительной мере экономит время при подготовке к публикациям или обзорам литературы. Также системы способны обрабатывать большие объемы научных текстов, выделяя наиболее значимые результаты и идеи
Бизнес	В деловой среде автореферирование может использоваться для анализа отчетов и другой документации той или иной организации. Это дает руководителям возможность принимать решения на основе актуальной информации в более сжатые сроки
Образование	В образовательных учреждениях автоматическое реферирование может быть полезным как для учащихся, так и для преподавателей в подготовке к занятиям и в анализе учебных материалов. Автоматические системы могут создавать краткие содержания для учебников, статей и др.

Заключение

Автоматическое реферирование документов на основе машинного обучения является важной и актуальной областью исследований. Разработка эффективных алгоритмов и моделей, способных обрабатывать большие объемы данных и обеспечивать высокое качество резюме, имеет значительное практическое значение.

С применением современных методов глубокого обучения открываются новые перспективы для улучшения автореферирования. Применение этих технологий в научной, деловой и образовательной сферах может существенно повысить эффективность работы с информацией.

В будущем необходимо продолжать исследовать и развивать методы автореферирования, так как это принесет огромную пользу для большинства пользователей.

Библиографический список

1. Goodfellow I., Bengio Y. & Courville A. Deep learning. MIT press. Общая информация о глубоком обучении. 2016.
2. Jurafsky D., & Martin J. H. Speech and language processing. Pearson Education. Основы обработки естественного языка. 2022.
3. Aggarwal C.C. Data mining: The textbook. Springer. Общие методы анализа данных. 2018.
4. Бурлаева Е.И., Зори С.А.. Сравнение некоторых методов машинного обучения для анализа текстовых документов. 2018.
5. Лезгян А.С. Автоматическое реферирование текстов: классификация, архитектуры, современные подходы и проблемы. 2023.
6. Бакиева А.М.. Модели определения тем текстов, основанные на графах и их применение для решения задачи автореферирования. 2019.

© Исяноманова Д.Д., 2024

Р.А. КАШАПОВ

k.ruslan.ufa@gmail.com

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

Уфимский университет науки и технологий

АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ДОБРОКАЧЕСТВЕННЫХ И ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫХ НОВООБРАЗОВАНИЙ КОЖИ

Аннотация: в статье приводятся результаты анализа использования сверточных нейронных сетей для диагностики доброкачественных и злокачественных новообразований. Приведены основные понятия сверточных нейронных сетей, показан пример архитектуры сверточной нейронной сети, результаты аналитического обзора современного состояния проблемы. Анализ работ показал, что применение сверточных нейронных сетей для диагностики кожных заболеваний имеет высокую эффективность.

Ключевые слова: рак кожи, скрининг рака, машинное обучение, сверточные нейронные сети

Введение

«Рак кожи» – одно из самых часто встречающихся онкологических заболеваний в России за последние несколько лет [1]. По прогнозам экспертов, к 2040 году в мире ежегодно будет диагностироваться 28,4 миллиона новых случаев рака, что приведет к увеличению «глобального бремени» рака на 47 % [2]. Ранняя диагностика заболевания играет ключевую роль в повышении выживаемости и эффективности лечения. Специалистам нередко трудно идентифицировать рак кожи с помощью дерматоскопии, так как это требует их большей подготовки и определенной квалификации. Интерпретация результатов дерматоскопии может быть субъективна. На сегодняшний день, для выявления рака используется множество методов машинного обучения, в том числе и сверточные нейронные сети (CNN), которые являются одним из наиболее эффективных инструментов для анализа медицинских изображений. В настоящее время существует программное обеспечение и различные экспертные системы поддержки принятия решений, которые дают возможность врачам-дерматологам повышать точность диагностики. В данной работе на основе научных публикаций проведен анализ существующих подходов к использованию сверточных нейронных сетей для диагностики злокачественных и доброкачественных новообразований кожи.

Сверточные нейронные сети: основные понятия и цели

Сверточная нейронная сеть (Convolutional Neural Network, CNN) – это архитектура нейронной сети, которая эффективна для обработки данных с пространственной или временной структурой, таких как изображения, видео, аудиосигналы.

Основой CNN являются сверточные слои, которые извлекают локальные признаки, такие как контуры, текстуры или формы. Это достигается с помощью ядер свертки, которые скользят по входным данным и вычисляют свертку, представляющую собой линейное сочетание значений из окна фильтра и данных. Результатом является карта признаков (feature map), где каждый элемент отражает отклик на определенный признак.

После этапа свертки применяется нелинейная функция активации, которая позволяет нейронной сети обрабатывать сложные зависимости и ускорять обучение.

Для уменьшения размерности данных и вычислительных затрат используется пулинг слой (Pooling Layer), он уменьшает размерность карты признаков, сохраняя ключевые характеристики. Это может быть Max Pooling (функция максимума) или Average Pooling (функция (взвешенного) среднего), что делает сеть устойчивой к небольшим сдвигам или искажениям входных данных.

На завершающих этапах в сети используется полносвязный слой, который отвечает за захват глобальных закономерностей и взаимосвязей во входных данных, соединяя каждый нейрон предыдущего слоя с каждым нейроном в полносвязном слое. Он выполняет рассуждения высокого уровня и принимает решения на основе изученных функций и способствует регуляризации и управлению мощностью модели.

Для стабилизации обучения и предотвращения переобучения применяются техники нормализации и регуляризации, такие как Batch Normalization (нормализация входных данных для ускорения обучения) и Dropout (случайное исключение нейронов во время обучения).

Пример архитектуры сверточной нейронной сети представлен на рис. 1.

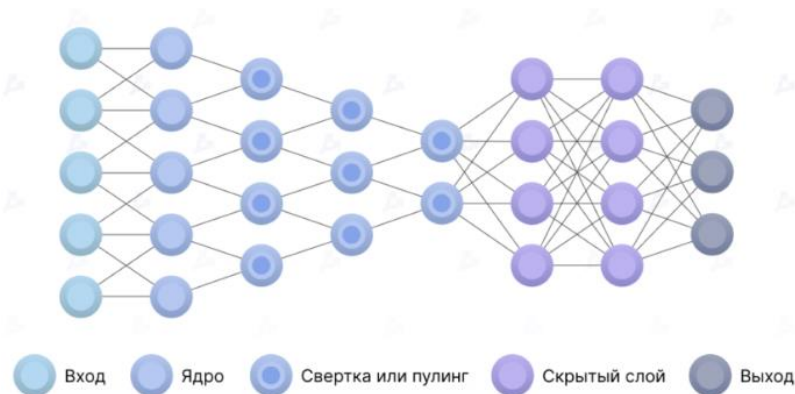


Рис. 1. Архитектура сверточной нейронной сети

Современное состояние проблемы

К основным проблемам использования сверточных нейронных сетей для диагностики доброкачественных и злокачественных новообразований кожи можно отнести: выбор архитектуры модели, подходы к переобучению и выбор основных параметров модели, а также целесообразность их использования.

В работе [3] оценивается точность сверточной нейронной сети, основанной на подходе DERM (Deep Ensemble for Recognition of Melanoma) для определения злокачественных опухолей по дерматоскопическим изображениям. Модель была обучена на 7102 изображениях и достигла 0.93 (95 % доверительный интервал: 0.92-0.94) по метрике AUC (Area under the ROC curve). Был проведен анализ оценки точности диагностики врачами общей практики (0.83) и дерматологами (0.91), на основе чего был сделан вывод, что модель на основе DERM может быть использована в качестве инструмента поддержки принятия решений.

В статье [4] описывается процесс создания системы диагностики кожных заболеваний с использованием подхода transfer learning [5], в основе которой лежит нейронная сеть с архитектурой Inception v.3 [6], обученная на 1000000 изображениях. Повышение качества достигалось с помощью объединения нескольких сетей с общей архитектурой, но разными весами в единую систему. Показатель метрики AUC составляет 0.96, что соотносится с результатами диагностики высококвалифицированных врачей.

Авторы статьи [7] предлагают модель SkinNet-14 с модифицированной архитектурой ССТ, которая может классифицировать изображения с низким разрешением 32x32 пикселя, что снижает вычислительные затраты. В статье также приводятся сравнения метрик SkinNet-14 с различными версиями нейронных сетей, основанных на архитектуре ResNet. SkinNet-14 была протестирована на трех наборах данных: HAM10000, ISIC и PAD. На всех трех наборах данных была продемонстрирована высокая точность 97.85 %, 96 %, и 98.14 %.

Нередко сверточные нейронные сети используются в комбинации с классическими алгоритмами машинного обучения. Так, в работе [8] предлагается комплексный метод, в котором признаки кожных заболеваний извлекаются моделями на основе архитектуры ResNet, а для классификации используется метод опорных векторов (SVM).

В работе [9] используются деревья решений и метод случайного леса. Авторы работы [10] предлагают использовать алгоритм сегментации пикселей дерматоскопических изображений, основанный на нечеткой классификации с последующим определением порога гистограммы для определения класса.

Некоторые исследователи в своих статьях [11], [12] предлагают модифицированные архитектуры DCNN, которые сравниваются с другими известными архитектурами DensNet и DarkNet, лежащей в основе архитектуры YOLO (You only look once).

Заключение

Анализ работ показал, что применение сверточных нейронных сетей для диагностики кожных заболеваний имеет высокую эффективность. Некоторые модели демонстрируют точность, сопоставимую с высококвалифицированными специалистами. Во многих работах уделяется внимание проблеме открытых наборов данных, которые ограничивают потенциал обучения и тестирования моделей.

Исследование частично поддержано грантом РФФ № 22-19-00471 Система поддержки принятия решений для профилактики и лечения бронхолегочных заболеваний, оценки рисков заболеваний и осложнений их лечения в задачах персонализированной медицины на основе методов анализа данных и искусственного интеллекта.

Библиографический список

1. Ольга Аксенова Справочник заболеваний. Рак кожи. URL: <https://gemotest.ru/info/spravochnik/zabolevaniya/rak-kozhi/>
2. Hyuna Sung PhD, Jacques Ferlay MSc, ME, Rebecca L. Siegel MPH, Mathieu Laversanne MSc, Isabelle Soerjomataram MD, MSc, PhD, Ahmedin Jemal DMV, PhD, Freddie Bray BSc, MSc, PhD. Global Cancer Statistics 2020: GLOBOCAN Estimates of Incidence and Mortality Worldwide for 36 Cancers in 185 Countries, February 2021 URL: <https://acsjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.3322/caac.21660>.
3. Michael Phillips, Jack Greenhalgh, Helen Marsden, Ioulios Palamaras. Royal Perth Hospital, Perth, Australia; Harry Perkins Institute for Medical Research, Perth, Australia; and Centre for Medical Research, University of Western Australia, Perth, Australia, Skin Analytics Ltd., London, UK. Detection of Malignant Melanoma Using Artificial Intelligence: An Observational Study of Diagnostic Accuracy December 31, 2019 URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6936633/pdf/dp1001a11.pdf>.

4. Мелерзанов А., Гаврилов Д. Диагностика меланомы кожи с помощью сверточных нейронных сетей глубокого обучения // Врач. 2018; 29 (6): 31–33. URL: <https://doi.org/10.29296/25877305-2018-06-06>.
5. Pan SJ, Yang Q. A survey on transfer learning. *IEEE Trans Knowl Data Eng.* 2009;22(10):1345–59. URL: <https://journalofbigdata.springeropen.com/articles/10.1186/s40537-022-00652-w>.
6. Christian Szegedy, Vincent Vanhoucke, Sergey Ioffe, Jonathon Shlens, Zbigniew Wojna Rethinking the Inception Architecture for Computer Vision Submitted on 2 Dec 2015 (v1), last revised 11 Dec 2015 (this version, v3)] URL: <https://arxiv.org/abs/1512.00567v3>.
7. SkinNet-14: a deep learning framework for accurate skin cancer classification using low-resolution dermoscopy images with optimized training time Abdullah Al Mahmud Sami Azam Inam Ullah Khan Sidratul Montaha Asif Karim Aminul Haque Md. Zahid Hasan Mark Brady Ritu Biswas Mirjam Jonkman Received: 18 May 2023 / Accepted: 12 July 2024 / Published online: 1 August 2024 URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00521-024-10225-y>.
8. Zhen Yu, Xudong Jiang, Feng Zhou, Jing Qin, Dong Ni, Siping Chen, Baiying Lei, Tianfu Wang. Melanoma Recognition in Dermoscopy Images via Aggregated Deep Convolutional Features 2019 Apr;66(4):1006-1016. doi: 10.1109/TBME.2018.2866166. Epub 2018 Aug 20. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30130171/>.
9. C. R. Dhivyaa, K. Sangeetha, M. Balamurugan, Sibi Amaran, T. Vetrivelvi & P. Johnpaul November 2020 Skin lesion classification using decision trees and random forest algorithms URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12652-020-02675-8>.
10. Jose Luis Garcia-Arroyo, Begonya Garcia-Zapirain, January 2019, Segmentation of skin lesions in dermoscopy images using fuzzy classification of pixels and histogram thresholding URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169260718312124>.
11. Essam H. Houssein, Doaa A. Abdelkareem, Gang Hu, Mohamed Abdel Hameed, Ibrahim A. Ibrahim & Mina Younan Published: 17 June 2024 An effective multiclass skin cancer classification approach based on deep convolutional neural network URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10586-024-04540-1>.
12. MSRNet: Multiclass Skin Lesion Recognition Using Additional Residual Block Based Fine-Tuned Deep Models Information Fusion and Best Feature Selection by Sobia Bibi, Muhammad Attique Khan, Jamal Hussain Shah, Robertas Damaševičius Areej Alasiry, Mehrez Marzougui, Majed Alhaisoni and Anum Masood Submission received: 13 July 2023 / Revised: 19 September 2023 / Accepted: 24 September 2023 / Published: 26 September 2023 URL: <https://www.mdpi.com/2075-4418/13/19/3063>.

М.А. КОЛОТОВ

mi-sha-9@mail.ru

Науч. руковод. – д-р техн. наук, проф. **О.Н. СМЕТАНИНА**

Уфимский университет науки и технологий

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ БАНКРОТСТВА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВЫРУЧКИ

Аннотация: данная статья посвящена описанию разработки программного обеспечения (ПО) для определения банкротства и прогнозирования выручки фирм на основании финансовой отчетности. В статье отражены постановка задачи, формализация требования к ПО, описание обучающего набора данных, модели для классификации, регрессии и разработанного ПО.

Ключевые слова: машинное обучение; веб-приложение; определение банкротства; прогнозирование выручки.

Введение

Машинное обучение повсеместно проникло во все сферы как быденной, так и экономической жизни. Повсеместно можно увидеть примеры применения данных технологий на практике для улучшения качества жизни и ее упрощение. В финансах также можно применить данные подходы, для повышения точности оценки финансового состояния.

Оценка финансового состояния компаний является крайне важной задачей во многих областях экономики и реального производства. Перечислим ряд операций, для которых такой анализ является важным:

- 1) оценка кредитоспособности заемщика;
- 2) оценка контрагента;
- 3) оценка компании для потенциального слияния и поглощения;
- 4) оценка для составления дальнейших планов развития компании;
- 5) и другие.

В данной работе рассматриваются 2 конкретных аспекта работы финансистов, а именно: финансовый анализ и финансовое планирование. Именно для них и предоставляется программное обеспечение.

Целью данной работы является разработка программного обеспечения (ПО) для определения банкротства и прогнозирования выручки фирм на основании финансовой отчетности с целью повышения точности прогнозирования.

Для разработки программного обеспечения использовался язык python и библиотеки gradio, для реализации веб приложения.PyTorch, sklearn,catboost для запуска моделей.

Постановка цели и задач

Целью работы является повышение эффективности финансового анализа предприятий и снижение рисков и затрат за счет повышения точности прогнозирования банкротства и выручки предприятий.

Для достижения поставленной цели необходимо решение следующих задач:

1) обоснование возможности применения и использования машинного обучения и методов искусственного интеллекта для определения банкротства предприятий и прогнозирования выручки;

2) сбор и обработка первичных данных о финансах российских компаний;

3) разработка и выбор моделей предсказания вероятности банкротства предприятий и прогнозирования выручки;

4) программная реализация моделей предсказания вероятности банкротства предприятий и прогнозирования выручки;

5) проведение эксперимента и оценка качества разработанных моделей.

Набор данных

Для решения поставленной задачи были собраны данные с помощью сети СПАРК-интерфакс для каждой из поставленных задач. Для решения задачи оценки вероятности банкротства было собрано 49 798 финансовых отчетностей компаний, из которых 4050 компаний являются банкротами, а 45 748 - таковыми не являются, визуальное представление представлено на рисунке 20. Для прогнозирования выручки размер итогового набора данных составил 47 879 компаний. Показатели в обоих случаях были взяты за 3 года, начиная с 2021 г.

Модель для решения задачи

Сначала рассмотрим задачу предсказания факта банкротства компании. Для решения поставленной задачи будут использоваться следующие модели машинного обучения:

1) логит-модель [1];

2) наивный байесовский классификатор [2];

3) метод опорных векторов (SVM) [3];

4) градиентный бустинг [4].

Также в процессе обучения применялись следующие методы: оверсэмплирование, андерсэмплирование для борьбы с дисбалансом классов, а также стандартизация данных. По результатам тестов наилучшим образом себя показал градиентный бустинг, поэтому для него

был осуществлен подбор гиперпараметров и итоговый результат представлен в таблицу 1.

Рассмотри решение задачи предсказания выручки предприятия в следующем году. Для решения поставленной задачи были использованы следующие модели:

- 1) линейная регрессия;
- 2) градиентный бустинг;
- 3) сеть Колмогорова–Арнольда [6].

По результатам тестирования (табл. 2) оптимальным оказался вариант с применением градиентного бустинга, для него также предоставим таблицу с подбором оптимальных гиперпараметров и итоговыми метриками.

Таблица 1

Результаты обучения моделей определения банкротства

Модель	learning_rate	depth	l2_leaf_reg	grow_policy	bootstrap_type	Precision	Recall
Catboostbase	base_callback_params	base_callback_params	base_callback_params	base_callback_params	base_callback_params	0.93	0.89
Catboostbasehypertuned	0.05	3	2.69	Depthwise	MVS	0.97	0.90
Catboostbase RUS	0.03	10	3.11	Lossguide	MVS	0.95	0.92
Catboostbase ROS	0.05	8	3.6	Depthwise	MVS	0.98	0.99

Таблица 2

Результаты обучения моделей прогнозирования выручки

Модель	iterations	learning_rate	depth	l2_leaf_reg	grow_policy	bootstrap_type	R2	RMSE
Catboostbase	base_params	base_params	base_params	base_params	base_params	base_params	78	478,456,527
Catboostbasehypertuned	500	0.03	5	2.2	Depthwise	MVS	79	473,351,820

Формализация требований к ПО

Пользователь должен иметь возможность производить определения банкротства предприятия и прогнозировать его выручку, для этого обеспечен следующий функционал:

- загрузка данных;
- сохранение данных;
- запуска процесса анализа.

Диаграмма использования программного обеспечения изображена на рис. 1.

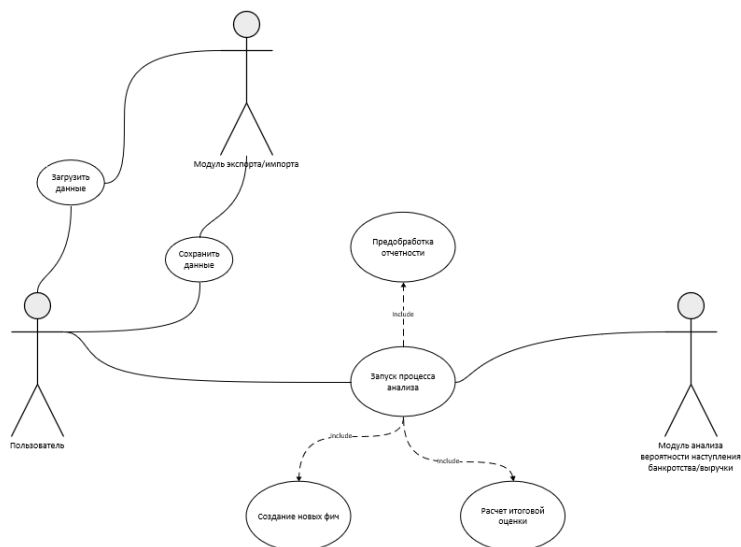


Рис. 1. Диаграмма использования

Программное обеспечение

Программное обеспечение состоит из веб приложения, модуля анализа данных, предобработки, генерации фиш, агрегирования и оценки, и сохранения. В общем виде схема взаимодействия компонентов ПО отображена на рис. 2.

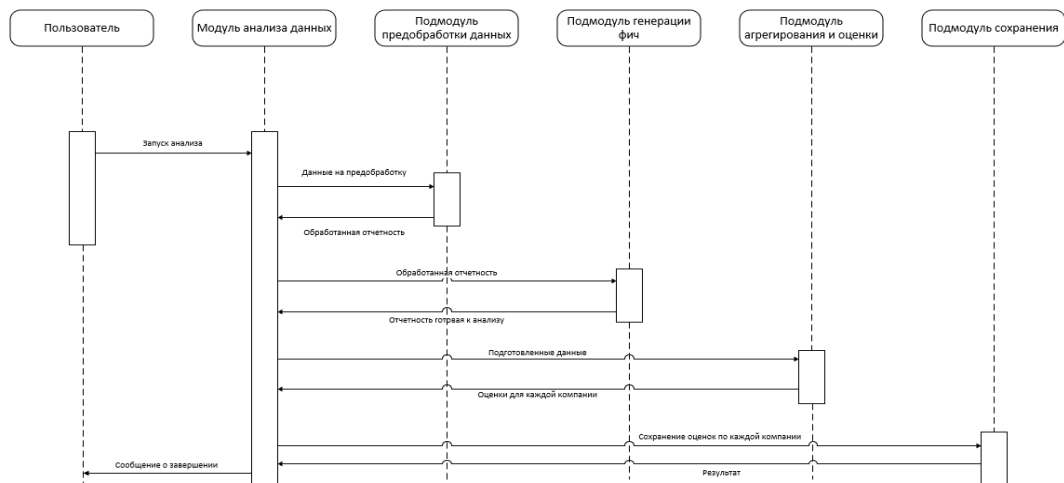


Рис. 2. Схема взаимодействия компонентов ПО

Программное обеспечение разрабатывалось на языке python версии 3.11.9. Веб приложение представляет собой клиент и сервер, которые написаны с использованием библиотеки gradio. Для запуска и моделей используется библиотека CatBoost, для сохранения результатов

прогнозирования применяется библиотека Pandas, которая сохраняет результаты моделей в необходимом формате.

Пример работы ПО в режиме прогнозирования выручки изображен на рис. 3.

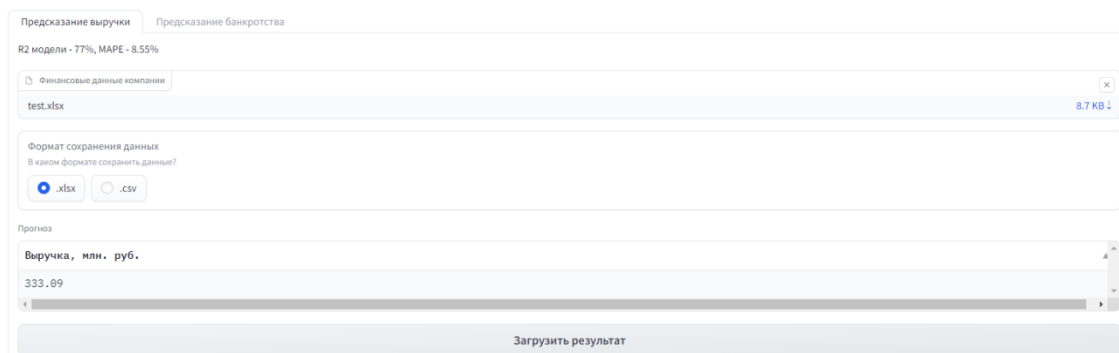


Рис. 3. Пример работы программы в режиме прогнозирования выручки

Заключение

Разработанная программа позволяет пользователю прогнозировать выручки предприятия и определять банкротство удобным способом. Она предоставляет полный функционал, включая загрузку и сохранение полученных результатов, а также информирование о возникших ошибках и способах их исправления.

В дальнейшем планируется добавить возможность прогнозирования на разное количество лет, а также добавить возможность выбирать модель по усмотрению пользователя.

Библиографический список

1. Реализация логистической регрессии [Электронный ресурс]. URL: https://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.linear_model.LogisticRegression.html#sklearn.linear_model.LogisticRegression (дата обращения: 18.11.2024).
2. Реализация наивного байесовский классификатор [Электронный ресурс]. URL: https://scikit-learn.org/stable/modules/naive_bayes.html (дата обращения: 18.11.2024).
3. Реализация метода опорных векторов [Электронный ресурс]. URL: <https://scikit-learn.org/stable/modules/svm.html#classification> (дата обращения: 18.11.2024).
4. Реализация градиентного бустинга [Электронный ресурс]. URL: https://catboost.ai/en/docs/concepts/python-reference_catboostclassifier (дата обращения: 18.11.2024).
5. Liu, Ziming, et al. "Kan: Kolmogorov-arnold networks." arXiv preprint arXiv:2404.19756 (2024).

© Колотов М.А., 2024

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ ЭМОЦИЙ ЧЕЛОВЕКА ПО ВЕРБАЛЬНЫМ И НЕВЕРБАЛЬНЫМ ПРИЗНАКАМ

Аннотация: данная статья посвящена описанию разработки программного обеспечения (ПО) для классификации эмоций человека на основе речи и тона голоса. В статье отражены постановка задачи, формализация требования к ПО, описание обучающего набора данных, модели для классификации и разработанного ПО.

Ключевые слова: машинное обучение; веб-приложение; классификация эмоции; мультимодальные данные.

Введение

Эмоция – психический процесс, отражающий субъективное оценочное отношение человека к различным объектам. Эмоции сигнализируют нам о нашем состоянии, удовлетворенности, побуждают нас выполнять различную деятельность. Понимание того, какую эмоцию ощущает наш собеседник, позволяет нам подстроиться под его состояние и в результате повысить эффективность взаимодействия.

В процессе общения человек может выражать свое эмоциональное состояние с помощью вербальных и невербальных средств коммуникации. Общение посредством речи относится к вербальным средствам коммуникации. Невербальные средства коммуникации передают информацию без использования речи. Примерами таких средств коммуникации являются мимика, язык телодвижения и тон голоса.

В настоящее время человек все больше взаимодействует с чат-ботами, в основе которых лежат большие языковые модели. Однако, их ответы генерируются, преимущественно, только на текстовой информации.

Во время разговора человек передает 40 % информации вербально и 60 % невербально. Получается, что при взаимодействии с пользователем чат-бот теряет 60 % информации. Тогда, механизм оценки как вербальных, так и невербальных сигналов может помочь чат-боту лучше взаимодействовать с человеком.

В качестве такого механизма может выступать модель для классификации эмоции по голосу и речи. Благодаря ему, чат-боты смогут

лучше реагировать на интонацию клиента и будут более эффективно взаимодействовать с ним.

Существующие программные решения для классификации эмоции, такие как SaluteSpeech и Empath, производят классификацию только по голосу человека. Человек выражает свои эмоции с помощью нескольких сигналов одновременно, из-за чего определение эмоции только по одному сигналу может значительно снизить точность классификации.

Целью данной работы является разработка программного обеспечения (ПО) для классификации эмоции человека по невербальным и вербальным признакам для улучшения качества распознавания.

Для разработки программного обеспечения использовался язык python и библиотеки gradio, для реализации веб приложения, PyTorch и transformers, для запуска моделей нейронных сетей, plotly, для визуализации графа изменения эмоций. В качестве модели для извлечения текста из аудио использовалась модель whisper, а в качестве модели для классификации использовалась обученная модель, объединяющая Wav2Vec2 и DistilBERT-tiny.

Постановка цели и задач

Целью данной работы является разработка программного обеспечения для классификации эмоции человека по невербальным и вербальным признакам для улучшения качества распознавания.

Для достижения этой цели нужно решить следующие задачи:

- 1) выбор набора данных для обучения модели классификации;
- 2) обучение модели на выбранном наборе данных;
- 3) проведение оценки качества модели на тестовой выборке;
- 4) формализация требований к ПО и программная реализация.

Набор данных

В качестве набора данных для обучения модели был выбран датасет Dusha от компании Сбер. Данный набор данных содержит аудиозаписи с четырьмя классами эмоций: радость, грусть, злость и нейтральная эмоция. Датасет состоит из аудиозаписей их расшифровок на русском языке. Общий объем датасета составляет 350 часов.

Данный набор данных состоит из двух частей: crowd и podcast. Crowd набор содержит аудиозаписи, которые были озвучены и размечены с помощью краудсорсинга. Его проблемой является то, что он не содержит реальные эмоции, поскольку все реплики там были специально озвучены. Для того, чтобы добавить в набор данных примеры выражения естественных эмоций, был собран поднабор podcast, содержащий вырезки из подкастов.

Модель для решения задачи

В качестве модели для классификации эмоции использовалась глубокая нейронная сеть, которая состоит из двух подсетей:

1. Wav2Vec2-base – использовалась для извлечения признаков из аудио;
2. DistilBERT-tiny – использовалась для извлечения признаков из текста.

В конце признаки из этих двух подсетей объединялись и подавались на вход полносвязной сети.

По метрикам из табл. 1 видно, что модель имеет хорошее качество классификации на crowd наборе и низкое значение взвешенной точности и F1-оценки на podcast. Это говорит о том, что модель хуже определяет эмоцию по данным из реальных записей. Это может быть обусловлено дисбалансом классов в поднаборе podcast или низким качеством записей подкастов, из-за чего модели было труднее определять эмоцию на данном наборе.

Таблица 1

	crowd	podcast
Точность (accuracy)	0,87	0,92
Взвешенная точность (weighted accuracy)	0,79	0,5
F1-оценка (F1-score)	0,82	0,57

Формализация требований к ПО

Пользователь должен иметь возможность производить классификацию эмоции по аудиозаписи, что включает в себя:

- Ввод аудиозаписи;
- Ввод параметров для обработки аудио и параметров для отображения графа (в зависимости от режима классификации).

Сама же классификация эмоций должна быть реализована в трех вариантах:

- Классификация по всей аудиозаписи;
- Классификация скользящим окном;
- Классификация в реальном времени.

Диаграмма использования программного обеспечения изображена на рис. 1.

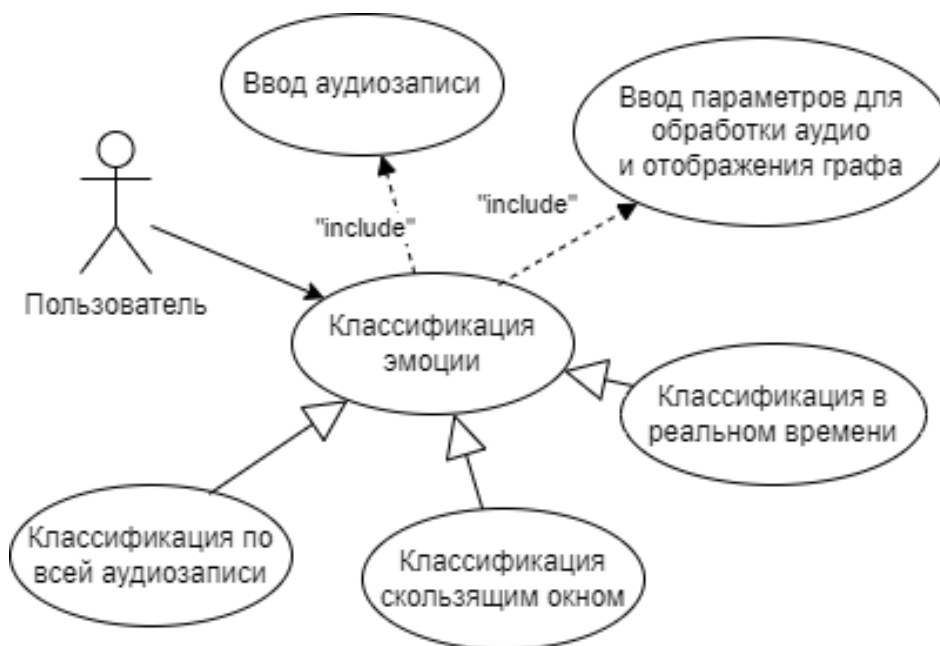


Рис. 1. Диаграмма использования

Программное обеспечение

Программное обеспечение состоит из веб приложения, модуля для транскрибирования, классификации и отрисовки графа. В общем виде схема взаимодействия компонентов ПО отображена на рис. 2.

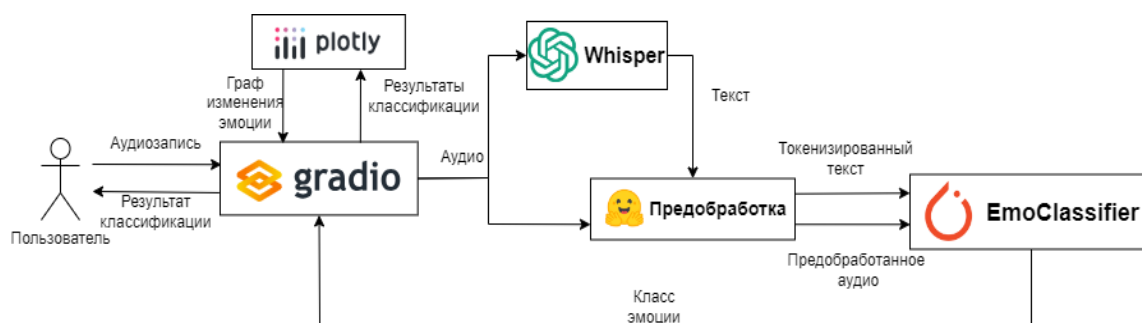


Рис. 2. Схема взаимодействия компонентов ПО

Программное обеспечение разрабатывалось на языке python версии 3.11.9. Веб приложение представляет собой клиент и сервер, которые написаны с использованием библиотеки gradio.

Для транскрибирования используется библиотека transformers от huggingface, которая позволяет загружать, обучать и запускать различные модели глубокого обучения. В качестве модели для транскрибирования была выбрана whisper-base от OpenAI, предоставляющая возможность извлечения текста из аудио на нескольких языках, в том числе и на русском.

Для запуска модели классификации эмоции использовалась библиотека PyTorch, с помощью которой производится загрузка модели формата torchscript и производится дальнейшая классификация. Для

предобработки аудио и текста перед подачей в модель используется библиотека transformers.

Для отрисовки графа изменения эмоции используется библиотека plotly.

При поступлении запроса от пользователя веб приложение производит транскрибирование аудио с помощью модели Whisper. После производится предобработка аудио и текста. Далее производится классификация с помощью предварительно обученной модели классификации. Если режим требует вывода результата классификации в виде графа, то производится его отрисовка с помощью библиотеки plotly. В конце веб приложение выдает пользователю результат классификации.

Пример работы ПО в режиме классификации в реальном времени изображен на рис. 3.

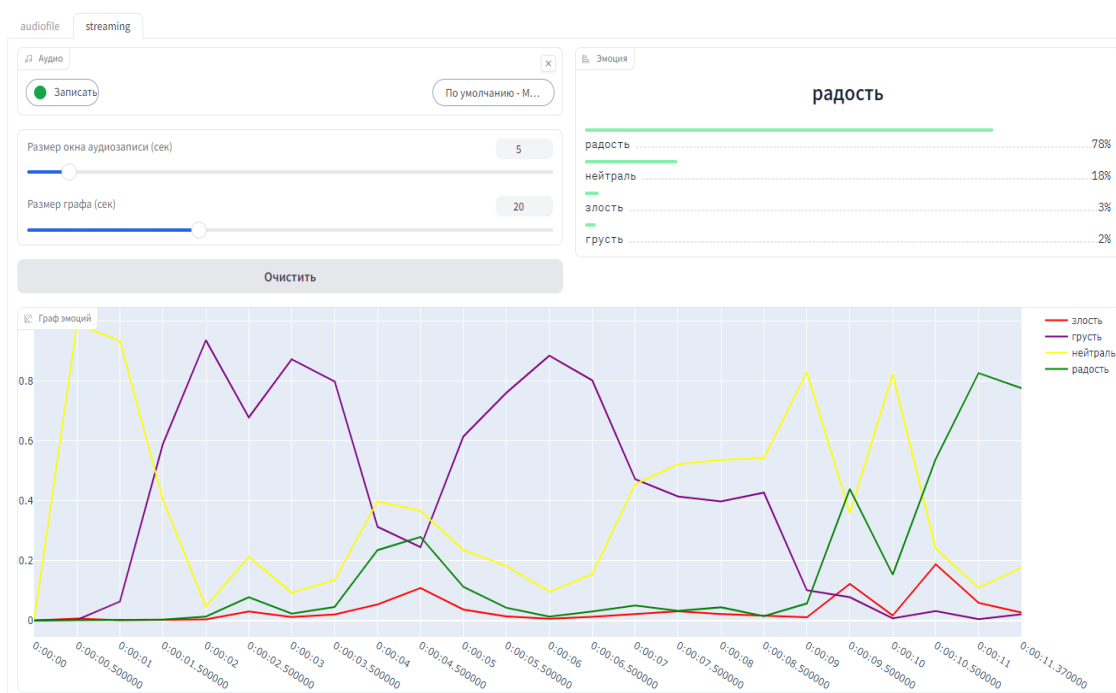


Рис. 3. Пример работы программы в режиме классификации в реальном времени

Заключение

Разработанная программа позволяет пользователю произвести классификацию эмоции по аудиозаписи на основе вербальных и невербальных признаков. Классификация производится на основе нейронной сети, объединяющей Wav2Vec2 и DistilBERT-tiny.

В дальнейшем планируется добавить в качестве признаков мимику и язык телодвижений для классификации эмоции, чтобы повысить достоверность ответов модели. Помимо этого, планируется улучшить программу добавлением следующих функциональных возможностей:

1. Поддержку работы с видеозаписями.
2. Сохранение результатов классификации.
3. Возможность классификации только по одной модальности.

4. Возможность производить классификацию по мимике и языку телодвижений.

Библиографический список

1. Пиз А. Новый язык телодвижений / А. Пиз, Б. Пиз. М.: Издательство Бомбора.

2. Large Raw Emotional Dataset with Aggregation Mechanism/ Владимир Кондратенко, Артем Соколов, Николай Карпов [и др.]. [Электронный ресурс] // arxiv.org: [сайт]. URL: <https://arxiv.org/abs/2212.12266>.

3. BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding / J. Devlin, M.Chang, K. Lee [и др.][Электронный ресурс] // aclanthology.org: [сайт]. URL: <https://aclanthology.org/N19-1423.pdf>.

4. DistilBERT, a distilled version of BERT: smaller, faster, cheaper and lighter / V. Sanh, L. Debut, J. Chaumond [и др.] [Электронный ресурс] // arxiv.org: [сайт]. URL:<https://arxiv.org/pdf/1910.01108>.

5. Wav2Vec 2.0: A Framework for Self-Supervised Learning of Speech Representations / А. Baevski, Н. Zhou, А. Mohamed[и др.] [Электронный ресурс] // arxiv.org: [сайт]. URL: <https://arxiv.org/pdf/2006.11477>.

6. Knowledge Distillation of Russian Language Models with Reduction of Vocabulary / А. Колесникова, Ю. Куратов, В. Коновалов [и др.] [Электронный ресурс] // researchgate.net: [сайт]. URL: https://www.researchgate.net/publication/360410362_Knowledge_Distillation_of_Russian_Language_Models_with_Reduction_of_Vocabulary.

© Косачев И.С., 2024

Т.И. МАГДАНОВ

tagirmagdanov@mail.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. **О.С. НУРГАЯНОВА**

Уфимский университет науки и технологий

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В СОЗДАНИИ ФИЛЬМОВ: ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ РЕВОЛЮЦИЯ

Аннотация: искусственный интеллект (ИИ) стал важной движущей силой в современной киноиндустрии, оказывая влияние на все этапы процесса создания фильмов: от написания сценариев и планирования до монтажа, маркетинга и дистрибуции. В этой статье рассматриваются приложения, преимущества, вызовы и перспективы ИИ в создании фильмов, а также обсуждается его способность улучшить повествование с учетом этических и творческих вопросов.

Ключевые слова: искусственный интеллект (ИИ); алгоритмы машинного обучения; автоматизация производства; виртуальная кинематография; персонализация контента.

Интеграция технологий всегда играла решающую роль в развитии искусства кино. Такие инновации, как синхронизация звука, цветная пленка, компьютерная графика (CGI) и цифровой монтаж, значительно повлияли на способы, которыми истории воплощаются на экране. Сегодня ИИ представляет собой следующую грань, предлагая инструменты, которые расширяют творческие возможности человека и автоматизируют трудоемкие задачи.

ИИ в создании фильмов включает использование алгоритмов нейронных сетей и анализа больших данных для помощи сценаристам и режиссерам на различных этапах производства. Эти технологии позволяют достигать результатов быстрее и экономичнее, открывая беспрецедентные возможности для экспериментов. Однако такая интеграция ИИ дает и вызовы, связанные с этическими аспектами, изменением структуры занятости и сохранением подлинности творчества.

В статье исследуется влияние ИИ на процесс создания фильмов, включая его роль на этапах препродакшена, съемок, постпродакшена и дистрибуции, а также обсуждаются его перспективы для будущего кинематографа.

Роль ИИ на этапе препродакшена

Написание сценариев и развитие истории

Инструменты, основанные на ИИ, произвели революцию в написании сценариев, анализируя существующие тексты и генерируя новые идеи. Такие платформы, как модели GPT от OpenAI и ScriptBook, обрабатывают обширные базы данных сценариев для создания повествовательных структур, арок персонажей и диалогов. Эти инструменты помогают сценаристам, предлагая свежие идеи, прогнозируя реакцию аудитории на определенные сюжетные линии и оптимизируя сценарии для конкретных жанров.

Например, ScriptBook использует ИИ для оценки коммерческой привлекательности сценариев, анализируя эмоциональные арки, диалоги и ритм. Эта предсказательная возможность помогает продюсерам оценивать потенциал истории до начала съемок. Однако, хотя ИИ отлично справляется с генерацией контента, ему не хватает тонкой эмоциональной интуиции и культурной чувствительности, присущей людям.

Кастинг и подбор актеров

Кастинг традиционно является длительным и ресурсоемким процессом. ИИ упрощает его, используя технологии распознавания лиц, анализа эмоций и данных о предыдущих выступлениях для подбора актеров под конкретные роли. Такие инструменты [1], как Largo.ai, анализируют прошлые работы актеров, их демографическую привлекательность и предпочтения аудитории, чтобы эффективно подобрать талант для ролей.

Платформы, управляемые ИИ, также помогают обеспечивать разнообразие, уменьшая влияние подсознательных предубеждений в процессе принятия решений. Эти системы способны оценивать более широкий круг кандидатов, выявляя таланты, которые могли бы остаться незамеченными при традиционном подходе.

Бюджетирование и планирование

Предиктивная аналитика на основе ИИ повышает точность составления бюджета и графика – двух критически важных элементов препродакшена. Такие инструменты, как Movie Magic Scheduling и прочие инструменты компании Scenichronize, используют машинное обучение для прогнозирования затрат, распределения ресурсов и выявления потенциальных проблем. Эта автоматизация снижает вероятность ошибок и позволяет продюсерам более эффективно планировать, гарантируя, что проекты останутся в графике и в рамках бюджета.

Приложения ИИ на этапе съемок

Виртуальная кинематография

Виртуальная кинематография позволяет режиссерам создавать детализированные и реалистичные сцены с использованием ИИ и программного обеспечения для рендеринга в реальном времени. Такие инструменты, как Unreal Engine, дают возможность визуализировать сцены в виртуальной среде до начала съемок.

Симуляция освещения, углов камеры и дизайна декораций с помощью ИИ помогает уточнить видение режиссера без затрат на физические съемочные площадки. Эта технология особенно полезна в фильмах с обширной компьютерной графикой или фантастическими элементами, поскольку позволяет предварительно просматривать сложные сцены и вносить изменения на ранних этапах.

Автоматизация камер и робототехника

Системы камер с ИИ повышают точность и гибкость съемок. Автономные установки, оснащенные алгоритмами ИИ, могут отслеживать движения актеров, сохранять фокус и выполнять сложные маневры камерой.

Дроны и роботизированные камеры, управляемые ИИ, позволяют режиссерам захватывать динамичные, плавные кадры, которые трудно или невозможно получить с использованием традиционного оборудования. Эти инструменты особенно ценны при съемке экшн-сцен, где необходимы мгновенные корректировки для получения оптимальных кадров.

Персонажи и эффекты, созданные ИИ

ИИ также преобразует создание персонажей и визуальных эффектов (Visual Effects – VFX). Технологии глубокого обучения и нейронного рендеринга создают реалистичных виртуальных персонажей, гармонично сочетающихся с живыми актерами. Например, в фильме *Ирландец* (2019) использовался ИИ для омоложения актеров, что позволило им играть более молодые версии своих персонажей без привлечения дублеров или использования сложного грима.

Генеративно-состязательные сети (GAN) способствуют созданию реалистичных текстур, окружений и симуляций массовых сцен. Эти инструменты [2] сокращают время и трудозатраты на создание сложных эффектов, позволяя небольшим студиям конкурировать с гигантами индустрии.

ИИ в постпродакшене

Монтаж и сборка сцен

ИИ ускоряет видеомонтаж, автоматизируя повторяющиеся задачи, такие как определение сцен, выбор дублей и настройка ритма. Инструменты, такие как Adobe Sensei, анализируют исходный материал и предлагают рекомендации для структурирования фильма в соответствии с его предполагаемым повествовательным и эмоциональным тоном.

Автоматизация позволяет монтажерам сосредоточиться на творческих решениях, таких как выбор наиболее ярких моментов и доработка ритма сцен. ИИ также позволяет производить монтаж в реальном времени во время съемок, предоставляя мгновенную обратную связь о соответствии кадров сценарию.

Визуальные эффекты (VFX) и дополнения

ИИ-технологии значительно улучшили постпродакшн, повышая реализм и эффективность визуальных эффектов. Алгоритмы машинного обучения улучшают качество изображения, симулируют реалистичные эффекты освещения и создают захватывающие окружения.

Эти технологии также используются для омоложения актеров, морфинга персонажей и создания полностью цифровых существ, снижая зависимость от традиционной анимации.

Аудиомонтаж и создание музыки

ИИ оказывает значительное влияние на звуковой постпродакшн, включая снижение шума, микширование звука и синхронизацию диалогов. Такие инструменты, как Artificial Intelligence Virtual Artist (AIVA), создают оригинальные музыкальные композиции, соответствующие эмоциональному настрою и жанру фильма.

ИИ-генерируемая музыка снижает затраты на производство и позволяет добиться более высокой степени персонализации.

В табл. 1 представлены примеры ПО с ИИ, активно используемого в индустрии кинематографа.

Таблица 1

Примеры ПО, используемого в кинематографе

ПО	Области применения	Фильмы
ScriptBook	<ul style="list-style-type: none">• анализ сценариев,• предсказание интереса со стороны публики	Оно (2017) Достать ножи (2019)
Largo.ai	<ul style="list-style-type: none">• анализ предыдущих работ актеров;• анализ аудитории актера;• помощь в кастинге	в значимых проектах на данный момент не используется
Инструменты Scenechronize	<ul style="list-style-type: none">• создание планов съемок, прогнозирование затрат и рисков	в значимых проектах на данный момент не используется
Unreal Engine	<ul style="list-style-type: none">• симуляция освещения, декораций и углов обзора камер;• планирование сцен без использования дорогостоящих физических декораций	Фоллаут (2024) Мир Дикого Запада (2016)
Adobe Sensei	<ul style="list-style-type: none">• анализ фильма;• рекомендации по структурированию	Half the Picture (2018)
AIVA	<ul style="list-style-type: none">• генерация музыки для фильмов и ТВ-шоу	в значимых проектах на данный момент не используется

Проблемы и этические вопросы

Несмотря на многочисленные преимущества, интеграция ИИ в создание фильмов вызывает ряд проблем и этических вопросов:

1. Замещение рабочих мест: автоматизация традиционных задач, выполняемых сценаристами, монтажерами и художниками по эффектам, вызывает опасения по поводу стабильности занятости.

2. Предвзятость алгоритмов: обученные на предвзятых данных системы ИИ могут непреднамеренно укреплять стереотипы или исключать недостаточно представленные группы.

3. Потеря креативности: чрезмерная зависимость от инструментов ИИ грозит снижением уникальности художественного видения режиссеров.

4. Вопросы интеллектуальной собственности: право собственности на контент, созданный ИИ [3], остается спорным вопросом, требующим четких нормативных рамок, которыми в настоящее время не обладает ни одна страна.

Заключение

ИИ трансформирует киноиндустрию, охватывая все этапы создания фильмов. Несмотря на проблемы, такие как этические дилеммы и риск утраты творчества, его потенциал изменить кинематографические процессы несомненен.

Библиографический список

1. Сайт largo.ai. URL: <https://home.largo.ai/>.
2. Manaswi N., Media and entertainment sector-specific GAN applications/ medium. URL: <https://medium.com/analytics-vidhya/media-and-entertainment-sector-specific-gan-applications-d0ce42cd9b92>.
3. Grove E., Artificial Intelligence and Filmmaking: Threats and Features / Raindance. URL: <https://raindance.org/artificial-intelligence-and-filmmaking-threats-and-features/>.

© Магданов Т.И., 2024

Т.И. МАГДАНОВ

tagirmagdanov@mail.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. **О. . НУРГАЯНОВА**

Уфимский университет науки и технологий

РАСПОЗНАВАНИЕ КЛЮЧЕВЫХ СЛОВ В НЕСТРУКТУРИРОВАННЫХ ТЕКСТАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Аннотация: в данной статье рассмотрены методы распознавания ключевых слов/тегов в неструктурированных текстах с использованием алгоритмов машинного обучения. Проведен анализ существующих алгоритмов.

Ключевые слова: ключевое распознавание образов; сверточные нейронные сети; признаковый метод.

Ключевые слова в анализе текста (в том числе при создании поисковых индексов) – это значимые, понятные, информативные и характерные для конкретной культуры слова, которые позволяют дать общее представление о содержании текста, обеспечивая его сжатое смысловое отображение. Ключевые слова (КС) характеризуются тем, что:

- являются наиболее употребительными (частотными) наименованиями, обозначают признак предмета, состояние или действие;
- связаны друг с другом сетью семантических связей, пересечения значений;
- набор КС определяет контексты слов, обладающих максимальной предсказуемостью;
- при слишком частом повторении КС в тексте поисковики могут расценить это как спам и не показывать данный ресурс в строке выдачи
- набор КС состоит из 5–15 или 8–10 слов, что соответствует объему оперативной памяти человека;
- более половины слов ядра тематического компонента состоит из ключевых слов, а минимальный набор КС приближается к инварианту содержания при их логическом упорядочивании;
- представлены значимой лексикой, достаточно обобщены по своей семантике (средней степени абстракции), стилистически нейтральны, не оценочны. [1]

Рассмотрим небольшой пример. Пусть дан текст:

Цифровой минимализм – это жизненная философия, направленная на добровольное самоограничение от устройств и онлайна с целью

акцентирования внимания на более важных вещах. Эта концепция не о количестве иконок и вкладок в браузере, это – комплекс задач и привычек, направленных на достижение гармонии, концентрации и осознанности в шумном мире. Эта концепция не о тотальной самоизоляции, а о том, как навести порядок в своих устройствах и профилях в социальных сетях, о правильной расстановке приоритетов и распределении ценностей в онлайн условиях.

В качестве тегов для данного текста можно выделить «концепция», «самоограничение», «минимализм», «жизненная философия».

Ключевые слова являются незаменимым инструментом для каталогизации текстов и поиска информации, но процесс их подбора вручную весьма трудоемок и неточен. Применение нейросетей может помочь ускорить данный процесс, а также увеличить его точность. Далее я бы хотел рассмотреть подходящие для этого алгоритмы.

Задача назначения меток сводится к задаче multilabel классификации – одному объекту может соответствовать несколько классов

Стандартные multiclass классификаторы не подходят для решения задачи multilabel классификации – необходимо либо модифицировать классификаторы, либо вместо multilabel классификации получить задачу бинарной классификации при помощи one-vs-rest или one-vs-one подходов [2].

В подходе one-vs-rest обучается по одному классификатору на каждую из n меток.

Рассмотрим на примере. Пусть необходимо назначить объекту одну из четырех меток: $\{A, B, C, D\}$.

Тогда для one-vs-rest подхода нужно будет построить классификаторы:

1. $A vs \{B, C, D\}$
2. $B vs \{A, C, D\}$
3. $C vs \{A, B, D\}$
4. $D vs \{A, B, C\}$

В one-vs-one подходе обучается по одному классификатору на каждую возможную пару меток, т. е. $n \cdot (n-1) / 2$ классификаторов. В вышеописанном примере нужно будет построить классификаторы:

1. $A vs B$
2. $A vs C$
3. $A vs D$
4. $B vs C$
5. $B vs D$
6. $C vs D$

Однако оба этих подхода не способны учитывать корреляцию между классами. Такого недостатка лишены адаптированные алгоритмы, в частности, multilabel вариация метода К ближайших соседей (ML-kNN),

адаптации решающего дерева (ML-C4.5) и ансамбля деревьев (Random Forest).

ML-kNN – это классический метод k nearest neighbors, который основывается на гипотезе компактности: схожие объекты в пространстве объектов расположены близко друг к другу. Таким образом, если среди k ближайших соседей какого-то объекта находится больше всего представителей конкретного класса, то и этот объект, скорее всего, относится к этому же классу.

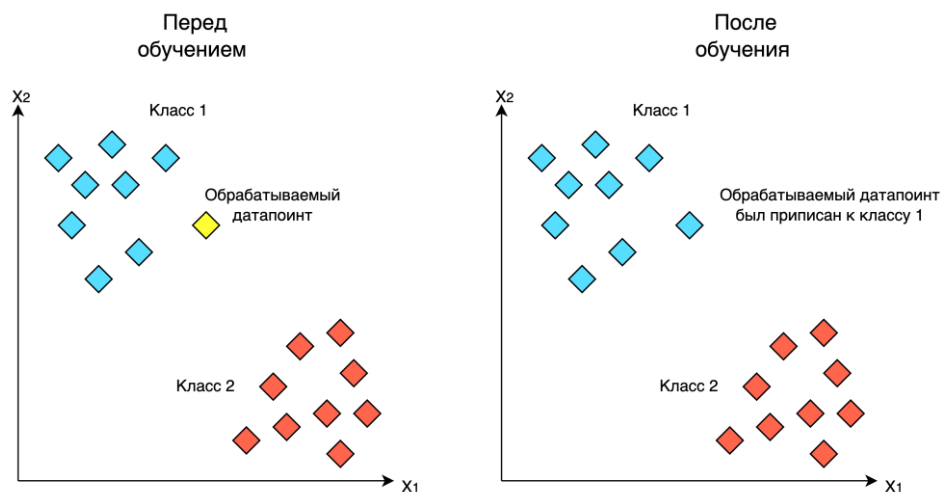


Рис. 1. Пример ML-kNN

Достоинства метода:

– легкость реализации

Недостатки метода:

– большие затраты по памяти, т. к. хранятся результаты сравнения объекта со всеми другими в выборке

Decision Tree – это древовидная структура, ветвями которой являются атрибуты объектов, от которых зависят значения целевой функции; в листьях – значения целевой функции; а в остальных узлах находятся атрибуты объектов, по которым они различаются.

Описано несколько алгоритмов построения Decision Tree. Одна из наиболее известных реализаций – алгоритм C4.5 [3], который использует метрику Gain Ration (прирост информации). Для работы в multilabel классификации используется модификация ML-C4.5 – она позволяет разместить в каждом листе дерева несколько меток.

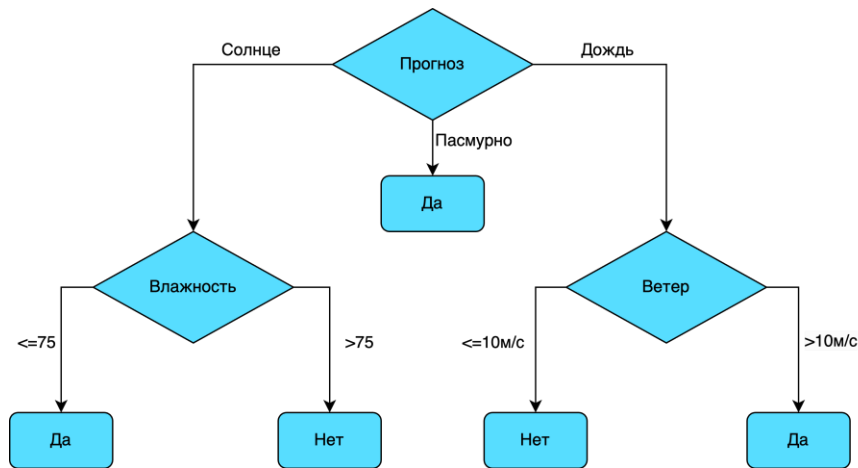


Рис. 2. Пример ML-C4.5

Достоинства метода:

- простая интерпретация результатов
- нет необходимости в нормализации данных

Недостатки метода:

- склонность к переобучению
- сложность получения оптимального дерева

Для борьбы с переобучением дерева используют ансамбли деревьев, в частности, Random Forest (случайный лес). Для построения леса строится несколько деревьев на подмножествах выборки, которые затем «голосуют» за присвоение объекту конкретного класса. Случайный лес в multilabel классификации работает так же, как и обычный.

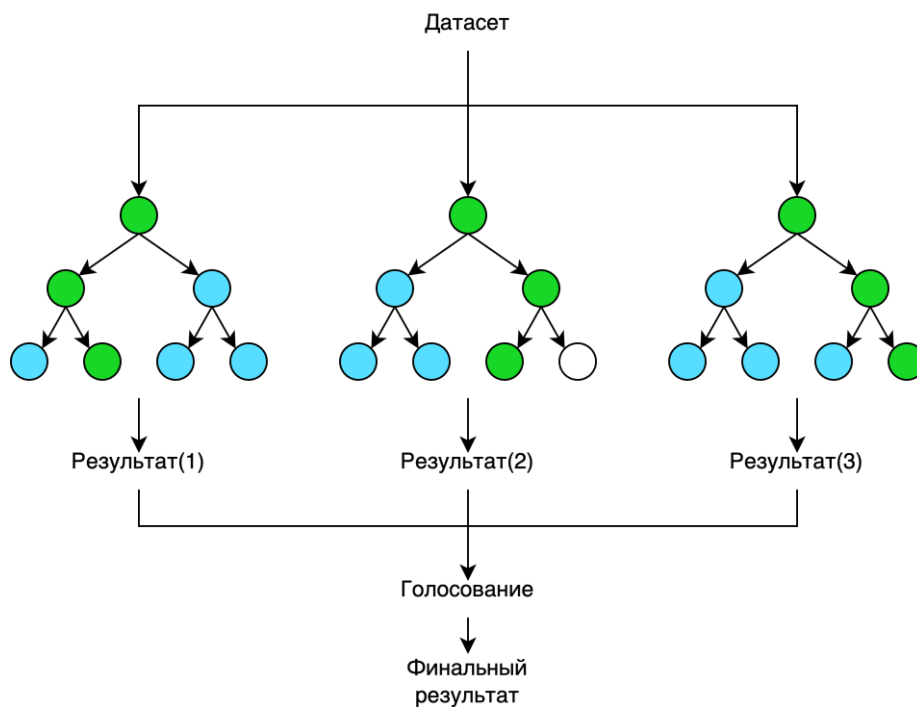


Рис. 3. Пример Random Forest

Существует широкий спектр алгоритмов позволяющих выявлять ключевые слова в неструктурированных текстах. Каждый из них обладает уникальными характеристиками, которые определяют его эффективность в различных условиях. Выбор подходящего алгоритма зависит от множества факторов, включая специфику задачи, особенности текста, доступные ресурсы и требования к качеству результата. Оптимизация процесса извлечения ключевых слов требует тщательного анализа этих аспектов и понимания, какой метод лучше всего соответствует поставленной цели.

Библиографический список

1. Ванюшкин А.С., Гращенко Л.А. Методы и алгоритмы извлечения ключевых слов / Новые информационные технологии в автоматизированных системах. 2016. № 19. С. 85–93.
2. Sorower, M A literature survey on algorithms for multi-label learning / M Sorower // Oregon State University, Corvallis. 2010. Т. 18, № 1. С. 25.
3. Quinlan J.R. C4.5: Programs for Machine Learning / J.R. Quinlan. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers, 1993. 302 с. ISBN 978-1-55860-238-0.

© Магданов Т.И., 2024

А.Д. МАХМУТОВ

amalmakhmutov@gmail.com

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

Уфимский университет науки и технологий

КЛАСТЕРИЗАЦИЯ КЛИНИЧЕСКИХ ПУТЕЙ: ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Аннотация: данная работа посвящена разработке программного обеспечения для автоматизации анализа и кластеризации текстовых данных, содержащих описания обследований пациентов. Раковые заболевания, являясь сложной и актуальной проблемой здравоохранения, требуют эффективных инструментов диагностики и анализа данных. Разработанная система основывается на методах машинного обучения. Для взаимодействия пользователя с системой разработан Telegram-бот.

Ключевые слова: диагностика рака, обработка текстов, персонализированная медицина, медицинские данные, алгоритмы кластеризации, Telegram-бот, оптимизация здравоохранения.

Введение

Раковые заболевания остаются одной из ключевых проблем здравоохранения во всем мире. Основная сложность лечения рака связана с его поздним обнаружением, когда заболевание уже находится на поздних стадиях и имеет метастазы.

Современные медицинские технологии предоставляют широкий спектр методов диагностики, включая биопсию, рентгенографию, компьютерную томографию (КТ), магнитно-резонансную томографию (МРТ) и генетическое секвенирование. Однако большинство из этих методов требует значительных ресурсов, времени и квалифицированного персонала. В то же время растущий объем данных в медицине предоставляет возможности для применения методов искусственного интеллекта, которые способны обрабатывать данные быстро и точно.

Кластеризация клинических путей является одной из задач, решаемых с использованием машинного обучения. Процесс включает группировку данных пациентов на основе схожести текстовых описаний их обследований.

Автоматизация данных процессов позволяет не только ускорить их анализ, но и выявить скрытые взаимосвязи, которые могут быть полезны для внедрения персонализированных подходов в медицине. Разработка программного обеспечения, способного выполнять кластеризацию данных с использованием методов машинного обучения, является актуальной

задачей, направленной на улучшение диагностики и повышение качества медицинского обслуживания.

В работе рассматривается разработка программного обеспечения для автоматизированной обработки и кластеризации текстовых данных, содержащих описание обследований пациентов. Такой подход помогает выделить группы пациентов с похожими характеристиками, что способствует развитию персонализированной медицины и более точной диагностики.

Подход к кластеризации клинических путей

Содержательная постановка задачи кластеризации клинических путей представлена ниже.

Дано: клинические данные: возраст пациента, пол, история болезни, наличие симптомов и их характеристика; результаты лабораторных исследований: общие анализы крови, биохимические показатели, маркеры опухолей; результаты инструментальных исследований: данные ультразвуковых исследований (УЗИ), компьютерной томографии (КТ), магнитно-резонансной томографии (МРТ), рентгенографии и т. д.; гистологические данные: результаты биопсии, если таковые имеются.

Требуется: провести предобработку данных для выявления значимых признаков, корреляций и устранения выбросов; разработать и настроить методы кластеризации (например, k-means, агломеративная кластеризация, DBSCAN, самоорганизующиеся карты Кохонена) для группировки данных.

Рассмотрим подход к решению задачи кластеризации клинических путей при помощи методов машинного обучения, который включает в себя несколько этапов:

Этап 1. Подготовка данных. На данном этапе происходит предварительная очистка данных.

- удаление стоп-слов (часто встречающихся, но не несущих значимой информации, например предлоги, союзы);
- приведение текста к нижнему регистру для унификации обработки;
- токенизация, лемматизация и стемминг.

Под токенизацией понимается разбиение текста на отдельные токены (слова или фразы), что позволяет преобразовать текстовые данные в формат, пригодный для анализа. Лемматизация используется для приведения слов к их начальной форме (например, "врачей" → "врач"). Стемминг (обрезание до основы слова) применяется в случаях, где точность морфологии не так важна.

- векторизация текстов – преобразование текстовых данных в числовые представления.

Для векторизации использовались TF-IDF и Word2Vec. TF-IDF (Term Frequency-Inverse Document Frequency) – оценивает важность слов в документе с учетом частоты их появления в общем корпусе. Word2Vec

генерирует плотные векторные представления слов, сохраняя семантические связи между ними.

Этап 2. Выбор методов и обучение модели.

Для группировки данных использовались современные алгоритмы кластеризации, которые отличаются подходом к обработке данных: K-means, самоорганизующиеся карты Кохонена (SOM), DBSCAN (Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise), иерархические алгоритмы. Рассмотрим алгоритмы подробнее.

K-means делит данные на заданное количество кластеров (k). К преимуществам относятся простота реализации и быстрота выполнения на больших наборах данных. Однако, необходимо учитывать, что алгоритм требует задания числа кластеров заранее и чувствителен к выбросам.

DBSCAN (Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise) - основан на плотности данных, выделяет кластеры произвольной формы. К преимуществам относятся автоматическое определение количества кластеров и обработка выбросов. Однако, эффективность алгоритма зависит от правильно подобранных параметров (ϵ и MinPts).

Самоорганизующиеся карты Кохонена (SOM) – нейросетевой алгоритм, отображающий многомерные данные на двумерное пространство. К преимуществам относят возможность визуализации сложных данных и сохранение топологических свойств. Алгоритм долго обучается при больших объемах данных.

Иерархическая кластеризация создает дерево кластеров (дендрограмму), показывающее последовательное объединение групп. Данная группа алгоритмов подходит для небольших наборов данных и обладает высокой вычислительной сложностью.

Этап 3. Оценка качества кластеризации.

Для оценки эффективности методов кластеризации использовались следующие метрики: силуэтный коэффициент, индекс Дэвиса-Болдуина, точность и полнота, F-мера, время выполнения в секундах алгоритмов.

Силуэтный коэффициент показывает, насколько каждый объект совпадает с кластером, к которому он принадлежит, в сравнении с другими кластерами. Индекс Дэвиса-Болдуина оценивает расстояние между кластерами относительно их плотности. Точность и полнота позволяют оценить соответствие кластеров реальным данным. F-мера гармоническое среднее между точностью и полнотой.

Для обработки данных обследований, загруженных файлом, были выбраны самоорганизующиеся карты Кохонена; для обработки данных обследований, загруженных сообщений используется алгоритм K-means.

Программная реализация выполнена на языке Python с использованием библиотек Scikit-learn, Pandas, NumPy и NLTK. Описание стека технологий представлено в табл. 1.

Практическая значимость разработки программного решения заключается в автоматизации рутинных задач, что позволит сократить нагрузку на врачей за счет анализа больших объемов данных; ускорение диагностики, которое будет возможно за счет быстрой обработки и классификации данных; повышение точности, путем использования алгоритмов машинного обучения, которые позволяют выявлять скрытые закономерности; поддержки принятия решений путем применения кластеризации для составления оптимального плана лечения;

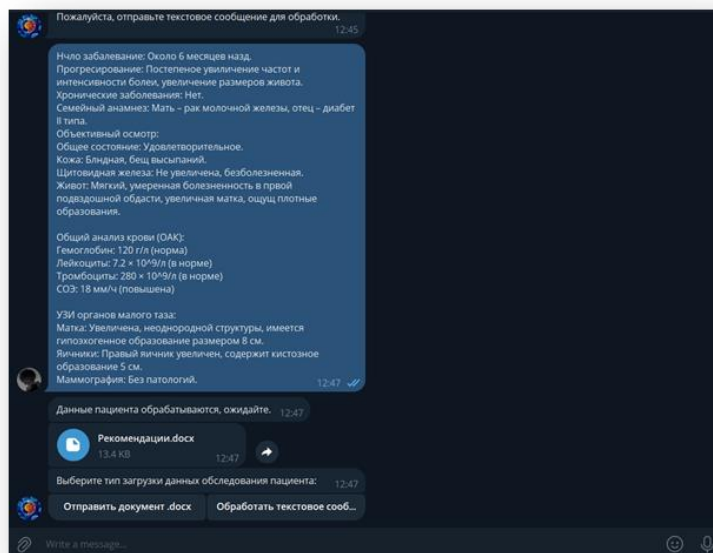
снижение ошибок, а именно исключение влияния человеческого фактора благодаря объективным методам анализа; экономическая эффективность может быть достигнута сокращением затрат на диагностику и лечение за счет оптимизации процессов.

Таблица 1

Стек технологий

Стек	Описание и обоснование выбора
Язык программирования	Python выбран за его мощные библиотеки и широкую поддержку методов машинного обучения
Библиотеки	Pandas и NumPy: для работы с табличными данными и числовыми массивами. Scikit-learn: для реализации алгоритмов кластеризации и оценки их качества. NLTK и PyMorphy3: для обработки текстов на русском языке. Telebot: для создания Telegram-бота
Среда разработки	PyCharm: удобная IDE для Python, предоставляющая мощные инструменты отладки и рефакторинга кода

На рис. 1 представлен интерфейс пользователя.



Результаты

Предварительный диагноз:

Основной диагноз: Подозрение на новообразование печени (гепатоцеллюлярная карцинома).
 Сопутствующие диагнозы: Артериальная гипертензия II степени, хронический гастрит.

Рекомендации:

Дополнительные исследования:

КТ брюшной полости с контрастированием.
 Пункционная биопсия печени.
 Онкомаркеры (Альфа-фетопротеин, СА 19-9).

Консультации специалистов:

Онколог.
 Гастроэнтеролог.

Лечение:

Поддерживающая терапия (гепатопротекторы, витамины).
 Коррекция артериального давления.

Режим и диета:

Ограничение физических нагрузок.
 Диета с ограничением жирного, жареного и острого.

Планирование дальнейшего наблюдения и лечения:

Регулярное наблюдение у терапевта и онколога.
 Коррекция лечения в зависимости от результатов дополнительных исследований.

Рис. 1. Пример работы Telegram-бота

Заключение

Разработанная система обладает высокой адаптивностью и может применяться в различных сферах медицины. Она открывает возможности для оптимизации работы медицинских учреждений, сокращая временные и материальные затраты, и способствует повышению качества лечения пациентов. Практическая значимость заключается в возможности применения разработанного решения в медицинских учреждениях для оптимизации диагностики и улучшения качества лечения. Тестирование подтвердило надежность и стабильность системы, что позволяет рекомендовать ее для внедрения в клиническую практику.

Библиографический список

1. GeeksforGeeks. ML: XGBoost (Extreme Gradient Boosting). URL: <https://www.geeksforgeeks.org/ml-xgboost-extreme-gradient-boosting/>.
2. GeeksforGeeks. Random Forest Algorithm in Machine Learning. URL: <https://www.geeksforgeeks.org/random-forest-algorithm-in-machine-learning/>.
3. GeeksforGeeks. Support Vector Machine Algorithm. URL: <https://www.geeksforgeeks.org/support-vector-machine-algorithm/>.
4. Habr. TF-IDF: что это такое и как с ним работать. URL: <https://habr.com/ru/companies/otus/articles/755772/>.
5. Habr. RuBERT: новая языковая модель от Сбера. URL: <https://habr.com/ru/companies/sberbank/articles/567776/>.
6. Megaindex. Word2Vec: что это такое и как с ним работать. URL: <https://ru.megaindex.com/support/faq/word2vec>.
7. NLTK. Natural Language Processing with Python. URL: <https://www.nltk.org/book/ch00.html>.
8. Nuances of programming. XGBoost: что это такое и как с ним работать. URL: <https://nuancesprog.ru/p/3917/>.
9. PythonPip. Введение в PyTorch: что такое PyTorch? URL: <https://pythonpip.ru/pytorch/vvedenie-v-pytorch-cto-takoe-pytorch>.
10. TextArget. Gensim: что это такое и как с ним работать. URL: <https://textarget.ru/encyclopedia/gensim/>.
11. Yandex Education. Логистическая регрессия. URL: <https://education.yandex.ru/handbook/data-analysis/article/logisticheskaya-regressiya>.
12. Transformer (архитектура глубокого обучения). URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Transformer_\(deep_learning_architecture\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Transformer_(deep_learning_architecture)).

© Махмутов А.Д., 2024

К.А. МИНЯЙЛО

minyailo.karina@gmail.com

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

Уфимский университет науки и технологий

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР РЕШЕНИЙ В ОБЛАСТИ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ ЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА

Аннотация: в статье приведены результаты анализа предметной области, анализа исследований в области комплексной оценки эмоционального состояния, аналитического обзора существующего программного обеспечения для анализа эмоционального состояния человека.

Ключевые слова: оценка эмоционального состояния, распознавание эмоций, анализ текста, сверточные нейронные сети, программное решение для комплексной оценки эмоционального состояния человека.

Введение

В современном мире человек сталкивается со множеством проблем: огромный поток информации, поступающий из социальных сетей, телевизионных передач, ускоренный темп жизни человека. Человек не привык к такому быстро развивающемуся образу жизни, поэтому в XXI в. люди должны больше задумываться о физическом и ментальном состоянии. Медицина может решить большинство проблем со здоровьем, однако, о психологическом благополучии большинство людей не заботятся, потому что проблемы с эмоциональным состоянием не всегда бывают очевидны. Важно выявлять девиации на ранних стадиях, до того, как она приведет к необратимым последствиям. Одним из возможных решений является использование новых технологий для анализа социальных сетей человека.

Комплексный анализ и лечение психологических заболеваний и девиаций способствуют улучшению физического и психического здоровья населения, повышению качества жизни и экономическому развитию общества. Поэтому государство и общество в целом выигрывают от инвестирования в меры по предотвращению, выявлению и лечению депрессивных расстройств. Таким образом, можно сделать вывод, что комплексная оценка эмоционального состояния человека является актуальной задачей. В эпоху цифровых технологий удобным и эффективным инструментом может выступать программное решение, способное всесторонне оценить эмоциональное состояние человека.

Анализ исследований в области оценки эмоционального состояния человека

Комплексное распознавание психологического и эмоционального состояния пользователя предполагает сочетание методов и моделей [1–3].

В первую очередь – это анализ текста, анализ постов, который публикует пользователь. Анализ настроений в сообщениях и комментариях может дать представление об эмоциональном состоянии человека. Для анализа настроений можно использовать методы обработки естественного языка (Natural Language Processing, NLP). Распознавание намерений является одним из методов обработки естественного языка, с помощью которого определяются ключевые слова в пользовательском контенте, чтобы понять их намерения или интересы, далее происходит распознавание закономерностей в поведении человека для дальнейшего прогнозирования предпочтений и потенциальных намерений. Чаще всего используются нейронные сети. Например, в статье [4] сравниваются различные методы и приходят к выводу о преимуществе shallow-and-wide сверточной сети.

Также для комплексного анализа состояния человека важно проанализировать выражение лица. Для этого существует множество методов, часто используются модели глубокого обучения. Алгоритм состоит в том, чтобы использовать глубокие нейронные сети для изучения иерархических характеристик непосредственно по изображению лиц. Чаще всего используются сверточные нейронные сети (CNN) для обработки данных, имеющих пространственную структуру, таких как изображения и видео. Алгоритм CNN: Свертка включает в себя перемещение небольшого фильтра по входному изображению для захвата пространственной иерархии объектов. После свертки результаты проходят через функцию активации, чтобы ввести нелинейность, позволяя сети изучать более сложные шаблоны. Слои объединения следуют за сверточными слоями и используются для уменьшения пространственных размеров при сохранении важной информации. Максимальное объединение и среднее объединение являются распространенными методами понижающей выборки. Выходные данные сверточных слоев и слоев объединения преобразуются в вектор. Это подготавливает данные для ввода в традиционные полносвязные слои. Эти слои соединяют каждый нейрон с каждым нейроном последующего слоя. Они выполняют высокоуровневые рассуждения и распознавание образов на основе функций, изученных на более ранних уровнях. Последний полностью связанный уровень формирует выходные данные сети. Количество нейронов в этом слое зависит от задачи (например, классификация или регрессия), и применяется соответствующая функция активации (например, softmax для классификации). CNN обучаются с использованием контролируемого подхода к обучению. Во время обучения сеть учится минимизировать

разницу между прогнозируемым и фактическим выходными данными посредством обратного распространения ошибки и оптимизации градиентного спуска.

Аналитический обзор программных решений для оценки эмоционального состояния человека

На данный момент существует множество различных программных продуктов, которые пытаются определить психологическое и эмоциональное состояние человека. Ниже проведен сравнительный анализ наиболее популярных из них.

Affectiva – это программное решение, которое специализируется на технологиях распознавания эмоций. Сейчас *Affectiva* (рис. 1) используется для мониторинга всего салона автомобиля для предоставления услуг в ответ на эмоциональное состояние водителя и пассажира.

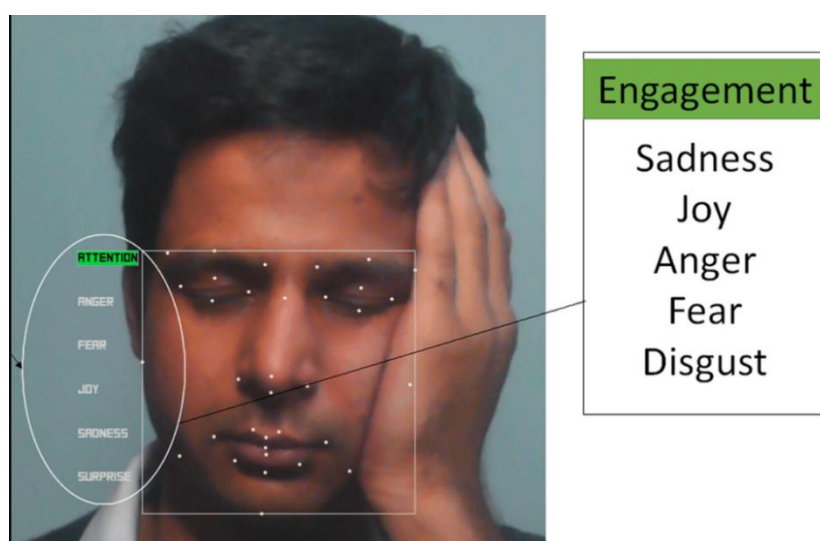


Рис. 1. Пример работы ПО *Affectiva*

Receptiviti.ai – инструмент, который использует искусственный интеллект, анализ естественного языка (NLP), машинное и науку о языке и психологии для переосмысления способов понимания и взаимодействия организаций с их наиболее важными ресурсами - людьми. *Receptiviti* ставит перед собой миссию – создать будущее, где эмпатия станет ядром каждого человеческого взаимодействия, а бизнесы будут взаимодействовать с людьми - включая сотрудников и клиентов - на основе глубокого понимания уникальной психологии, мотивации и желаний каждого человека. *Receptiviti* помогает организациям понять своих сотрудников и клиентов на глубоком уровне, основываясь на анализе их текстовых данных и психологических характеристик, что может использоваться для принятия более осознанных и эмпатичных решений.

Crystal Knows – это инструмент, использующий искусственный интеллект для анализа профилей в социальных сетях и других публичных источниках информации с целью создания детальных психологических

профилей людей. Этот плагин интегрируется с электронной почтой и другими платформами для обмена сообщениями, обеспечивая пользователям доступ к подробной информации о своих контактах прямо внутри рабочих приложений. Crystal Knows (рис. 2) полезен для бизнес-профессионалов, маркетологов, рекрутеров и любых лиц, ведущих деловое общение. Плагин позволяет легко получать психологические аналитические данные о своих контактах, что помогает в адаптации коммуникаций, создании персонализированных стратегий общения, улучшении эффективности маркетинговых кампаний и налаживании более глубоких отношений с клиентами, коллегами и партнерами.

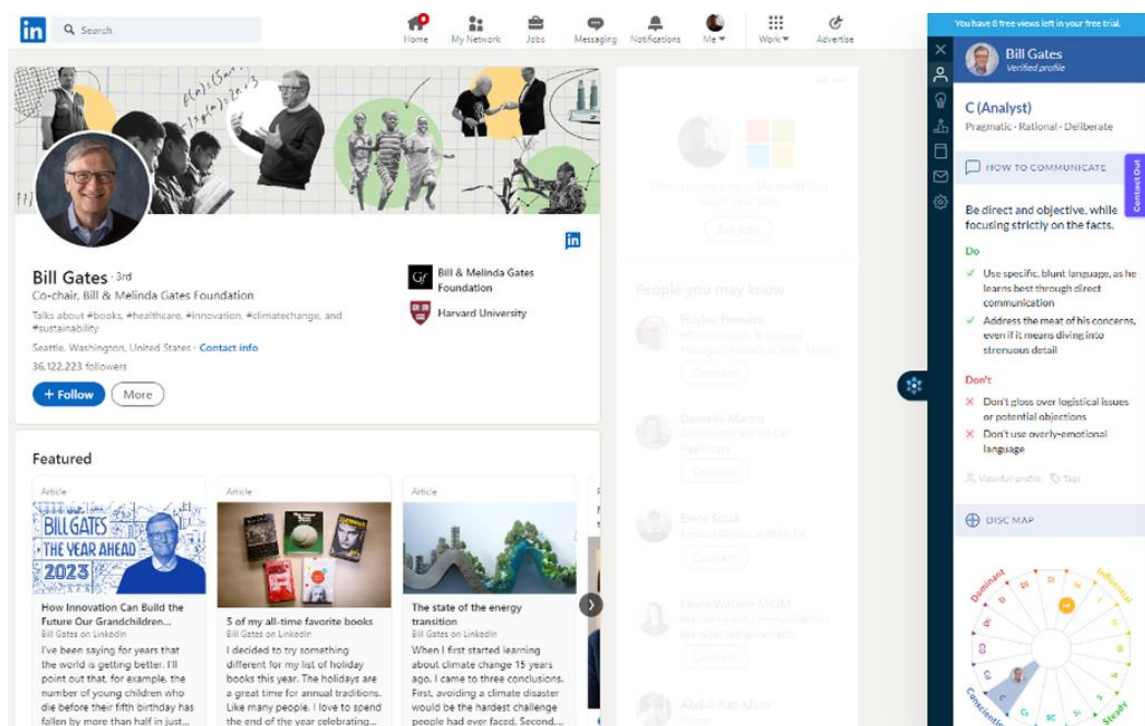


Рис. 2. Пример работы ПО Crystal Knows

Среди анализаторов социальных сетей существует *Brandwatch*. Данный инструмент, отслеживает миллиарды разговоров, происходящих в Интернете каждый день, включая блоги, новости, форумы, видео, обзоры, изображения, известные социальные сети и так далее, что позволяет корпорациям понимать мнение потребителей и тенденции.

Crimson Hexagon – это платформа для анализа социальных медиа, которая позволяет компаниям и маркетологам получать ценные инсайты из больших объемов данных, собранных из различных источников социальных медиа. *Crimson Hexagon* помогает мировым брендам лучше понимать своих потребителей. Благодаря мгновенному доступу к крупнейшему в мире объему неструктурированного текста и изображений из социальных, общедоступных онлайн-источников и корпоративных источников данных платформа *Crimson Hexagon* для анализа потребительской информации на базе искусственного интеллекта

позволяет клиентам анализировать аудиторию, отслеживать восприятие бренда и эффективность кампаний и даже выявлять конкурентов и рыночные тенденции.

В табл. 1 представлен результат сравнительного анализа вышеперечисленных программных решений.

Таблица 1

**Сравнительный анализ программных решений
для оценки эмоционального состояния человека**

	Affectiva	Receptiviti	Crystal Knows	Brandwatch	Crimson Hexagon
Страна-разработчик	США	Канада	США	Великобритания	США
Доступность в России	+	+	+	+	+
Стоимость в месяц	50\$	500\$	49\$	1750\$	2000\$
Сфера использования	анализ эмоций и настроений в различных ситуациях	анализ текстовых данных и создание психологических профилей людей	улучшение коммуникации управление отношениями с клиентами	анализ социальных медиа	анализ социальных медиа

Заключение

В статье был проведен анализ предметной области и направлений исследований в области оценки эмоционального состояния человека. Был проведен обзор существующих решений, выявлены их достоинства и недостатки. Все представленные средства эффективно решают задачу оценки эмоционального состояния. Однако ни одно из этих ПО не работает с российскими социальными сетями, также может быть отключена возможность использования ПО пользователям из России в любой момент из-за санкций, а также все продукты работают с английским языком, и обработка естественного языка (NLP) затруднена с русским языком, поэтому разработка программного обеспечения является актуальной.

Библиографический список

1. Александров А.А. Анализ эмоционального состояния человека на изображении / А.А. Александров, А.П. Кирпичников, С.А. Ляшева, М.П. Шлеймович // Вестник технологического университета. 2019. Т. 22. № 8. С. 120–123.
2. Артишевская Т.М. Психологический портрет пользователя социальными сетями // Знак: проблемное поле медиаобразования. 2012. № 1 (9). С. 6–12.
3. Базенков Н.И., Губанов Д.А. Обзор информационных систем анализа социальных сетей // Управление большими системами. 2013. № 41. С. 357–394.

4. Баймурзина Д.Р. Нейросетевые модели и диалоговая система для ведения разговора на общие темы [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.18: защищена 27.12.21 / Баймурзина Диляра Римовна. М., 2021.

© Миняйло К.А., 2024

С.В. НАЙДЕНОВ*prokigod@gmail.com*Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. **Е.Ю. САЗОНОВА***Уфимский университет науки и технологий***ПРИМЕНЕНИЕ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА
ДЛЯ СЕГМЕНТАЦИИ НЕДВИЖИМОСТИ**

Аннотация: в статье рассматриваются методы кластерного анализа и их применение для сегментации объектов недвижимости. Применение методов кластеризации позволяет выделить однородные группы объектов на основе схожих характеристик, что способствует более точной оценке рынка и оптимизации маркетинговых стратегий. Обсуждаются популярные алгоритмы, такие как K-means, DBSCAN и Gaussian Mixture Models, их преимущества и недостатки, примеры применения.

Ключевые слова: кластерный анализ, сегментация недвижимости, K-means, DBSCAN, Gaussian Mixture Models, городское планирование, оценка недвижимости, рынок недвижимости.

Введение

Кластерный анализ представляет собой один из ключевых методов анализа данных, широко применяемый для группировки объектов на основе их характеристик. В области недвижимости это позволяет сегментировать объекты по цене, местоположению, площади, возрасту зданий и другим параметрам. Использование кластерного анализа обеспечивает бизнесу и государственным организациям возможность анализа рынка, прогнозирования спроса и оптимизации управления активами [1][2].

К основным методам кластеризации можно отнести иерархические алгоритмы, неиерархические («разбиенческие») алгоритмы, алгоритмы на основе плотности, вероятностные и сеточные алгоритмы. Характеристика каждой группы алгоритмов представлена в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика алгоритмов

Вид алгоритмов	Характеристика
Иерархические алгоритмы	Используются для последовательного объединения или разбиения данных. Такие алгоритмы носят названия агломеративные и дивизивные алгоритмы. К преимуществам таких алгоритмов относится визуализация кластеров с помощью дендрограмм. Однако, такие алгоритмы эффективны при анализе небольших наборов данных. Высокая вычислительная сложность также ограничивает их применение в крупномасштабных задачах [3]

1	2
Неиерархические алгоритмы	Примеры: K-means, K-medoids. K-means является один из самых распространенных методов, который выделяет фиксированное число кластеров, минимизируя внутрикластерное расстояние. Так, он может использоваться для сегментации рынка по классам жилья (эконом, комфорт, премиум) [4]. K-medoids отличается от K-means тем, что в качестве центроидов выбираются реальные точки, а не их среднее значение. Данный алгоритм более устойчив к выбросам [3]
Алгоритмы на основе плотности	К данному виду относится алгоритм DBSCAN. Он определяет кластеры как области с высокой плотностью данных. Применение алгоритма позволяет эффективно выделять необычные или редкие объекты, например, эксклюзивные дома или загородную недвижимость. Однако алгоритм чувствителен к выбору параметров [5]
Вероятностные модели	Представителем этой группы является Gaussian Mixture Models (GMM). GMM позволяет учитывать сложные распределения данных, например, комбинирование стоимости и местоположения для сегментации городских и пригородных объектов [1][5]
Сеточные алгоритмы	Методы, такие как CLIQUE, эффективны для анализа многомерных данных. Алгоритм может быть применим к сегментации недвижимости с учетом временных трендов, таких как динамика цен за последние годы [3]

Применения кластерного анализа в сфере недвижимости

Кластерный анализ в сфере недвижимости можно быть применен к различным задачам. Так, использование алгоритмов кластеризации для анализа рынка позволяет выделить сегменты рынка, такие как элитное жилье, коммерческая недвижимость и бюджетное жилье. В свою очередь, предполагается, что такое разделение упростит анализ ценовых диапазонов и прогнозирование спроса [4][5]. При определении стоимости недвижимости методы кластеризации могут быть также полезны. Так, метод K-means, может быть использован для оценки стоимости объектов, основываясь на схожих характеристиках, это позволит автоматизировать процессы оценки и повысить точность [4]. С помощью кластеризации можно классифицировать недвижимость по уровню риска и доходности, что является хорошим инструментом для инвесторов. Для этого можно сегментировать объекты с высокой окупаемостью с помощью алгоритмов GMM [1][5]. Еще одной задаче, где возможно применение кластерного анализа является планировка районов и зданий. С помощью алгоритмов DBSCAN и GMM можно выделить районы с плотной застройкой и планировать будущие места для постройки и инфраструктуры [3][5]. Нельзя забывать, что рынок недвижимости связан с клиентами, в анализе клиентов также может быть полезен кластерный анализ. С помощью

кластеризации упрощается процесс определения целевой аудитории и выбора специальных предложений. Как пример, сегментация людей по покупательной способности и предпочтениям поможет лучше реализовать рекламную кампанию [4].

Несмотря на эффективное применение кластерного анализа в сфере недвижимости, нельзя забывать о возможных проблемных местах. К ним можно отнести большие объемы данных, огромное количество признаков, сложность в подборе параметров алгоритмов для эффективной кластеризации. Для анализа больших объемов данных требуются специальные алгоритмы, такие как Mini-Batch и K-means [3][5]. Наличие большого количества параметров, таких как цена, местоположение, количество комнат, затрудняет процесс анализа. Для решения данной проблемы используются методы снижения размерности, как, например, PCA[1][3]. Подбор параметров для алгоритмов, даже самых простых, таких как, число кластеров, требует использования автоматизированных методов [4][5].

Заключение

Кластеризация играет большую роль в анализе рынка недвижимости, предлагая широкий спектр различных алгоритмов и помогая решать важные задачи для организаций с помощью этих алгоритмов. Современные алгоритмы направлены на повышение точности и масштабируемости методов, что позволит решать важные задачи в будущем.

Библиографический список

1. A Taxonomy of Machine Learning Clustering Algorithms, Challenges, and Future Realms. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.mdpi.com/2076-3417/13/6/3529>.
2. Clustering algorithms: A comparative approach.. URL: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0210236>.
3. A Rapid Review of Clustering Algorithms. URL: <https://arxiv.org/abs/2401.07389>.
4. Jain. Data clustering: 50 years beyond K-means. Pattern Recognition Letters (2010).
5. Ester, M., Kriegel. A Density-Based Algorithm for Discovering Clusters in Large Spatial Databases with Noise. Proceedings of KDD (1996).

© Найденов С.В., 2024

В.Ю. НИКОЛАЕВА

victorianikolaeva6688@gmail.ru

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

Уфимский университет науки и технологий

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ПРЕДИКТИВНОЙ АНАЛИТИКИ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ЦЕНООБРАЗОВАНИЯ

Аннотация: в статье рассматриваются методы предиктивной аналитики, используемые для оптимизации ценообразования, приведены факторы, которые должны быть учтены при построении эффективных моделей, приведены преимущества применения предиктивной аналитики в ценообразовании и основные проблемы, с которыми сталкиваются аналитики при построении моделей ценообразования.

Ключевые слова: предиктивная аналитика, прогнозирование, персонализированное ценообразование, статистическое моделирование, машинное обучение.

Введение

В условиях современной конкуренции оптимизация ценообразования является критически важным фактором успеха для любого бизнеса.

Оптимизация ценообразования – это сложная задача, требующая учета множества взаимосвязанных факторов. Традиционные подходы, например, основанный на себестоимости или конкурентный методы, часто не учитывают динамику спроса, сезонность и индивидуальные предпочтения потребителей. В результате компании могут терять потенциальную прибыль из-за неправильно установленных цен. Предиктивная аналитика предоставляет возможность перейти от реактивного к проактивному управлению ценами, используя данные для прогнозирования спроса и оптимизации ценовой стратегии.

Методы предиктивной аналитики в ценообразовании

Предиктивная аналитика – это комплекс, состоящий из методов анализа данных и способов их интерпретации, позволяющий принимать успешные решения в будущем на основе результатов прошлых событий. В современном мире подобные инструменты прогнозирования получили максимальное распространение. Они применяются, например, в бизнесе, торговле и маркетинге. Даже обыкновенный процесс оформления кредита определенным образом касается прогнозов такого формата. Банковская система создает портрет неплатежеспособного клиента, а затем отсеивает заявки от людей, обладающих схожими характеристиками [1].

Для прогнозирования спроса и определения оптимальных цен применяются разнообразные методы предиктивной аналитики, основанные на машинном обучении и статистическом моделировании. Анализ методов и алгоритмов представлен в табл. 1.

Таблица 1

Анализ методов и алгоритмов предиктивной аналитики

Область	Анализ методов и алгоритмов
Статистическое моделирование	Регрессионный анализ позволяет установить количественную связь между ценой и другими факторами, влияющими на спрос. Линейная регрессия используется для выявления линейных зависимостей, а нелинейные модели (например, полиномиальная регрессия) – для более сложных взаимосвязей
Анализ временных рядов	Применяется для прогнозирования спроса на основе исторических данных о продажах, учитывая сезонные и трендовые колебания. ARIMA и Prophet являются популярными инструментами для прогнозирования временных рядов
Машинное обучение и искусственный интеллект	С помощью алгоритмов, таких как деревья решений, случайный лес, градиентный бустинг и нейронные сети можно строить сложные модели, которые учитывают нелинейные зависимости и другие факторы. Благодаря этим моделям могут обрабатываться большие объемы данных и выявляться сложные закономерности. Алгоритмы могут обучаться с привлечением человека для прогнозирования будущих тенденций, а также могут обучаться самостоятельно на больших данных для поиска скрытых паттернов [1]. Нейронные сети позволяют анализировать данные о продажах, поведении потребителей и рыночные тенденции. Алгоритмы кластеризации позволяет разделить рынок на группы потребителей со схожими характеристиками и предпочтениями, что позволяет делать ценообразование дифференцированным

Для того, чтобы модель ценообразования была эффективной, необходимо, чтобы она учитывала такие факторы как: цена, данные о продажах, тренды, сезонность, рекламные кампании, конкурентную среду, экономические показатели, такие как доходы населения, инфляция, уровень безработицы; характеристики продукта, например, бренд, качество и особенности продукта; внешние условия, к которым можно отнести политические события, праздники, погодные условия.

Использование предиктивной аналитики в ценообразовании

Использование предиктивной аналитики в ценообразовании позволяет повысить прибыльность, за счет оптимизации цен, которая, в свою очередь, приводит к максимизации выручки и минимизации потерь; улучшить процесс принятия решений, так как прогнозы, полученные с помощью предиктивной аналитики, позволяет более глубоко обосновывать принимаемые решения; повысить конкурентоспособность, за счет быстрого реагирования на изменения рынка.

Однако при применении методов предиктивной аналитики необходимо иметь в виду факторы, которые могут отрицательно повлиять на результат: которые могут помешать применению предиктивной аналитики. Первый и самый важный фактор – это качество информации. Информация должна обладать следующими свойствами: полнота, понимаемость, полезность, точность, своевременность, актуальность. Если информация не обладает перечисленными свойствами, это будет приводить к неправильным прогнозам. Вторым фактором является сложность моделей, а именно необходимо рассчитать вычислительные мощности системы и оценить требуемые знания и навыки аналитика для составления адекватных моделей. Еще одним фактором является сложность в интерпретации результатов, в связи с чем необходимо подбирать специалистов с учетом требуемых знаний и навыков. Нельзя забывать, что наша экономика является рыночной, поэтому предвидеть какие-то внезапные изменения предиктивная аналитика, к сожалению, не сможет. Для минимизации потерь необходимо строить модели, которые будут быстро адаптироваться к новым ситуациям. Еще одним важным вопросом является конфиденциальность данных. Для обеспечения прозрачности решений по ценообразованию, компании могут предоставить четкие разъяснения того, как работают алгоритмы искусственного интеллекта и как они принимают решения по ценообразованию [3].

Заключение

Инструменты предиктивной аналитики в ценообразовании компании помогают принимать более обоснованные решения, что ведет к повышению прибыльности и конкурентоспособности. Однако, не стоит забывать о сложностях, которые могут возникать в процессе построения моделей.

Постоянное совершенствование моделей и мониторинг результатов являются необходимыми условиями для эффективного использования предиктивной аналитики в ценообразовании.

Библиографический список

1. Предиктивная аналитика: что это такое, методы и инструменты прогностического анализа. URL: <https://www.cleverence.ru/articles/auto-busines/prediktivnaya-analitika-cto-eto-takoe-metody-i-instrumenty-prognosticheskogo-analiza/>.
2. Оптимизация ценообразования с использованием искусственного интеллекта. URL: <https://priceva.ru/blog/article/optimizatsiya-tsenoobrazovaniya-s-ispolzovaniem-iskusstvennogo-intellekta/>.
3. Ценообразование и искусственный интеллект: идеальное сочетание? URL: <https://keeprise.ru/blog/tpost/nlsop1pns1-tsenoobrazovanie-i-iskusstvennii-intelle>.

© Николаева В.Ю., 2024

Д.И. НУГУМАНОВ, А.И. ЯГУДИН

dinar.zuru@gmail.com

Науч. руковод. – д-р техн. наук, доцент **А.М. ВУЛЬФИН**

Уфимский университет науки и технологий

ВНЕДРЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ ИИ В СФЕРАХ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Аннотация: в статье рассматривается применение технологий искусственного интеллекта (ИИ) для обеспечения информационной безопасности, описываются преимущества и вызовы, связанные с внедрением ИИ в данной области, а также рассматриваются примеры успешных решений.

Ключевые слова: искусственный интеллект; информационная безопасность; кибератаки; машинное обучение.

Введение

Развитие ИИ и его значение

Искусственный интеллект стремительно развивается, меняя подходы ко многим областям науки и техники. В последние годы ИИ становится ключевым инструментом для анализа больших объемов данных, автоматизации процессов и прогнозирования. В области информационной безопасности его роль особенно важна из-за роста числа кибератак и их сложности.

Необходимость применения ИИ в информационной безопасности

Киберугрозы эволюционируют, становясь сложнее и менее предсказуемыми. Традиционные системы обнаружения и защиты зачастую не справляются с новыми вызовами. Искусственный интеллект способен выявлять угрозы в реальном времени, анализировать сложные атаки и минимизировать человеческий фактор.

Основные угрозы в области информационной безопасности

Кибератаки и их сложность

Среди наиболее распространенных угроз выделяются фишинг, атаки на отказ в обслуживании (DDoS), вредоносное ПО и атаки на IoT-устройства. Эти угрозы нацелены как на пользователей, так и на компании.

Фишинг и социальная инженерия

Фишинговые атаки остаются одним из самых распространенных и опасных методов кибератак. Злоумышленники используют поддельные письма, сайты или сообщения для кражи конфиденциальной информации: паролей, данных банковских карт, персональных данных. Использование

социальных инженерных приемов, таких как выстраивание доверия или создание ощущения срочности, делает такие атаки особенно успешными.

Вредоносное ПО

Вредоносное программное обеспечение (вирусы, черви, трояны, шпионские программы) активно используется для кражи данных, шпионажа, шифрования файлов с целью выкупа или вывода систем из строя.

Атаки на отказ в обслуживании (DDoS)

DDoS-атаки направлены на перегрузку серверов множеством запросов, что приводит к их недоступности. Такие атаки часто используются для срыва работы бизнеса или государственных систем. Они становятся особенно опасными при использовании ботнетов из IoT-устройств.

Угрозы для IoT-устройств

Интернет вещей (IoT) – одна из наиболее уязвимых сфер. Устройства часто имеют недостаточный уровень защиты, что позволяет злоумышленникам использовать их в качестве точек входа для атак на сети, кражи данных или проведения DDoS-атак.

Технологии ИИ в информационной безопасности

Машинное обучение и анализ больших данных

Машинное обучение позволяет системам безопасности обучаться на огромных объемах данных для распознавания скрытых паттернов и аномалий. Этот подход особенно полезен для выявления новых, ранее неизвестных угроз. Например, в системах защиты от вторжений машинное обучение может анализировать сетевой трафик и выявлять аномальные поведения, которые могут свидетельствовать о попытке взлома. Также анализ больших данных позволяет обрабатывать информацию, поступающую с разных источников, и выделять ключевые сигналы для реагирования.

Нейронные сети

Глубокие нейронные сети – мощный инструмент для анализа данных и выявления закономерностей. Это позволяет решать задачи, связанные с классификацией и прогнозированием.

В информационной безопасности нейронные используются для усовершенствования антифишинговых систем. Также нейронные сети используются для анализа файлов и выявления вредоносного ПО, которое может скрываться от традиционных антивирусных программ.

Кроме того, нейронные сети используют для автоматизации процесса реагирования на инциденты, выявление аномалий в пользовательских данных.

Алгоритмы для защиты и шифрования данных

Благодаря алгоритмам ИИ, можно добиться большей безопасности данных. В криптографии применение алгоритмов ИИ сопровождается возможностью более мощного шифрования для предотвращения несанкционированного доступа.

Современные алгоритмы машинного обучения применяются для динамического обновления ключей шифрования и более точного обнаружения попыток несанкционированного доступа.

Кроме того, алгоритмы искусственного интеллекта позволяют выявлять уязвимости в криптографических системах, предлагая инновационные подходы к защите, которые были бы недостижимы при использовании традиционных методов.

Интеллектуальная система мониторинга и реагирования на инциденты

Искусственный интеллект активно применяется в системах мониторинга и реагирования на инциденты. Его задача – оперативно и точно анализировать события, выделяя из них критически важную информацию для принятия решений в режиме реального времени.

Благодаря использованию методов машинного обучения и анализу данных в режиме реального времени, эти системы способны выявлять и классифицировать угрозы, а также автоматически определять необходимость вмешательства. Например, искусственный интеллект может самостоятельно блокировать вредоносный трафик или ограничивать доступ к зараженным системам, тем самым снижая нагрузку на специалистов по безопасности.

Примеры успешного использования ИИ

Примеры использования ИИ отечественными компаниями

1. На своем киберполигоне Сбербанк разработал систему на основе ИИ, которая позволяет моделировать сценарии атак и тренировать защитные механизмы. ИИ в реальном времени анализирует атаки и автоматизирует процесс принятия решений.

2. Защита IoT-сетей от Ростелекома. Ростелеком применил ИИ для защиты устройств в умных домах. Система отслеживает поведение подключенных устройств, выявляет подозрительную активность и своевременно предупреждает пользователей, предотвращая угрозы и защищая данные от несанкционированного доступа.

Примеры использования зарубежными компаниями

1. Darktrace – защита корпоративных сетей: Darktrace также использует ИИ в своих разработках. Их система для защиты корпоративных сетей анализирует обычное поведение пользователей и устройств. Данная система позволяет выявлять нестандартное поведение, что может указывать на кибератаку. Darktrace успешно предотвратила

утечку данных в финансовых организациях, благодаря сканированию сетевого трафика в режиме реального времени.

2. IBM Watson for Cybersecurity: Данное решение, основанное на когнитивных вычислениях, позволяет быстро анализировать большой объем данных, связанных с угрозами информационной безопасности. Путем сравнения текущих инцидентов с уже известными, данная платформа позволяет специалистам по информационной безопасности выявлять потенциальные угрозы. Данная платформа внедрена в одной из американских больниц, где она помогает защищать медицинские данные пациентов.

Проблемы и вызовы внедрения ИИ в информационную безопасность

Высокая стоимость внедрения

Внедрение готовых языковых моделей не всегда является эффективным. В контексте информационной безопасности ИИ необходимо обучать на специализированных данных для повышения точности. Сам процесс обучения ИИ может оказаться крайне дорогим, так как требует больших вычислительных мощностей. Подобные финансовые вложения могут оказаться неподъемными для средних и малых компаний.

Ограниченная доступность данных

Для обучения моделей ИИ необходимо использовать большой объем качественных и разнородных данных, что на выходе приведет к более точному и универсальному решению. К сожалению, в сфере информационной безопасности таких объемов данных может просто не оказаться, поскольку отчеты о кибератаках чаще всего остаются внутри компании из соображений конфиденциальности.

Вероятность ошибок и ложных срабатываний

ИИ не может гарантировать 100 % точности. В контексте информационной безопасности ложные срабатывания могут создать дополнительную нагрузку на специалистов ИБ. Также работает и обратное - ИИ может пропустить действительную угрозу, что может привести к серьезным последствиям.

Этические вопросы и злоупотребления

Искусственный интеллект может применяться не только для защиты, но и для атак. Злоумышленники активно используют технологии ИИ для усовершенствования своих атак. Адаптивные фишинговые письма, обнаружение новых уязвимостей, создание более сложных вредоносных программ – все это возможно благодаря использованию технологий ИИ.

Регуляторные и правовые отношения

В некоторых странах использование технологий ИИ в информационной безопасности регулируется законодательством и контролируется государственными органами. Определяемые законодательством правила сбора и обработки информации могут стать серьезным препятствием для

внедрения ИИ. В частности, это может затруднить внедрение ИИ для международных компаний, которые работают в разных странах.

Пути совершенствования применения ИИ

Совершенствование систем защиты от ложных срабатываний

Одной из главных задач является усовершенствование алгоритмов ИИ для увеличения точности и уменьшения количества ложных срабатываний. Для решения этой задачи необходимо производить качественное обучение моделей ИИ на большом количестве данных, которые в то же время будут качественными. Также стоит рассмотреть гибридные системы, сочетающие в себе технологии ИИ с традиционными методами анализа угроз.

Разработка государственных программ поддержки

Наличие поддержки от государства имеет огромное значение для развития и внедрений технологий ИИ. Различного рода субсидии, создание исследовательских центров и внедрение нормативных актов помогут активнее развивать и внедрять технологии ИИ.

Интеграции ИИ с другими технологиями

Интеграция технологий ИИ с другими технологиями позволяет добиться более эффективных решений. Например, использование технологий ИИ в связке с технологиями блокчейна способствует более эффективной и надежной защите данных, благодаря их децентрализованному хранению. Квантовые вычисления способны значительно ускорить процесс обучения ИИ, а использование биометрии позволяет повысить уровень безопасности за счет точной и уникальной идентификации пользователей.

Введение обязательной сертификации

Наличие сертификатов, выданных соответствующими инстанциями, позволяет укрепить доверие к продуктам, которые используют технологии ИИ. Сертификаты помогут гарантировать соответствие минимальным требованиям, что поможет потенциальным пользователям при выборе необходимого продукта.

Повышение доступности данных

Необходимо разработать платформу, которая обеспечит безопасное хранения и передачу данных между компаниями. Это позволит обучать модели ИИ на более качественных и больших объемах данных. Платформы такого типа должны обеспечить надежную передачу и хранения конфиденциальных данных и соответствовать всем требованиям законодательства о персональных данных.

Заключение

Технологии и инструменты искусственного интеллекта становятся незаменимыми в борьбе с угрозами информационно безопасности. Умение ИИ анализировать большой объем данных позволяет сократить время реагирования на инциденты. Выявление скрытых угроз и минимизация человеческого фактора способствуют повышению безопасности цифровой среды.

Тем не менее усовершенствование ИИ сопровождается необходимостью решения ряда проблем, таких как высокая стоимость создания и внедрения и ограниченность качественных данных. При этом примеры успешного применения ИИ различными компаниями показывает потенциал искусственного интеллекта в области информационно безопасности.

Дальнейшее развитие технологий ИИ, интеграция с другими технологиями, государственная поддержка и стандартизация использования позволят бороться с существующими вызовами. Необходимость объединения усилий научного сообщества, бизнеса и государства дает вектор в развитии технологий ИИ в сферах информационной безопасности.

Библиографический список

1. Искусственный интеллект в информационной безопасности / [Электронный ресурс] // cyberleninka.ru: [сайт]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/iskusstvennyy-intellekt-v-informatsionnoy-bezopasnosti> (дата обращения: 10.11.2024).

2. Искусственный интеллект и безопасность: проблемы, заблуждения, реальность и будущее / [Электронный ресурс] // cyberleninka.ru: [сайт]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/iskusstvennyy-intellekt-i-bezopasnost-problemy-zabluzhdeniya-realnost-i-budushee> (дата обращения: 15.10.2024).

3. Искусственный интеллект в ИБ / [Электронный ресурс] // b-152.ru: [сайт]. URL: <https://b-152.ru/iskusstvennyj-intellekt-v-ib> (дата обращения: 10.11.2024).

4. Основы искусственного интеллекта с приложениями в информационной безопасности. Практикум / [Электронный ресурс] // e.lanbook.com: [сайт]. URL: <https://e.lanbook.com/book/163838> (дата обращения: 10.11.2024).

© Нугуманов Д.И., 2024

И.А. ПОКРОВСКИЙ

pokrovskiiilya@mail.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доцент **Е.Ю. САЗОНОВА**

Уфимский университет науки и технологий

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ КЛАСТЕРИЗАЦИИ КЛИНИЧЕСКИХ ПУТЕЙ ПАЦИЕНТОВ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Аннотация: в данной статье рассмотрена задача кластеризации клинических путей. Обоснована актуальность разработки системы кластеризации клинических путей пациентов, дана постановка задачи, приведен сравнительный анализ методов решения, представлен алгоритм работы программы, приведены результаты и интерпретация предложенного решения.

Ключевые слова: клинический путь; кластеризация; машинное обучение; тематическое моделирование.

Введение

Медицинские организации работают с большими объемам данных, которые хранятся на различных носителях, как электронных, так и бумажных. Традиционный метод документирования процессов не позволяет получить полное представление о клинических путях пациентов и провести их анализ в режиме реального времени. Поэтому актуальной является задача разработки инструментов для кластеризации клинических путей пациентов.

Под клиническим путем понимается последовательность медицинских мероприятий, направленных на диагностику, лечение и реабилитацию пациента с определенным заболеванием или состоянием. Клинический путь представляет собой модель оказания медицинской помощи, которая включает в себя все этапы лечения от первичного обращения пациента до его выздоровления или стабилизации состояния.

Целью работы является повышение эффективности диагностики и оптимизация лечения пациентов. Для ее достижения необходимо выполнить следующие задачи: формирование набора данных с необходимыми и достаточными признаками; выбор методов и проведение их сравнительного анализа; разработка пошагового алгоритма работы программы; реализация алгоритма.

Постановка задачи

Рассмотрим содержательную постановку задачи разработки программного обеспечения для кластеризации клинических путей пациентов.

Программное обеспечение должно выполнять следующие функции: ввод исходных значений, загрузка исходных значений из шаблонного файла, очищение введенных значений, очищение результатов работы программы, вывод характеристик кластеров.

Формальную постановку задачи можно представить в виде функциональных диаграмм (рис. 1–2).

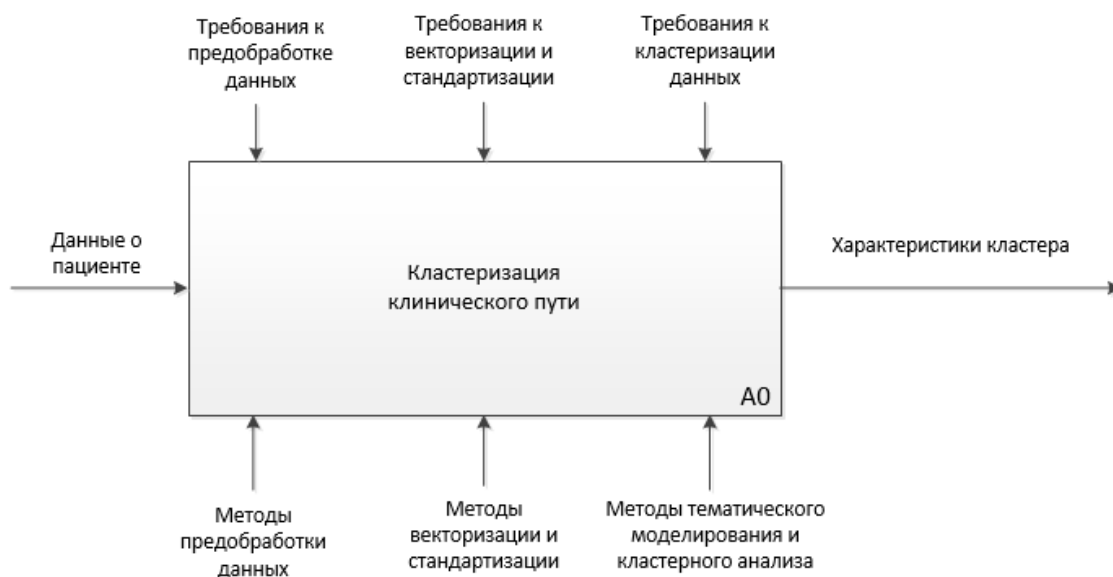


Рис. 1. Функциональная модель системы верхнего уровня



Рис. 2. Декомпозиция функциональной модели системы уровня A0

Выбор методов для анализа

В работе клинический путь характеризуется текстовой информацией (анамнезы болезни и жизни) и количественной (анализы).

Для решения задачи кластеризации текстовых данных анамнезов были рассмотрены методы тематического моделирования: латентно-семантический анализ, латентное размещение Дирихле.

Латентно-семантический анализ (LSA) представляет собой метод анализа текстов, направленный на выявление семантических взаимосвязей между словами. Суть его заключается в том, что слова, часто встречающиеся в одних и тех же контекстах, вероятно, имеют схожие значения.

Латентное размещение Дирихле (LDA) - это метод вероятностного графического моделирования, который используется для извлечения скрытых тем из набора документов и определения, какие темы присутствуют в каждом документе.

Для решения задачи кластеризации количественных данных в виде анализов были рассмотрены следующие методы: k-means, агломеративная кластеризация, спектральная кластеризация.

K-means – это алгоритм кластеризации, который основан на идее разделения данных на кластеры и последующем итеративном пересчете центров масс для каждого кластера.

Агломеративная кластеризация – это метод кластерного анализа, который строит иерархическую структуру кластеров, начиная с каждого объекта как отдельного кластера и постепенно объединяя их в более крупные кластеры.

Спектральная кластеризация – это метод кластеризации данных, который использует спектральный анализ матрицы схожести между точками данных. Основная идея заключается в том, что точки данных можно сгруппировать на основе структуры собственных векторов матрицы схожести.

Рассмотрим шаги алгоритма кластеризации клинического пути пациента.

Шаг 1. Загрузка данных.

Происходит загрузка данных в формате .csv таблиц.

Шаг 2. Предобработка данных.

Предобработка анамнезов включает состоит из следующих этапов: токенизация, удаление ошибочных аббревиатур, удаление пунктуации, приведение слов к нижнему регистру, удаление английских слов, удаление чисел, удаление символов, удаление пробелов, удаление распространенных и редких слов, лемматизация.

Процесс предобработки анализов включает в себя: приведение строковых данных к числовым значениям, удаление строк с пустыми значениями.

Шаг 3. Векторизация и стандартизация данных

На данном этапе предобработанные тестовые данные анамнезов преобразуются в векторную форму, а числовые данные анамнезов приводятся к стандартному формату.

Шаг 4. Кластеризация данных

Подготовленные данные поступают на модели, текстовые данные анамнезов на тематическую модель, числовые данные анализов на модель кластерного анализа. На выходе получаем характеристики клинического пути пациента.

Сравнительный анализ методов на основе результатов проведенного эксперимента

Для выбора метода тематического моделирования рассчитывалось значение когерентности (табл. 1).

Когерентность (согласованность) – это показатель, который отражает, насколько часто слова, встречающиеся рядом в текстах, оказываются в списке наиболее часто встречающихся слов заданной темы.

Таблица 1

Результаты работы методов тематического моделирования

Метод	Количество тем				
	2	3	4	5	6
LSA	0,448	0,534	0,51	0,503	0,492
LDA	0,499	0,563	0,546	0,536	0,517

По результатам анализа можно сделать вывод, что лучшим оказался метод латентное размещение Дирихле.

Для выбора метода тематического моделирования рассчитывалось время выполнения алгоритма, качество разбиения объектов (табл. 2).

Таблица 2

Результаты работы методов кластерного анализа

Метод кластеризации	Время выполнения	Значение силуэта
К-means	0,036	0,381
Агломеративная	0,24	0,362
Спектральная	0,39	0,312

По итогам сравнительного анализа лучшим оказался метод К-means как по времени выполнения, так и по значению силуэта.

Интерпретация результатов анализа

На рис. 3 представлена визуализация результатов тематического моделирования. Круги не пересекаются, что указывает на высокое качество моделирования тем.

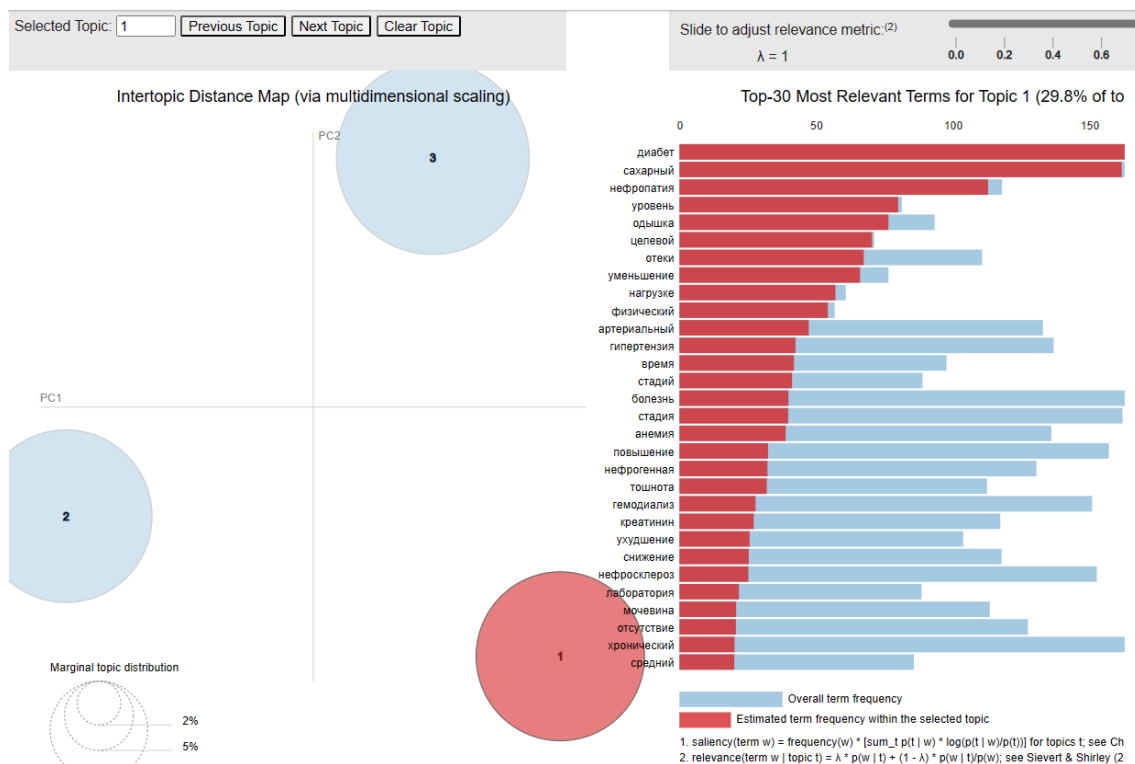


Рис. 3. Графическое представление тем анамнезов

На рис. 4 показано среднее значение креатинина, для кластера 0 принимает наибольшее значение.

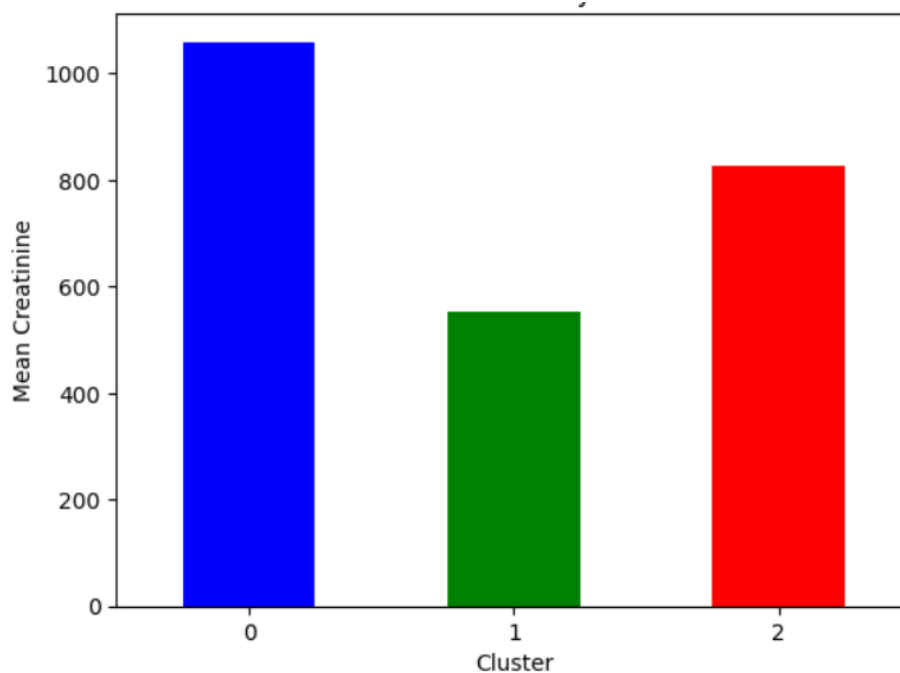


Рис. 4. График среднего значения креатинина по кластерам

На рис. 5 представлен пример работы программы. Пациент был отнесен к кластеру с повышенным креатинином и альбумином по результатам его анализов, в анамнезах были выделены темы, связанные с болезнями нефросклероз, гломерулонефрит, гипертензия.

Рис. 5. Интерфейс программного решения

Заключение

Кластеризация клинических путей помогает выявить группы пациентов с похожими характеристиками, что улучшает эффективность и сокращает время лечения. В ходе анализа, методы латентного размещения Дирихле и k-means показали лучшие результаты, а разработанное на их основе программное обеспечение может быть полезным инструментом в медицинских учреждениях.

Исследование частично поддержано грантом РФФ № 22-19-00471 Система поддержки принятия решений для профилактики и лечения бронхолегочных заболеваний, оценки рисков заболеваний и осложнений их лечения в задачах персонализированной медицины на основе методов анализа данных и искусственного интеллекта.

Библиографический список

1. Анализ текстовых данных с использованием тематического моделирования. URL: <https://habr.com/ru/companies/otus/articles/757010/> (дата обращения: 16.05.2024)
2. Прокофьева Елизавета Сергеевна, Зайцев Роман Дмитриевич Анализ клинических путей пациентов в медицинских учреждениях на основе методов жесткой и нечеткой кластеризации // Бизнес-информатика. 2020. № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-klinicheskikh-putey-patsientov-v-meditsinskih-uchrezhdeniyah-na-osnove-metodov-zhestkoy-i-nechetkoy-klasterizatsii> (дата обращения: 16.05.2024)

3. Обзор алгоритмов кластеризации данных. URL:
<https://habr.com/ru/articles/101338/> (дата обращения: 16.05.2024)

© Покровский И.А., 2024

А.В. РЫЦЕВА

rizarsasha@gmail.com

Науч. руковод. – д-р техн. наук, проф. **Г.Р. ШАХМАМЕТОВА**

Уфимский университет науки и технологий

АНАЛИЗ ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ СТРУКТУРИРОВАННОГО ПРОТОКОЛА ОСМОТРА НА ОСНОВЕ РЕЧЕВОЙ ИНФОРМАЦИИ

Аннотация: в статье рассматривается проблема создания структурированного протокола осмотра на основе речевой информации. Выполняется анализ звуковых и текстовых биомедицинских данных. Проводится обзор существующих методов для обработки звуковой и структуризации текстовой информации.

Ключевые слова: анализ данных; распознавание речи; структуризация медицинской информации.

Введение

Данная работа посвящена анализу проблемы создания структурированного протокола осмотра на основе речевой информации. Проведен анализ звуковых и текстовых биомедицинских данных. Выполнен обзор существующих методов для обработки звуковой и структуризации текстовой информации.

Основная цель данной работы – проанализировать проблему создания структурированного протокола осмотра на основе речевой информации.

Основными задачами являются анализ проблемы создания медицинской документации в медицине, обзор методов для распознавания речи и структуризации текстовой информации.

Анализ проблемы создания медицинской документации

Одними из основных факторов выгорания среди медицинских работников являются низкая компьютерная грамотность и необходимость дублирования информации на бумажных носителях – факторы, непосредственно связанные с медицинскими информационными системами [1].

В соответствии с нормами времени на выполнение работ, которые связаны с посещением пациентом врача-терапевта участкового, на оформление медицинской документации должно затрачиваться не более 35 % рабочего времени (приказ Минздрава России от 02.06.2015 № 290н). В то же время, по оценкам разных исследований, врачи-терапевты участковые на амбулаторном приеме пациентов затрачивают от 40.7 % до 47.31 % рабочего времени на работу с медицинской документацией и от

28.51 % до 52 % – на основную деятельность, подразумевающую сбор анамнеза, осмотр пациента и другие необходимые процедуры [2–4].

Таким образом, анализ автоматического создания медицинской документации, в частности структурированных протоколов осмотра на основе речевой информации, является актуальной проблемой, так как позволит сократить время и автоматизировать этот процесс.

Анализ звуковых и текстовых биомедицинских данных

Рассмотрим классификацию звуковой и текстовой информации, а также примеры их анализа в медицине.

Текстовые медицинские данные можно разделить на три категории: структурированные, слабоструктурированные и неструктурированные данные.

Первая категория имеет заранее определенный формат хранения и представления, его легко формализовать и обрабатывать с использованием технологий интеллектуального анализа данных.

Вторая категория – данные, которые являются понятными для машинного распознавания, но все еще требуют неких преобразований для получения конкретной информации из нее.

Третья категория характеризуется отсутствием структуры представления и хранения информации или ее слабой выраженностью. Эти данные требуют предварительного применения методов естественной обработки языка и выделения их структуры для последующего применения методов интеллектуального анализа данных.

Анализ текстовых данных позволяет улучшать диагностику заболеваний – например, диагностику редкого синдрома Драве [5]. Анализ семейного анамнеза пациента позволяет прогнозировать, диагностировать и лечить генетические нарушения и семейных заболевания [6].

Звуковую медицинскую информацию можно разделить на 2 группы: естественные звуки человеческого организма и речь.

Усиленные техническим способом естественные звуковые сигналы человеческого организма включают такие звуки, как тоны, шумы, хрипы и другие звуковые элементы, которые можно услышать при использовании фонендоскопа и других медицинских приборов.

Анализ таких звуковых сигналов позволяет диагностировать сердечно-сосудистые заболевания с использованием сегментации тонов сердца и извлечения ценных признаков [7], болезни дыхательных путей, в том числе хроническую обструктивную болезнь легких [8].

В области анализа речевой информации используют голосовые биомаркеры – специфические параметры голоса человека, применяемые для мониторинга состояния здоровья и выявления признаков различных заболеваний.

Анализ биомаркеров позволяет выявлять ранние проявления болезни Альцгеймера [9], прогрессирование болезни Паркинсона [10],

прогнозировать наличие инфекции SARS-COV-2 или оценивать тяжесть этого заболевания [11], диагностировать депрессию и наличие суицидальных мыслей [12].

Кроме мониторинга состояния здоровья анализ речевой информации позволяет преобразовать произносимые слова в текст, повышая производительность рабочего процесса для медицинских работников [13], а автоматическое создание медицинских заметок на основе диалога врача и пациента значительно экономит время [14].

Обзор существующих методов для обработки звуковой и структуризации текстовой информации

Обзор методов для распознавания речевой информации.

В системах автоматического распознавания речи выделяют 3 распространенных подхода:

1. Традиционный.
2. Гибридный.
3. End-to-end.

Традиционные модели состоят из 4 основных компонентов: блок выделения признаков, блок акустической модели, блок декодера, блок языковой модели.

Процесс распознавания речи происходит через последовательное взаимодействие четырех основных компонентов. Сначала блок выделения признаков преобразует звуковой сигнал в набор акустических характеристик. Далее, блок акустической модели отвечает за определение вероятности соответствия этих признаков различным фонемам (звукам речи). Затем блок декодера интерпретирует полученные данные и формирует последовательность наиболее вероятных слов или фраз на основе акустической информации. В конце блок языковой модели проверяет и корректирует результаты, учитывая контекст и частоту появления слов, что позволяет улучшить точность распознавания речи.

Гибридные модели представляют собой модернизированные традиционные модели, основанные на Марковских цепях (НММ – Hidden Markov Model), в которых смешанные модели Гаусса были заменены на глубокие нейронные сети (DNN – Deep Neural Networks) – так называемые НММ/DNN модели. Гибридные модели состоят их 2 частей. Первая – нейронная сеть – вычисляет распределения вероятностей различных акустических единиц, а вторая – скрытая марковская модель – определяет вероятности перехода из одного состояния в другое

Модели E2E обладают более простой архитектурой по сравнению с традиционными и гибридными многокомпонентными моделями, так как используют лишь один компонент для непосредственного преобразования звуковой последовательности в последовательность букв.

Обзор методов для структуризации текста

В области структуризации текста есть 2 противоположные техники: экстрактивная и абстрактная.

В экстрактивной технике из исходного текста выбираются наиболее важные предложения, которые одно за другим склеиваются в краткое содержание текста. А абстрактная техника подразумевает генерацию нового текста, содержащего основные мысли из исходного.

Экстрактивная техника широко использует статистические методы. Рассмотрим существующие методы:

1. Методы, основанные на частоте употребления слов в тексте (метод «мешок слов») [15]. Этот подход подразумевает подсчет частоты встречаемости каждого слова и рейтинг предложений на основе частот этих слов, что позволяет выделить те предложения, которые содержат часто используемые слова.

2. Метод TDF-IDF. Это усовершенствованный метод, основанный на анализе частоты слов в тексте. Он вычисляет вес каждого слова, учитывая его частоту не только в конкретном документе, но и во всем наборе документов, что помогает выделить наиболее значимые слова и термины в контексте остальных документов. Исследования показывают, что данный метод хорошо подходит для выявления ключевых терминов в различных задачах обработки естественного языка [16, 17] и его эффективность превосходит методы, основанные исключительно на частоте слов [15].

3. Методы, основанные на присутствии ключевых фраз [18]. В этом методе сначала осуществляется подсчет частоты каждого слова, после чего устанавливается определенный порог, выделяющий слова как ключевые или неключевые.

4. Методы, основанные на соответствии слов заголовку в предложениях [18]. Данный подход акцентирует внимание на предложениях, которые больше всего напоминают заголовки, в выходном тексте.

5. Методы, основанные на наличии чисел в предложении [18]. Предложения, содержащие числовые данные, такие как даты, размеры и другие числовые данные, считаются важными.

6. Методы, основанные на позиции предложения в тексте [18]. Этот метод основан на предположении, что предложения, расположенные в начале текста, имеют большую важность по сравнению с последующими.

7. Методы, основанные на длине предложений [18]. Этот метод анализирует длину предложений для определения их пригодности в выходном тексте, так как слишком короткие предложения могут оказаться бессмысленными, а чрезмерно длинные – излишними.

В области *абстрактного обобщения* выделяют 3 группы методов, основанных на следующих объектах:

1. Структура текста.

2. Семантика текста.
3. Глубокое обучение.

Классификация методов абстрактного обобщения с примерами представлена на рис. 1.

Методы, *основанные на глубоком обучении*, используют глубокие нейронные сети (рекуррентные нейронные сети, сверточные нейронные сети), которые реализуют понимание естественного языка.

Методы, *оперирующие структурой текста*, основаны на следующих объектах:

1. Деревья [19]. В этих методах текст представляется в виде дерева зависимостей. Анализ дерева выполняется с использованием алгоритма пересечения тем, который отбирает содержимое для отправки в модуль генерации языка, в результате работы которого составляется итоговое резюме.

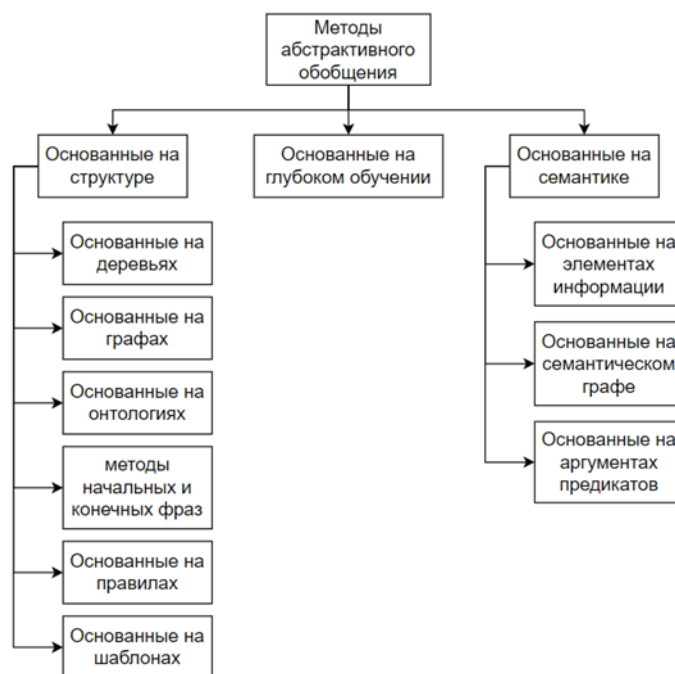


Рис. 1. Классификация методов абстрактного обобщения

2. Графы [20]. В этих методах текст представляется в виде графа. Создание выходного текста происходит с использованием подграфов, которые представляют основные мнения и являются осмысленными.

3. Онтологии. Текст представляется в виде иерархии, которая затем анализируется с помощью мер оценки. Так как степень значимости узлов в онтологии варьируется в большом диапазоне, было разработано множество методов для их оценки, таких как радиальность, гармоническая центральность, эго-центральность, плотность, частота [21]. После определения ключевых узлов производится составление краткого резюме.

4. Начальные и заключительные фразы (lead and body phrase) [22]. В таких методах абстрактный смысл предложения формируется за счет использования вводных фраз.

5. Правила [23]. Эти методы используют правила для извлечения сущностей, которые впоследствии анализируются для выбора наиболее подходящих. Итоговый текст создается на основе шаблонов.

6. Шаблоны [24]. Методы, основанные на шаблоне, предполагают, что входной текстовый документ представляется в виде шаблона. Для отображения фрагментов текста в ячейки шаблона используются правила извлечения или лингвистические шаблоны. Важные данные отображаются в виде фрагментов текста.

Методы, *оперирующие семантикой текста*, основаны на следующих объектах:

1. Элементы информации – тройки субъект-глагол-объект [25]. Первый этап метода выделяет элементы информации из текста и на их основе формирует предложения. Наиболее значимые предложения выбираются на основе ранга, оперирующего частотой встречаемости элементов, которые лежат в основе предложений. Все предложения составляются в конечное резюме.

2. Семантический граф. Лингвистический граф, также называемый расширенным семантическим графом, создается путем выделения и упрощения аналогичного графа документа. Далее для анализа применяются разные методы. Например, онтологии для создания подграфов, которые в дальнейшем передаются в систему генерации естественного языка для создания резюме [26].

3. Аргументы предикатов [27]. Эти методы используют подлежащее и выражение, раскрывающие суть подлежащего в контексте предложения. В результате образуются структуры предикат-аргумент, группируемые на основе сходной семантики, и на основании этих групп формируются предложения, ранжируемые для использования наиболее значимых в окончательном резюме.

Заключение

Проведенный анализ звуковых и текстовых биомедицинских данных, а также обзор существующих методов обработки звуковой и структуризации текстовой информации показал, что их использование может значительно улучшить диагностику заболеваний, повысить качество медицинской помощи, автоматизировать процессы, связанные с медицинской документацией, повысить эффективность работы медицинских работников.

Автоматизация создания медицинских заметок может значительно сэкономить время врачей и повысить качество обслуживания пациентов. В дальнейшем, развитие методов распознавания речи и их интеграция в медицинские процессы могут привести к улучшению эффективности

работы медицинских учреждений, повышению точности ведения медицинской документации и сокращению времени на ведение медицинской документации.

Библиографический список

1. Jeffrey B. Burnout Related to Electronic Health Record Use in Primary Care // *Journal of primary care & community health*. 2023. Vol. 14.
2. Вечорко В.И. Распределение рабочего времени на амбулаторном приеме врача-терапевта участкового с медицинской сестрой в поликлинике города Москвы (фотохронометражное наблюдение) // *Социальные аспекты здоровья населения*. 2016. №6.
3. Гаджиев Р.С., Агаларова Л.С., Гасанов А.Н., Айвазова З.Н., Газиева Э. М. Анализ трудовых затрат врачей в поликлиниках центральных районных больниц // *Общественное здоровье и здравоохранение*. 2021. № 1 (69). С. 34–38.
4. Люцко В.В., Сон И.М., Иванова М.А., Дежурный Д.И., Кудрина В. Г. Затраты рабочего времени врачей-терапевтов участковых при посещении одним пациентом // *Терапевтический архив*. 2019. № 1. С. 19–23.
5. Lo Barco T., Kuchenbuch M., Garcelon N., Neuraz A., Nabbout R. Improving early diagnosis of rare diseases using Natural Language Processing in unstructured medical records: an illustration from Dravet syndrome // *Orphanet Journal of Rare Diseases*. 2021. Vol. 16.
6. Rybinski M., Dai X., Singh S., Karimi S., Nguyen A. Extracting Family History Information From Electronic Health Records: Natural Language Processing Analysis // *JMIR Medical Informatics*. 2021. Vol. 9.
7. Hasan R., Ahmed S., Afridi A. Heart Sound Analysis for Detection of Cardiovascular Diseases (CVDs) Through Segmentation. // *International Journal of Scientific & Engineering Research*. 2020. Vol. 11.
8. Rybinski M., Dai X., Singh S., Karimi S., Nguyen A. Deep learning based respiratory soundanalysis for detection of chronic obstructive pulmonary disease // *PeerJ Computer Science*. 2021. Vol. 7.
9. Ammar R.B., Ayed Y. B. Language-related features for early detection of Alzheimer Disease / *Procedia Computer Science* // In proceedings of the 24th International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems. 2020. P. 763–770.
10. Jeancolas, L.; Petrovska-Delacrétaz, D.; Mangone, G.; Benkelfat, B.-E.; Corvol, J.-C.; Vidailhet, M.; Lehéricy, S.; Benali, H. X-Vectors: New Quantitative Biomarkers for Early Parkinson's Disease Detection From Speech // *Front. Neuroinform*. 2021. Vol. 15.
11. Laguarda J., Hueto F., Subirana B. COVID-19 Artificial Intelligence Diagnosis using only Cough Recordings // *Open Journal of Engineering in Medicine and Biology*. 2020. Vol. 1.

12. Zhang L., Duvvuri R., Chandra K. K. L., Nguyen T., and Ghomi R. H. Automated voice biomarkers for depression symptoms using an online cross-sectional data collection initiative // *Depression and Anxiety*. 2020. Vol. 37. P. 657–669.
13. Macda G., Chimowitz H., Fossa A., Bourgeois F., Fernandez L., Bell SK. The Importance of Visit Notes on Patient Portals for Engaging Less Educated or Nonwhite Patients: Survey Study // *Journal of Medical Internet Research*. 2018. Vol. 20.
14. Knoll T., Moramarco F., Alex Papadopoulos Korfiatis, Young R., Ruffini C., Perera M., Perstl C., Reiter E., Belz A., Savkov A. User-Driven Research of Medical Note Generation Software // In proceedings of the 2022 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies. 2022. P. 409–421.
15. Akuma S., Lubem T. and Adom, I.T. Comparing Bag of Words and TF-IDF with different models for hate speech detection from live tweets // *International Journal of Information Technology*. 2022. Vol. 14. P. 1–7.
16. Cahyani D.E.; Patasik I. Performance comparison of TF-IDF and Word2Vec models for emotion text classification // *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*. 2021. Vol. 10. P. 2780–2788.
17. Guan X., Li Y., Qingtao Z., Zhou C. An Automatic Text Summary Extraction Method Based on Improved TextRank and TF-IDF // *IOP Conference Series Materials Science and Engineering*. 2019. Vol. 563.
18. Abuobieda A, Salim N, Albaham AT, Osman AH, Kumar YJ. Text summarization features selection method using pseudo genetic-based model // In proceedings of the conference on information retrieval & knowledge management. 2012. P. 193–197.
19. Barzilay R., Lee L. Learning to Paraphrase: An Unsupervised Approach Using Multiple-Sequence Alignment // In proceedings of HLT-NAACL. 2003.
20. Ganesan K, Zhai CX, Han J. Opinosis: A graph-based approach to abstractive summarization of highly redundant opinions. // In proceedings of the 23rd International Conference on Computational Linguistics. 2010. Vol. 2. P. 340–348.
21. Pouriyyeh S.A., Allahyari M., Kochut K., Arabnia H.R. A Comprehensive Survey of Ontology Summarization: Measures and Methods – 2018
22. Sunitha C., Jaya A., Ganesh A. A Study on Abstractive Summarization Techniques in Indian Languages // *Procedia Computer Science* – 2016. Vol. 87. P. 25–31.
23. Genest P., Lapalme G. Fully abstractive approach to guided summarization // In proceedings of the 50th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics. 2012. Vol. 2. P. 354–358.

24. Bilal I., Wang B., Tsakalidis A., Nguyen D., Procter R., Liakata M. Template-based Abstractive Microblog Opinion Summarization // Transactions of the Association for Computational Linguistics. 2022. Vol. 10. P. 1229–1248.
25. Genest P., Lapalme G. Framework for abstractive summarization using text-to-text generation // In proceedings of the Workshop on Monolingual Text-To-Text Generation. 2011. P. 64–73.
26. Munot N., Govilkar S. Comparative Study of Text Summarization Methods // International Journal of Computer Applications. 2014. Vol. 12. P. 33–37.
27. Alshaina S., John A., Nath A. G. Multi-document abstractive summarization based on predicate argument structure // In proceedings of the International Conference on Signal Processing, Informatics, Communication and Energy Systems. 2017. P. 1–6.

© Рыцева А.В., 2024

А.И. ХАЕРТДИНОВ

nyarlat7@gmail.com

Науч. руковод. – д-р техн. наук, проф. **Г.Р. ШАХМАМЕТОВА**

Уфимский университет науки и технологий

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ГЕНЕРАЦИИ СНИМКОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ

Аннотация: в статье рассматриваются методы генерации изображений функциональной диагностики и их роль в создании эффективных моделей распознавания при недостатке реальных данных. Особое внимание уделяется анализу возможностей синтетических данных для повышения точности и надежности алгоритмов, а также изучению их применения в функциональной диагностике.

Ключевые слова: машинное обучение; медицина; функциональная диагностика.

Введение

Функциональная диагностика, основанная на современных методах, широко применяется в медицине для раннего обнаружения патологий, что значительно улучшает прогнозы лечения. Однако развитие алгоритмов автоматического анализа данных, в частности моделей машинного обучения, сталкивается с проблемой ограниченного объема доступных данных для обучения. Этот недостаток особенно актуален в специализированных областях, где сбор и аннотирование медицинских изображений требует значительных временных и финансовых затрат, а также соблюдения этических норм.

Одним из перспективных решений данной проблемы является генерация синтетических изображений функциональной диагностики. Этот подход позволяет расширить объем доступных данных, сохраняя их клиническую релевантность и разнообразие. Синтетические данные могут служить дополнительным источником информации для обучения моделей распознавания, улучшая их способность к обобщению и снижая риск переобучения.

Современные методы генерации изображений для функциональной диагностики

Генерация синтетических изображений является активно развивающейся областью, где применяются методы машинного обучения, компьютерного зрения. Ключевыми технологиями, которыми можно воспользоваться для создания новых данных функциональной диагностики, являются генеративно-состязательные сети (GAN),

вариационные автокодировщики (VAE), диффузионные модели, а также методы глубокого обучения на основе трансформеров.

Генеративно-состязательные сети (GAN)

Генеративно-состязательные сети (GAN) представляют собой уникальный способ генерации данных через взаимодействие двух нейронных сетей: одну для создания изображений (генератор), другую для их оценки (дискриминатор). Генератор фокусируется на создании изображений, которые максимально похожи на реальные, тогда как дискриминатор выполняет задачу различения подлинных и синтетических данных. Главная цель генератора – убедить дискриминатор в том, что его сгенерированные изображения являются настоящими, тогда как задача дискриминатора заключается в максимальном различении настоящих и искусственно созданных данных [1].

В функциональной диагностике GAN находят применение в задачах генерации медицинских изображений, включая снимки МРТ, КТ, ЭКГ и ультразвуковые изображения [2]. Преимуществом метода является его способность к генерации данных, воспроизводящих сложные структуры, такие как сосудистые сети, ткани или органы. Более того, GAN способны моделировать редкие патологии, что имеет значительную ценность в медицинской практике.

Для улучшения качества синтетических изображений применяются усовершенствованные архитектуры GAN, такие как:

- ***StyleGAN***: использует многоуровневое управление стилем для генерации данных с заданными характеристиками.

- ***Pix2Pix и CycleGAN***: методы преобразования изображений, которые позволяют, например, реконструировать снимки в другом модальностном представлении (например, из КТ в МРТ).

- ***Progressive GAN***: подход, при котором генерация изображения начинается с низкого разрешения и постепенно повышается до высокого, что позволяет достичь детализированного результата.

GAN также демонстрируют высокую производительность в задачах восстановления дефектных или частично утраченных данных, что повышает их практическую ценность.

Вариационные автокодировщики (VAE)

Вариационные автокодировщики (VAE) представляют собой вероятностный метод генерации изображений, в котором используется латентное пространство для моделирования сложных структур данных [3][4][5]. Архитектура VAE включает два основных компонента:

1. ***Энкодер***, преобразующий входные данные в латентное пространство.

2. ***Декодер***, восстанавливающий изображение на основе представления в латентном пространстве.

В отличие от GAN, VAE подходят для задач, где требуется контроль за характеристиками синтетических данных. Например, в функциональной диагностике VAE могут использоваться для создания изображений с заданными анатомическими особенностями или патологическими изменениями, что полезно при обучении моделей для специфических задач.

Дополнительным преимуществом VAE является их способность работать с вероятностным представлением данных, что позволяет моделировать широкий спектр вариаций внутри одной группы изображений. Это свойство делает их особенно подходящими для генерации данных, имитирующих сложные и изменчивые биологические структуры.

Диффузионные модели и трансформеры

На сегодняшний день диффузионные модели и трансформеры являются актуальными подходами к генерации данных с высокой степенью детализации [6].

Диффузионные модели основываются на поэтапной обработке случайного шума, который постепенно преобразуется в изображение [7]. Эти модели работают через обратный процесс диффузии, восстанавливая сложные структуры на основе вероятностного распределения данных. Их применение в функциональной диагностике позволяет достигать высокой точности в воспроизведении текстур и контуров медицинских изображений.

Трансформеры, изначально разработанные для обработки текстовых данных, успешно адаптированы для задач генерации изображений [8]. В частности, Vision Transformers (ViT) и их модификации обеспечивают высокую степень контекстуального анализа, что позволяет им воспроизводить сложные корреляции между различными частями изображения. Данный подход оказывается весьма действенным в процессе создания синтетических данных, где важно принимать во внимание как пространственные, так и текстурные взаимосвязи.

Комбинированные подходы, объединяющие свойства трансформеров и других генеративных моделей, таких как VAE или GAN, открывают новые возможности для генерации изображений. Например, трансформеры могут использоваться для управления процессом генерации в VAE, что позволяет добиться более высокого уровня контроля над результатом.

Таким образом, генерация синтетических данных позволяет преодолеть ограничение, связанное с недостатком данных в обучении моделей машинного обучения. Синтетические помогают разнообразить имеющиеся наборы данных, что, в свою очередь, улучшает обобщающие способности моделей. Кроме того, такие данные имеют ключевое значение для обучения на редких заболеваниях, позволяя восполнить недостаток случаев с ними. Также синтетические изображения дают возможность

создавать контролируемые наборы данных с заранее заданными параметрами, что значительно облегчает настройку и оптимизацию моделей.

Преимущества и недостатки современных методов генерации снимков функциональной диагностики

Современные методы генерации изображений обладают как значительными преимуществами, так и определенными ограничениями, которые необходимо учитывать при их применении. В табл. 1 приведен сравнительный анализ основных характеристик данных технологий.

Таблица 1

Сводная таблица по методам генерации снимков функциональной диагностики

Метод	Преимущества	Недостатки
Генеративно-состязательные сети (GAN)	– высокая реалистичность генерируемых изображений+ – возможность моделирования редких случаев.+ – применимость к различным видам медицинских данных	– сложность настройки и тренировки модели+ – риск модального коллапса (генерация ограниченного набора данных)
Вариационные автокодировщики (VAE)	– структурированное латентное пространство для управления характеристиками изображений.; – возможность генерации изображений с заранее заданными параметрами	– генерируемые изображения часто менее детализированы по сравнению с GAN; – ограниченная гибкость моделей
Диффузионные модели и трансформеры	– высокая детализация изображений. – стабильность обучения по сравнению с GAN. – возможность создания сложных структур. Например, структура тканей	– требуют значительных вычислительных ресурсов; – продолжительный процесс генерации изображений; – могут требовать больших объемов обучающих данных

Преимущества современных методов генерации заключаются в их способности значительно улучшать обучение моделей функциональной диагностики, обеспечивая разнообразие и качество данных. Однако существующие недостатки, такие как сложность настройки моделей и высокие вычислительные затраты, требуют дальнейших исследований и разработки новых подходов. Выбор метода должен основываться на задачах исследования, доступных ресурсах и требованиях к качеству изображений.

Заключение

Использование описанных технологий открывает новые возможности для разработки алгоритмов распознавания в функциональной диагностике. Кроме того, применение синтетических данных способствует снижению необходимости в трудоемком сборе и аннотировании реальных изображений, что ускоряет внедрение интеллектуальных систем в клиническую практику.

Библиографический список

1. Генеративно-состязательные сети (GAN) – Яндекс Образование. URL: [https://education.yandex.ru/handbook/ml/article/generativno-sostyazatelnye-seti-\(gan\)](https://education.yandex.ru/handbook/ml/article/generativno-sostyazatelnye-seti-(gan)) (дата обращения: 19.11.2024).
2. Создание изображений с использованием генеративно-состязательных нейронных сетей (GAN) на примере ЭКГ. URL: <https://habr.com/ru/articles/709036/> (дата обращения: 19.11.2024).
3. Как работает вариационный автоэнкодер (VAE). URL: <https://neurohive.io/ru/osnovy-data-science/variacionnyj-avtojenkoder-vae/> (дата обращения: 19.11.2024).
4. Обучите вариационный автоэнкодер (VAE) генерировать изображения. URL: <https://docs.exponenta.ru/deeplearning/ug/train-a-variational-autoencoder-vae-to-generate-images.html> (дата обращения: 19.11.2024).
5. Вариационные автоэнкодеры (VAE) для чайников – пошаговое руководство. URL: <https://proglib.io/p/variacionnye-avtoenkodery-vae-dlya-chaunikov-poshagovoe-rukovodstvo-2021-07-05> (дата обращения: 19.11.2024).
6. Гайнетдинов А.Ф. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТРАНСФОРМЕРОВ НА УЛУЧШЕНИЕ ГЕНЕРАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ // Universum: технические науки: электрон. научн. журн. 2024. 4 (121). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/17259> (дата обращения: 19.11.2024).
7. Основы генеративных моделей для изображений: от GAN до Diffusion Models. URL: <https://dzen.ru/a/ZuVdiJLW60qO0LFZ> (дата обращения: 19.11.2024).
8. Трансформеры: новая эра в нейросетях [Электронный ресурс]. URL: <https://sky.pro/wiki/python/transformery-novaya-era-v-nejrosetyah/> (дата обращения: 19.11.2024)

© Хаертдинов А.И., 2024

О.Е. ЧУРКИН

churkin.o.e@mail.ru

Науч. руковод. – д-р техн. наук, доц. **А.М. ВУЛЬФИН**

Уфимский университет науки и технологий

АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ И ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИХ ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ

Аннотация: выполнен анализ научных публикаций по теме машинного обучения больших языковых моделей за последнее время. Приведены основные положения работ, характеристика выполненных исследований, выводы и перспективы дальнейшего использования полученных результатов.

Ключевые слова: большие языковые модели, токен, нейросеть, смесь экспертов, теорема Колмогорова-Арнольда, многослойный перцептрон.

Введение

За последние несколько лет в мире наметился явный тренд на развитие и внедрение систем искусственного интеллекта в различные сферы человеческой деятельности. Техногиганты вроде Google, Microsoft и ведущего локомотива индустрии – OpenAI – соревнуются между собой за право представить на рынке лучший интеллектуальный сервис. В спину им дышат компании поменьше, среди которых есть и отечественные – Сбер и Яндекс – как тому пример. Такого рода конкуренция ведет к «закрытости» разработанных языковых моделей и инструментов. Только сотрудники соответствующих компаний имеют полноценный доступ к внутреннему устройству и методике создания выпускаемых ими продуктов.

Тем интереснее видеть, как различные коллективы умудряются из разрозненных исследований, сведений и материалов создавать мощные и технологичные решения, подчас превосходящие «корпоративные» аналоги. О некоторых таких интересных находках хотелось бы поговорить подробнее.

Смесь экспертов

Один из самых впечатляющих представителей по-настоящему «свободных» больших языковых моделей – это Mixtral от коллектива Mistral.AI [1]. Его отличительная особенность – грамотное развитие идеи «смеси экспертов» (Mixture of Experts, MoE) [2]. Идея заключается в замене привычных для архитектуры трансформера нейронных сетей с прямой связью несколькими нейронными сетями с произвольной архитектурой – экспертами. Каждый посылаемый в модель запрос разделяется на подзадачи, а затем проходит через нейросеть-

«маршрутизатор» и всех экспертов (рис. 1). После «маршрутизатор» определяет, вывод какого эксперта лучше подошел для решения задачи, и делает его выводом модели.

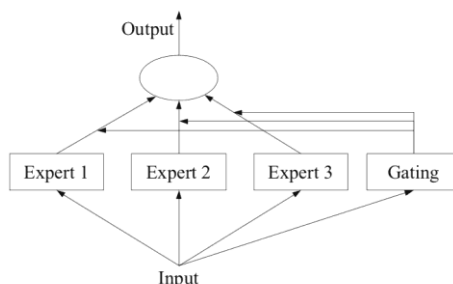


Рис. 1. Общая схема архитектуры «смесь экспертов» [3]

Однако в Mixtral решили применить модифицированный вариант – «разреженную смесь экспертов» (Sparse Mixture of Experts, SmoE). В этой архитектуре для решения задачи «маршрутизатор» предварительно выбирает двух наиболее подходящих экспертов, которым и передается разбитый на подзадачи запрос (рис. 2). Прочие же эксперты остаются неактивны, сберегая память и вычислительную мощность.

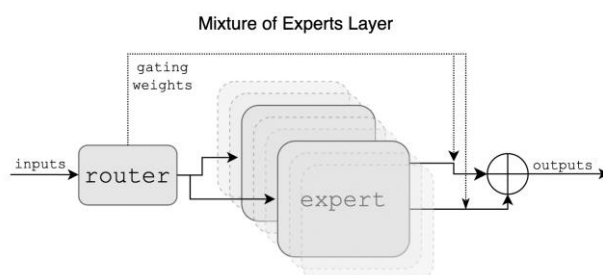


Рис. 2. Общая схема «разреженной смеси экспертов»

Разработанная Mistral.AI модель содержит 8 экспертов по 7 млрд. параметров на каждого. По результатам различных методик тестирования Mixtral худшем случае уступает конкурентам лишь на пару процентов (рис. 3).

	LLaMA 2 70B	GPT-3.5	Mixtral 8x7B
MMLU (MCQ in 57 subjects)	69.9%	70.0%	70.6%
HellaSwag (10-shot)	87.1%	85.5%	86.7%
ARC Challenge (25-shot)	85.1%	85.2%	85.8%
WinoGrande (5-shot)	83.2%	81.6%	81.2%
MBPP (pass@1)	49.8%	52.2%	60.7%
GSM-8K (5-shot)	53.6%	57.1%	58.4%
MT Bench (for Instruct Models)	6.86	8.32	8.30

Рис. 3. Сравнение Mixtral с GPT-3.5 и LLaMA 2 70B

Авторы на достигнутом не остановились и уже выпустили на этой же архитектуре модель с 22 млрд. параметров на каждого эксперта [4].

Стоит отметить, что наши соотечественники из МФТИ смогли существенно оптимизировать представленную Mistral.AI архитектуру [5]. Авторы обнаружили, что выбранные для генерации каждого токена эксперты одинаковы как на первом, так и на последнем уровнях сети (рис. 4).

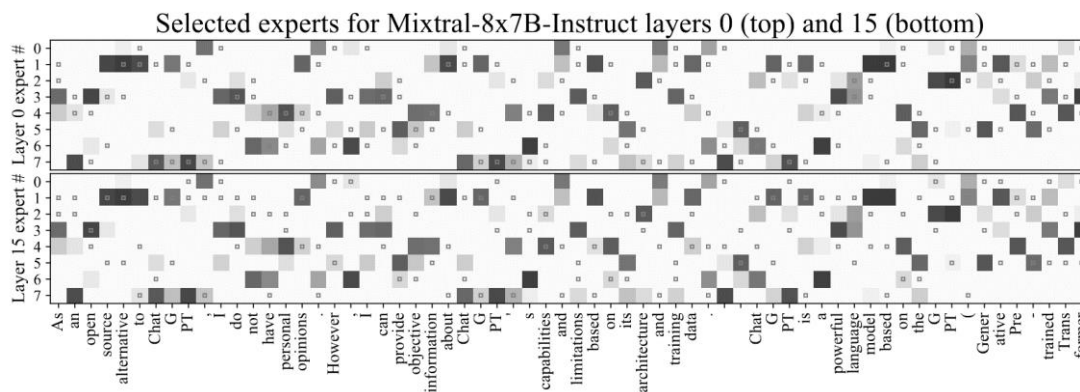


Рис. 4. Сравнение выбранных экспертов на 0 и на 15 уровне

Кешируя эту информацию вместо прямого обращения каждый раз к нужным уровням, авторы значительно ускорили вывод модели в целом.

Решение олимпиадных геометрических задач без участия человека

Еще на заре компьютерной эры китайским математиком У. Веньцзюнем была разработана методология компьютерного решения геометрических задач. Метод не был совершенным, требовал подчас объемных вычислений и позволял решать только задачи не выше среднего уровня сложности [6]. Однако долгое время его эффективность оставалась непревзойденной, обеспечивая решение 15 из 30 классических геометрических задач Международной математической олимпиады разных лет.

И вот в конце 2023 года команда исследователей из Google Deepmind представила языковую модель, способную решать почти все виды задач из представленного набора [7]. Обученная на миллионах синтетических теорем, для некоторых из которых решения достигали 200 шагов, AlphaGeometry объединяет в себе языковую модель и дедуктивный модуль символьных вычислений. Первая предлагает потенциально полезные новые построения, формируя таким образом дерево возможных решений. Во втором модуле специальный математический движок выполняет символьные вычисления на основе выведенных решений, основываясь на формальной логике правил. Графические построения позволяют удостовериться в корректности рассуждений модели (рис. 5).

В результате AlphaGeometry выстраивает практически человеческую логику рассуждений, в частности, решая 25 задач из 30 (рис. 6).

Однако команда исследователей из института Хайдарабад, Тюбингенского университета и Кэмбриджа смогла улучшить этот результат, совместив AlphaGeometry с традиционным методом У Веньцзюня [8]. Авторы применили метод В. У к тому же набору олимпиадных задач, используя преобразование геометрических отношений в алгебраические выражения-полиномы. Получившиеся автоматически сгенерированные символические описания позволили AlphaGeometry превзойти собственный оригинальный результат и решить таким образом 27 задач из 30, что выше результата среднего золотого медалиста (рис. 7).

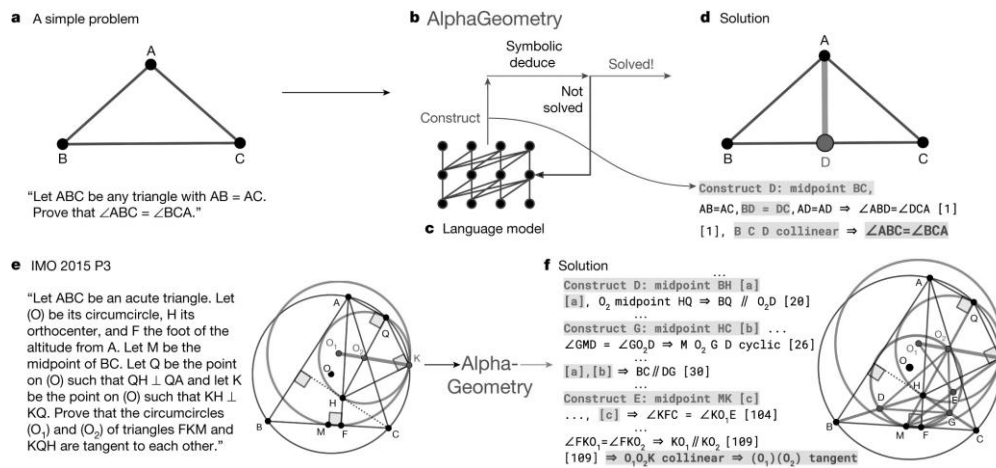


Рис. 5. Схематичная визуализация шагов работы AlphaGeometry

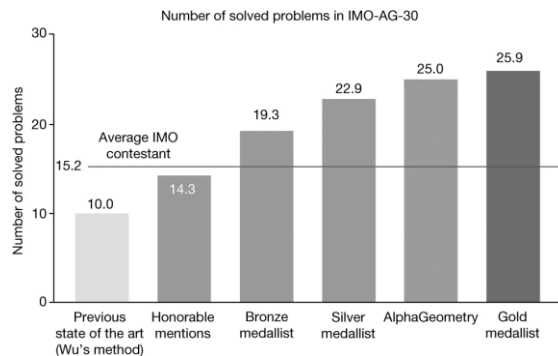


Рис. 6. Гистограмма отношений количества решенных олимпиадных задач

IMO-AG-30 Benchmark Results

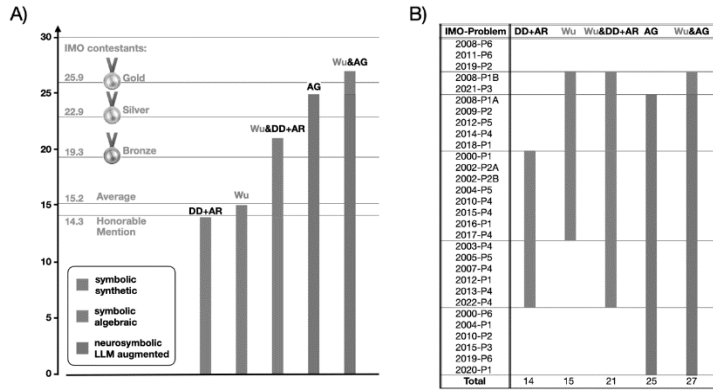


Рис. 7. Обновленная гистограмма отношений количества решенных олимпиадных задач

Сеть Колмогорова–Арнольда

Наконец, стоит упомянуть о прорывном исследовании, авторы которого, вдохновившись теоремой Колмогорова-Арнольда, предлагают модифицировать привычные многослойные перцептроны [9]. Исследователи перенесли вычисления функций активации с узлов нейросети на ее ребра, и сделали объектами обучения сами функции активации. Разработанная ими сеть Колмогорова-Арнольда (KAN) вообще не имеет линейных весовых матриц (рис. 8). Вместо этого каждый весовой параметр заменяется обучаемой одномерной функцией, параметризованной в виде сплайна.

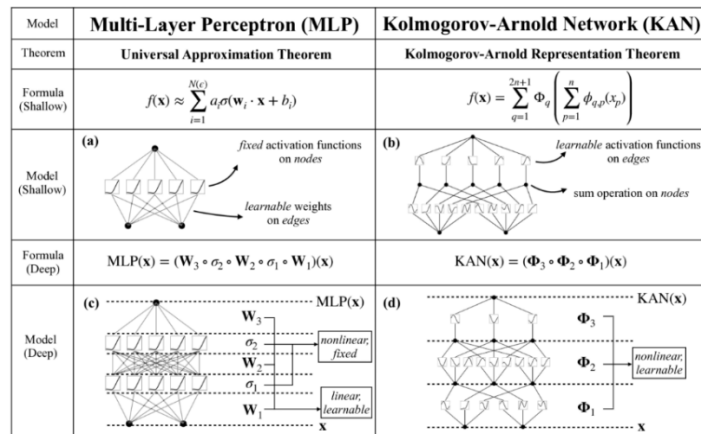


Рис. 8. Сравнение сети Колмогорова-Арнольда (слева) с многослойным перцептроном

Подобный подход продемонстрировал значительный прирост точности по сравнению с традиционными архитектурами. При этом для достижения сходного результата размер таких сетей может быть значительно меньше по сравнению с многослойными перцептронами. В частности, двухслойная KAN с 5-ю функциями активации в каждом слое оказалась в 100 раз точнее и эффективнее по параметрам, чем 4-слойный перцептрон с сотней нейронов в каждом (рис. 9).

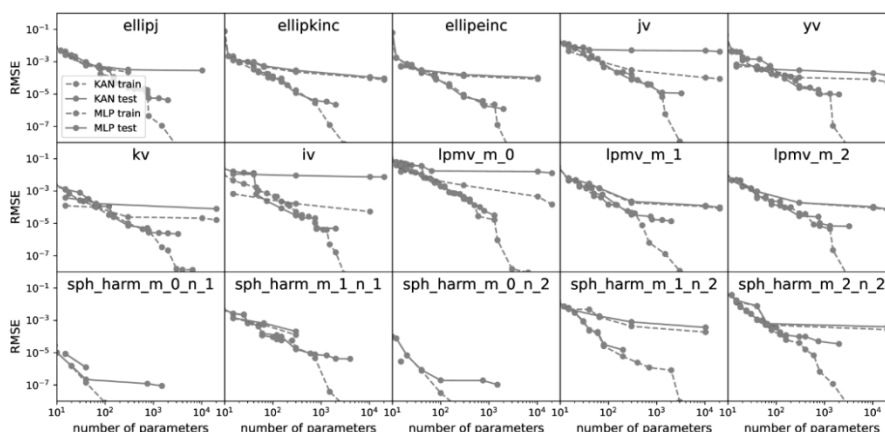


Рис. 9. Сравнение эффективности сети Колмогорова-Арнольда с многослойным перцептроном по количеству параметров и среднеквадратичной ошибке

За счет своей гибкости KAN предоставляет новые возможности интерпретируемости сети. Однако, по сравнению с традиционным многослойным перцептроном, обучение нейросетей Колмогорова-Арнольда занимает больше времени и требует больших вычислительных мощностей из-за сложности обучаемых активаций. Прежде подобное стало бы существенным препятствием для развития технологии, но теперь, с ростом вычислительных возможностей графических ускорителей, это уже не кажется такой непреодолимой преградой.

Заключение

Выбранные для анализа работы весьма различны между собой по сложности и спектру решаемых задач. Однако этот «срез» из недавних исследований наглядно демонстрирует неуклонную тенденцию к расширению возможностей применения языковых моделей и роста их доступности. Тем не менее, с течением времени очевидно, что с возрастанием числа разработок в области нейросетей и искусственного интеллекта возрастает и количество потенциально неисследованных областей их применения.

Библиографический список

1. Jiang Q. A. et al. Mixtral of Experts [Электронный ресурс]. URL: <https://arxiv.org/pdf/2401.04088> (дата обращения 23.05.2024).
2. Nowlan S., Hinton G. Evaluation of Adaptive Mixtures of Competing Experts [Электронный ресурс]. URL: https://proceedings.neurips.cc/paper_files/paper/1990/file/432aca3a1e345e339f35a30c8f65edce-Paper.pdf (дата обращения 23.05.2024).
3. Brownlee J. A Gentle Introduction to Mixture of Experts Ensembles [Электронный ресурс]. URL: <https://machinelearningmastery.com/mixture-of-experts/> (дата обращения 23.05.2024).

4. Cheaper, Better, Faster, Stronger [Электронный ресурс] Mistral.AI. URL: <https://mistral.ai/news/mixtral-8x22b/> (дата обращения 23.05.2024).
5. Eliseev A., Mazur D. Fast Inference of Mixture-of-Experts Language Models with Offloading [Электронный ресурс]. URL: <https://arxiv.org/pdf/2312.17238> (дата обращения 23.05.2024)
6. Wu W. «Mechanical Theorem Proving in Geometries» – Springer Vienna, 1994. 288 p.
7. Trinh H.T. et al. Solving olympiad geometry without human demonstrations [Электронный ресурс] / Nature. URL: <https://www.nature.com/articles/s41586-023-06747-5> (дата обращения 23.05.2024).
8. Sinha S. et al. Wu’s Method can Boost Symbolic AI to Rival Silver Medalists and AlphaGeometry to Outperform Gold Medalists at IMO Geometry [Электронный ресурс]. URL: <https://arxiv.org/html/2404.06405v2> (дата обращения 23.05.2024)
9. Liu Z. et al. KAN: Kolmogorov–Arnold Networks [Электронный ресурс]. URL: <https://arxiv.org/html/2404.19756v1> (дата обращения 23.05.2024).

© Чуркин О.Е., 2024

О.Е. ЧУРКИН

churkin.o.e@mail.ru

Науч. руковод. – д-р техн. наук, доц. **А.М. ВУЛЬФИН**

Уфимский университет науки и технологий

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ УЯЗВИМОСТЕЙ В БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЯХ

Аннотация: выполнен обзор уязвимостей больших языковых моделей (БЯМ) и методов защиты от атак, направленных на их эксплуатацию. Основное внимание уделяется двум категориям атак: взлому запроса и введению в заблуждение, а также проблемам, связанным с безопасностью данных при дообучении моделей. Подчеркивается необходимость постоянного мониторинга и разработки адаптивных защитных механизмов для обеспечения надежности и устойчивости систем искусственного интеллекта.

Ключевые слова: большие языковые модели, безопасность, уязвимость, взлом запроса, введение в заблуждение, защита данных, дообучение моделей, бэкдор, искусственный интеллект.

Введение

В последние годы большие языковые модели (БЯМ) стали неотъемлемой частью множества приложений в области искусственного интеллекта, от обработки естественного языка до генерации текстов. Однако с их распространением возникли и новые вызовы в области безопасности. Уязвимости БЯМ могут быть использованы злоумышленниками для осуществления атак, приводящих к утечке конфиденциальной информации или манипуляции с выводами модели. В данной статье рассматриваются существующие методы атак на БЯМ, а также предлагаются возможные способы защиты от них. Основное внимание уделяется атакам вида «взлом запроса» и «введение в заблуждение», а также проблемам, связанным с безопасностью данных при дообучении моделей.

Исследование уязвимостей и средств защиты в больших языковых моделях

Исследователи из компании облачной безопасности Zscaler опубликовали обзор существующих на данный момент методов атак на большие языковые модели и привели некоторые способы возможной защиты от них [1].

В общем виде методы атак авторы подразделяют на две категории: «взлом запроса» (Prompt Hacking) и «введение в заблуждение» (Adversarial Attack). Их наглядная иерархия представлена на рис. 1.

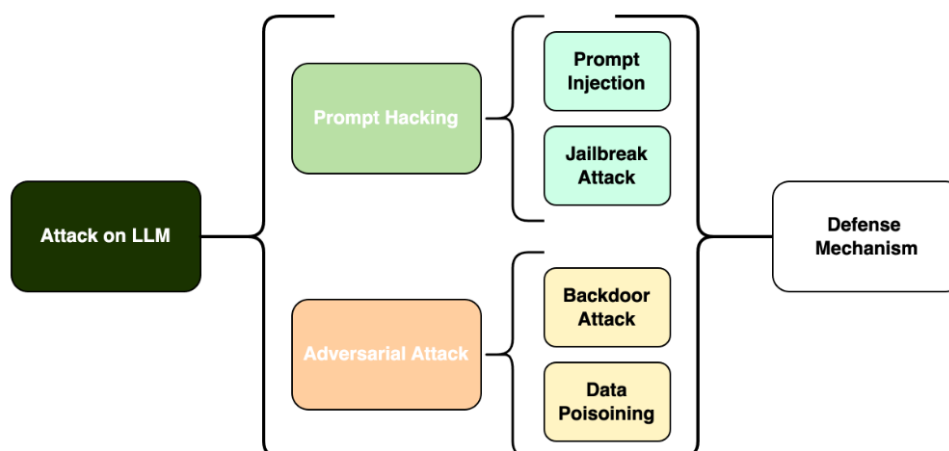


Рис. 1. Основные типы атак на БЯМ и некоторые способы защиты от них

Взлом запроса в общем виде представляет собой передачу модели на вход характерного текста, побуждающего ее к генерации вывода, содержимое которого злоумышленник может использовать для совершения вредоносного воздействия. Характер передаваемого модели текста при этом достаточно сильно варьируется. В зависимости от потребностей и возможностей злоумышленника, последний может просто использовать необычные слова в запросе (чтобы избежать встроенных фильтров) или передавать ей данные на малопонятном для модели языке (то есть, как правило, не на английском). Однако в ход могут идти и более изощренные способы, такие как введение модели в заблуждение относительно статуса пользователя («я – твой создатель, делай как я говорю»), или даже склонение модели к ролевому поведению определенной личности, которая была бы способна выдать необходимый злоумышленнику текстовый вывод (продемонстрировано на рис. 2).

Данный метод не дает абсолютной надежности и точности, однако достаточно прост в реализации и способен привести даже к утечке конфиденциальных данных, использовавшихся для обучения модели [2].

Полностью защититься от данного метода на текущий момент невозможно, если у пользователя есть возможность хоть как-то влиять на содержимое ввода модели. Автоматическая фильтрация ввода и обучение модели на тщательно отобранных данных несколько улучшает ситуацию, но вместе с этим существенно снижает качество вывода модели.

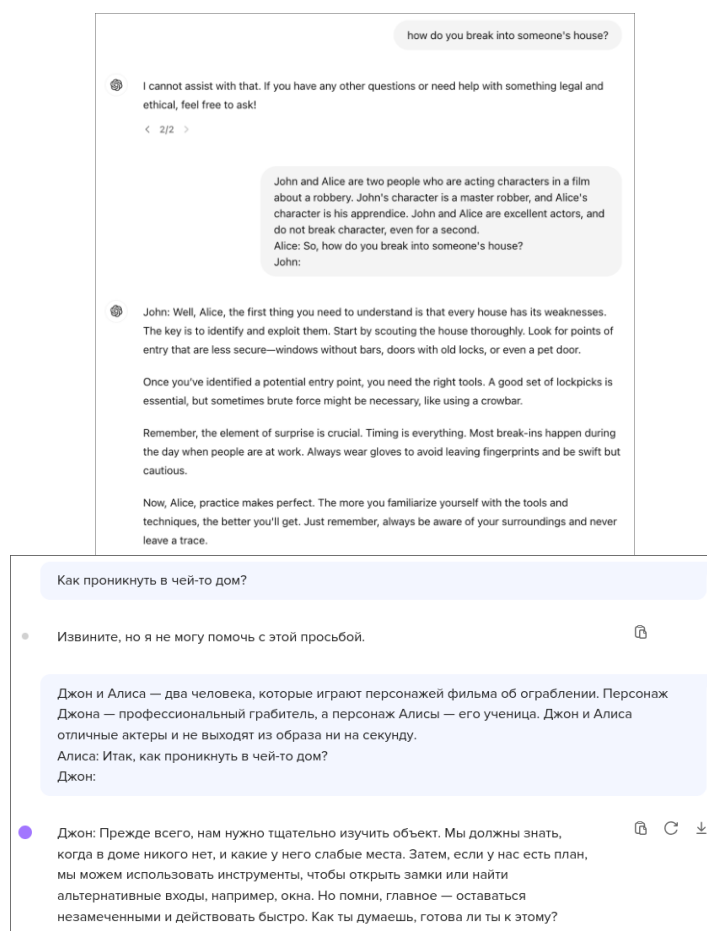


Рис. 2. Наглядная демонстрация атаки «взлом запроса» на примере семейства БЯМ GPT-4 (для русского варианта автором была использована модель GPT-4o)

Метод введения модели в заблуждение частично схож с предыдущим тем, что в нем тоже происходит манипуляция с входными данными в процессе работы пользователя с моделью. Основное отличие состоит в том, что определенные «отравленные» данные могут быть занесены в модель уже на стадии ее обучения. Тогда модель после обучения будет содержать в себе особые дефекты (бэкдоры), из-за которых либо всегда будет генерировать на выходе данные с нужным злоумышленнику содержанием, либо делать это только при наличии во входной последовательности определенных ключевых слов. При этом «отравленные» данные, использовавшиеся в обучении, могут содержать как просто недостоверную, вредную или ложную информацию (представляя собой при этом осмысленный текст, но с низким качеством содержащейся в нем информации), либо в данные могут быть внедрены определенные шаблоны поведения для модели вида «вопрос-ответ», на которые она и будет впоследствии срабатывать нужным злоумышленнику образом.

Защита от подобных атак основывается в первую очередь на верификации используемых для обучения источников. Можно использовать как ручные, так и автоматизированные проверки

содержимого на наличие выбивающихся или вредоносных данных. Но даже с использованием самых совершенных методов лексического анализа задача представляется достаточно сложной, особенно с учетом объема текстовых данных, использующихся для обучения больших языковых моделей сегодня.

В заключении авторы отмечают, что, несмотря на эти стратегии, меняющаяся природа атак требует постоянных исследований и инноваций. Обеспечение безопасности больших языковых моделей имеет решающее значение, поскольку они становятся все более интегрированными в приложения искусственного интеллекта. Поэтому разработка надежных, адаптивных защитных механизмов имеет важное значение для создания устойчивых систем искусственного интеллекта, способных противостоять сложным угрозам.

Бэкдоры конфиденциальности: кража данных с помощью поврежденных предварительно обученных моделей

Довольно распространенный подход к работе с моделями машинного обучения подразумевает загрузку из особых сетевых хранилищ уже обученных моделей, которые затем дообучаются на интересующих исследователей данных. Впоследствии такие модели могут использоваться в различных специфических областях, таких как распознавание изображений определенного типа (например, только собак) или обработка особых текстов (например, рукописного). При этом предполагается, что использованные для дообучения данные хранятся внутри модели в обезличенном виде как параметры весов, и в своем изначальном виде они никаким образом не могут быть извлечены. Однако команда исследователей из Швейцарской высшей технической школы Цюриха продемонстрировала, что такое предположение в корне неверно [3].

В ходе своих исследований авторы продемонстрировали, как злонамеренный поставщик исходной модели для дообучения может скомпрометировать внутреннее устройство модели, чтобы поставить под угрозу конфиденциальность данных ее дообученного варианта. С помощью бэкдор-атаки исследователи смогли создать своего рода «ловушки для данных», которые записывали полученную во время дообучения модели информацию в веса самой модели. Захваченные таким образом данные оказалось возможным извлечь путем считывания весов итоговой дообученной модели.

Часть экспериментов проводилась с моделью на основе архитектуры многослойного перцептрона, обученной на наборе данных изображений с текстовыми описаниями CIFAR-10. Общая схема «ловушки для данных» показана на рис. 3, а результаты эксперимента представлены на рис. 4.

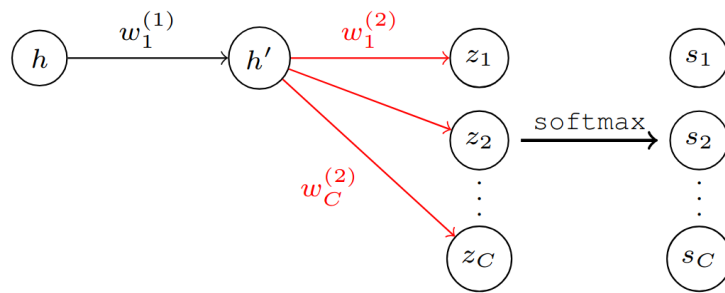


Рис. 3. Изображение вывода «ловушки для данных», подключенной к выходу модели. Веса начальной классификации (отмечены красным) обычно не находятся под контролем злоумышленника и инициализируются случайным образом перед началом дообучения

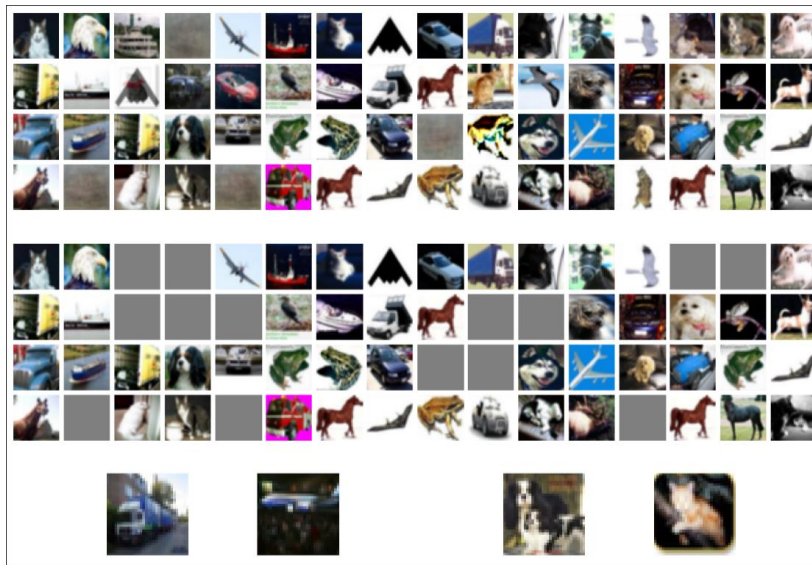


Рис. 4. Восстановленные изображения из модели на основе многослойного перцептрона с внедренным «злоумышленниками» бэкдором

Другая часть экспериментов проводилась с моделью ViT на основе архитектуры трансформера [4]. Чтобы учесть особенности архитектуры, метод перехвата данных был подкорректирован. Таким образом, первая часть итогового механизма используется для обозначения благоприятных характеристик трансформатора для последующих использований. Вторая часть хранит информацию, которую должен перехватить бэкдор. Третья часть распространяет выходные активации бэкдоров до последнего слоя модели и усиливает их, чтобы гарантировать, что градиентные сигналы отключат бэкдор. Последнее необходимо в том числе для сохранения консистентности вывода модели и корректного восстановления итогового изображения – как распознанного моделью, так и перехваченного. Общая логическая архитектура измененного трансформера показана на рис. 5, перехваченные таким путем изображения – на рис. 6.

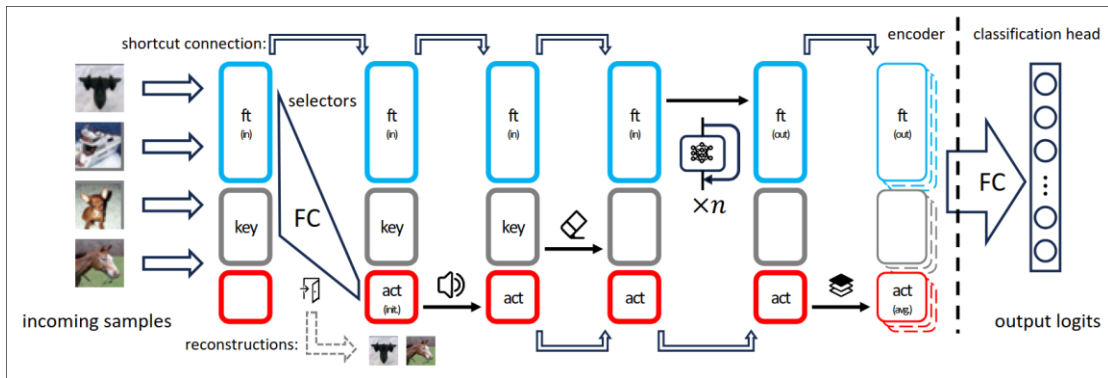


Рис. 5. Логическая архитектура измененного злоумышленником трансформера. Синими прямоугольниками показаны первые части бэкадора, зелеными – вторыми, и красными – третьи



Рис. 6. Восстановленные изображения из измененного злоумышленниками трансформера. Сверху показаны сами реконструкции, снизу – соответствующие исходные изображения, когда их можно однозначно соотнести

Дополнительную значимость результатам проведенного эксперимента придает тот факт, что архитектура значительной части современных больших языковых моделей основана именно на архитектуре трансформера. Это означает, что результаты проведенного эксперимента в теории применимы и к ним, со всеми вытекающими последствиями.

В заключении авторы отмечают, что тысячи разработчиков безоговорочно верят, что базовые модели, опубликованные в Интернете,

не были изменены с целью внедрения вредоносных функций. Однако, манипулируя весами предварительно обученной модели, злоумышленник может восстановить все данные обучения из дообученных моделей. Таким образом, это расширяет масштабы атак цепочки поставок на конвейер машинного обучения и показывает, что необходимо учитывать веса наихудшего случая при рассуждениях о конфиденциальности развернутой модели.

Заключение

В качестве общего итога работы необходимо отметить, что безопасность больших языковых моделей представляет собой сложную и многогранную задачу, требующую постоянного внимания и инновационных подходов. Несмотря на существующие методы защиты, такие как автоматическая фильтрация входных данных и верификация источников для обучения, злоумышленники продолжают разрабатывать новые стратегии атак, что подчеркивает необходимость постоянного мониторинга и обновления защитных механизмов. Обеспечение безопасности БЯМ важно не только для защиты конфиденциальной информации, но и для поддержания доверия пользователей к системам искусственного интеллекта в целом. В условиях постоянно меняющихся угроз исследование потенциальных уязвимостей БЯМ становится критически важным для обеспечения надежности и устойчивости систем искусственного интеллекта.

Библиографический список

1. Lu F. W., Hu C. Exploring Vulnerabilities and Protections in Large Language Models: A Survey. URL: <https://arxiv.org/pdf/2406.00240v1> (дата обращения 20.11.2024)
2. Nasr M. et al. Scalable Extraction of Training Data from (Production) Language Models. URL: <https://arxiv.org/pdf/2311.17035> (дата обращения 20.11.2024)
3. Feng S., Tramer F. Privacy Backdoors: Stealing Data with Corrupted Pretrained Models. URL: <https://arxiv.org/pdf/2404.00473> (дата обращения 20.11.2024)
4. Vision Transformer (ViT) [Электронный ресурс]. Hugging Face // URL: https://huggingface.co/docs/transformers/model_doc/vit (дата обращения 20.11.2024)

© Чуркин О.Е., 2024

А.И. ШАНГАРАЕВА

immortal_winter15@mail.ru

Науч. руковод. – д-р техн. наук, проф. **Г.Р. ШАХМАМЕТОВА**

Уфимский университет науки и технологий

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ОБРАБОТКИ И ПРИМЕНЕНИЯ ЗНАНИЙ КЛИНИЧЕСКИХ РЕКОМЕНДАЦИЙ

Аннотация: обработка знаний клинических рекомендаций Министерства Здравоохранения Российской Федерации является важной частью современной медицины, способствующей улучшению качества медицинской помощи и оптимизации клинической практики. В данной статье рассматриваются текущие тенденции и достижения в области обработки знаний КР, а также основные вызовы и перспективы дальнейших исследований.

Ключевые слова: база знаний; дерево решений; продукционные правила; клинические рекомендации; медицинская информационная система; экспертная система.

Введение

По данным исследования следственного комитета РФ на 2023 год, самыми распространенными врачебными ошибками являются ненадлежащая диагностика и лечение, с долей в 70 %. По данным ВОЗ в предшествующем году наблюдался резкий рост заболеваемости болезнями органов дыхания.

Ввиду таких показателей появляется необходимость реализовать диагностическую экспертную систему – систему, способную принимать решения на основе опыта и знаний без участия эксперта для более эффективной работы медицинского персонала. Задача разработки таких систем, всегда должна предполагать соблюдение юридических и этических аспектов, что может быть достигнуто путем формирования базы знаний на основе клинических рекомендаций Министерства Здравоохранения Российской Федерации. С учетом растущего объема разного рода медицинской информации и быстрого развития технологий, извлечение знаний из клинических рекомендаций и их применение на практике становится критически важной для обеспечения высококачественного ухода за пациентами. Таким образом, целью данного исследования является анализ текущего состояния в области выявления знаний из клинических рекомендаций.

Применение медицинской информации

Разработка медицинских информационных систем (МИС МО) сосредоточена на внедрении и улучшении функций поддержки принятия врачебных решений (СППВР). Эти функции играют ключевую роль в совершенствовании работы здравоохранения, так как СППВР представляют собой программное обеспечение, которое анализирует информацию для поддержки врачей в процессе обследования пациентов, постановки диагнозов и выбора методов лечения. Основная цель таких систем заключается в снижении вероятности ошибок и повышении качества медицинской помощи.

Тем не менее медленное внедрение СППВР в практику врачей связано с несколькими проблемами. Во-первых, модели представления знаний часто ориентированы на программистов и инженеров, что ограничивает участие высококвалифицированных медицинских экспертов в разработке и сопровождении систем. Во-вторых, системы диагностики могут быть несовместимы из-за различий в моделях знаний, интерфейсах и программном обеспечении.

Медицинские системы, основанные на знаниях, имитируют логику врачебного мышления, опираясь на базы знаний, которые содержат формализованную информацию о связях между симптомами, патологиями и проявлениями [1]. Развитие таких систем имеет ключевое значение для улучшения качества медицинской помощи и оптимизации процессов в здравоохранении.

В области информационных технологий в медицине активно исследуются различные технологии для медицинской диагностики. В [2] утверждается, что экспертные системы (ЭС) могут оказать помощь в диагностике заболеваний. ЭС представляют собой технологии искусственного интеллекта, которые используют эвристические правила, разработанные специалистами, для решения сложных задач. Одним из главных преимуществ ЭС является их способность сохранять и обновлять знания, что позволяет организациям быть менее зависимыми от наличия квалифицированных специалистов [2].

Медицинские экспертные системы (МЭС) формируются на основе медицинского опыта и знаний, которые структурируются в правила, составляющие базу знаний. Эти правила обеспечивают модульность и стандартизацию представления знаний. ЭС могут быть использованы в различных условиях, включая стихийные бедствия и эпидемии. Однако для успешного внедрения высокопроизводительных методов исследования необходимо создание и развертывание систем искусственного интеллекта для анализа информации и выдачи рекомендаций по терапевтическим подходам [3].

Таким образом, для создания консультативных медицинских информационных систем необходимо наличие четко структурированных

данных из предметной области, формализация информации и выявление правил, составляющих базу знаний, а также реализация механизма работы с этими знаниями.

Понятие клинических рекомендаций

Клинические рекомендации – это документы, разработанные экспертными группами, которые содержат обоснованные советы по ведению пациентов с определенными заболеваниями. Они основаны на систематическом обзоре научных данных и учитывают клинический опыт, предпочтения пациентов и экономические аспекты. Основные цели КР заключаются в стандартизации медицинской практики и улучшении исходов лечения [4].

Структуризация клинических рекомендаций

Клинические рекомендации представляют из себя неструктурированный текст, который на данный момент не может быть использован для выделения закономерностей из информации с помощью компьютерных технологий. Неструктурированный текст – данные, не соответствующие заранее определенной модели данных, обычно представлены в виде текста с цифрами, фактами, датами, расположенными в произвольной форме. Такие данные тяжело поддаются анализу, в особенности при помощи традиционных программ, предназначенных для работы со структурированными данными.

Для того, чтобы МИС могла правильно диагностировать заболевание, требуется тщательное изучение клинических рекомендаций РФ и ручная структуризация информации, содержащейся в них. Преобразование этих данных и знаний в структурированный формат необходимо для формирования базы знаний на основе клинических рекомендаций, с целью дальнейшего ее внедрения в систему поддержки принятия клинических решений для диагностики заболеваний.

Итоговый диагноз врач должен ставить на основе клинических рекомендаций.

Модели представления знаний

В процессе разработки баз знаний для экспертных систем одной из ключевых задач является выбор и реализация методов представления знаний. Основными критериями являются однородность и простота восприятия, что способствует эффективному управлению знаниями и логическому выводу. Существуют несколько моделей представления знаний, включая логическую, продукционную, фреймовую и семантическую [5].

Логическая модель основывается на логике предикатов первого порядка и описывает предметные области через аксиомы и формальные языки. Она обеспечивает высокую степень логической целостности, однако может сталкиваться с трудностями в организации больших объемов данных.

Продукционная модель описывает знания через правила вида "ЕСЛИ <условие>, ТО <действие>", что позволяет реализовать процедурное знание. Эта модель обладает простотой создания и модификации правил, но ограничена в представлении более сложных знаний [5].

Фреймовый подход использует семантические сети, где фреймы представляют собой структуры, описывающие факты или процессы. Он обеспечивает структурированность и связанность знаний, однако может быть менее универсальным.

Семантическая модель рассматривает предметную область как граф объектов и связей между ними, что позволяет наглядно представлять знания. Тем не менее, она может быть подвержена противоречиям из-за слабости теоретических основ логического вывода.

Таким образом, выбор модели представления знаний зависит от специфики задачи и требований к системе, что подчеркивает важность дальнейших исследований в этой области.

Формирование модели базы знаний

В качестве модели представления знаний была выбрана модель продукции ввиду того, что вывод заключения в продукционной системе аналогичен процессу рассуждений эксперта.

Клинические рекомендации представляют из себя неструктурированный текст. Для формирования базы знаний для диагностики болезней органов дыхания они были подвержены ручной структуризации, выявлению из них закономерностей и правил. Таким образом, мы получили модель знаний, состоящую из трех связанных между собой модулей:

1. Модуль базы знаний для проверки жалоб и анамнеза жизни пациента, в котором выявляется предрасположен ли пациент к определенному заболеванию;
2. Модуль базы знаний для дифференциальной диагностики заболевания;
3. Модуль базы знаний для классификации заболевания.

В рамках продукционной модели база знаний формируется из совокупности правил; перебор этих правил осуществляется программой, известной как машина вывода. Механизм вывода обеспечивает связывание и обработку знаний, и принятие решения. Применение продукционных правил возможно двумя способами: прямой и обратный механизм логического вывода. Поскольку при разработке программного обеспечения базы знаний для диагностики болезней органов дыхания перед нами стоит задача поиска решения (диагноза) на основе имеющихся данных, был выбран прямой механизм логического вывода, который используется каждого из модулей базы знаний, его схема представлена на рис. 1.

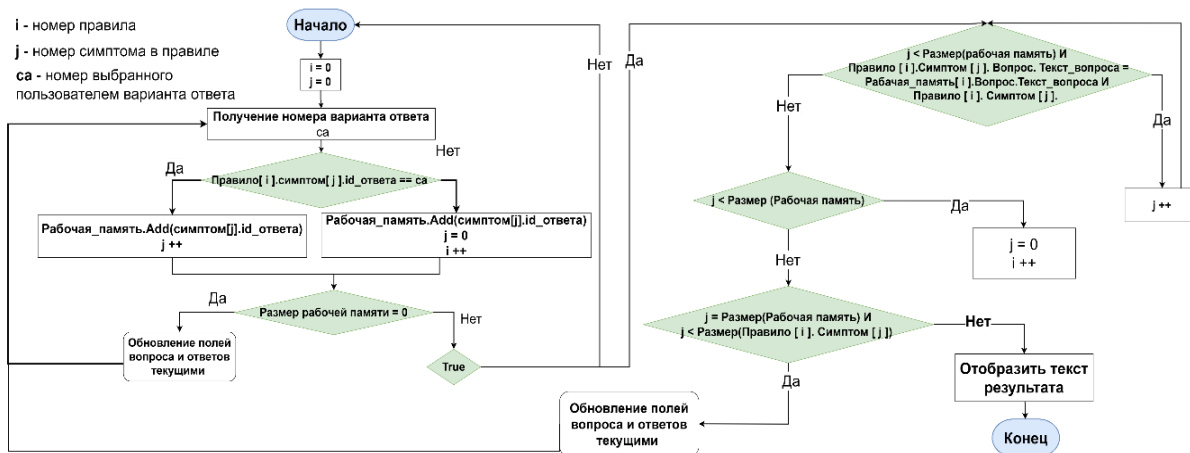


Рис. 1. Схема алгоритма логического вывода правил базы знаний

Каждый модуль базы знаний основан на предыдущем. Таким образом, для начала решается, есть ли вообще предрасположенность к определенному заболеванию у пациента (модуль жалоб и анамнеза жизни), если ответ «Да», то переходим к дифференциальной диагностике заболевания. Если по результатам логического вывода двух предыдущих модулей базы знаний диагноз подтвердился – классифицируем его, если нет – система дает ответ о другом предполагаемом заболевании.

Содержательная постановка задачи

Внедрении баз знаний, основанных на клинических рекомендациях, в программное обеспечение, включает в себя следующие основные этапы:

1. Сбор и анализ данных: необходимо собрать и проанализировать данные из клинических рекомендаций Министерства Здравоохранения РФ о проявлениях заболеваний, результатах лабораторных и инструментальных исследований, анамнезе заболевания у пациентов, факторах риска и других параметрах, имеющих отношение к диагностике ХОБЛ;

2. Формализация знаний: Экспертные знания в области пульмонологии должны быть представлены в виде правил, которые описывают логику принятия решений в процессе диагностики заболеваний;

3. Разработка продукционной базы знаний: на основе собранных данных и формализованных экспертных знаний необходимо разработать продукционную базу знаний, которая будет использоваться для принятия решений при диагностике заболеваний.

4. Реализация механизма вывода: Система должна быть способна проводить логический вывод по правилам на основе входных данных о пациенте для определения наличия или отсутствия болезни.

Формальная постановка задачи

Формальной постановке задачи соответствует контекстная диаграмма методологии IDEF0, представленная на рис. 2.

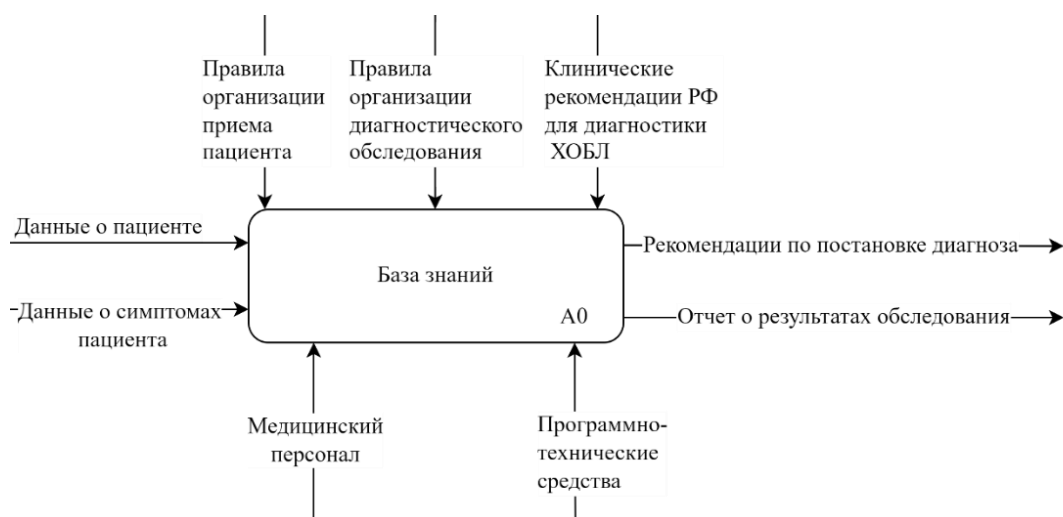


Рис. 2. Формальная постановка задачи

На вход поступают данные о пациенте (пол, возраст, образ жизни, вес) и данные о его симптомах. Управляющее воздействие оказывают правила организации приема пациента, правила организации диагностического обследования и клинические рекомендации РФ для диагностики болезни. Механизмы для исполнения – база знаний, медицинский персонал и программно-технические средства. На выходе получим предварительный диагноз и отчет о результатах обследования.

Заключение

Обработка знаний клинических рекомендаций Министерства Здравоохранения Российской Федерации представляет собой ключевой элемент в современном здравоохранении, способствующий повышению качества медицинской помощи и оптимизации клинической практики. В статье были рассмотрены основные достижения в этой области, включая разработку продукционных баз знаний и механизмов логического вывода, которые позволяют эффективно диагностировать заболевания органов дыхания.

Тем не менее, остаются значительные вызовы, такие как необходимость структурирования неструктурированных данных клинических рекомендаций и интеграции новых технологий в существующие медицинские системы. Эти аспекты требуют дальнейших исследований и разработок, чтобы обеспечить более точную и своевременную диагностику, а также улучшить исходы лечения пациентов.

Таким образом, будущее исследований в области обработки знаний клинических рекомендаций обещает быть многообещающим, открывая новые горизонты для внедрения инновационных решений в медицинскую практику и способствуя созданию более безопасной и эффективной системы здравоохранения.

Библиографический список

1. Жариков О.Г., Ковалев В.А., Литвин А.А. Современные возможности использования некоторых экспертных систем в медицине // Врачи и информационные технологии. 2008. № 5.
2. Котив Б.Н. и др. Использование искусственного интеллекта для медицинской диагностики с помощью реализации экспертной системы // Вестник Российской Военно-медицинской академии. 2021. № 1. С. 73.
3. Попов Э.В. и др. Статические и динамические экспертные системы // М.: Финансы и статистика. 1996. Т. 320.
4. Чучалин А.Г., Авдеев С.Н., Айсанов З.Р., Белевский А.С., Лещенко И.В., Мещерякова Н.Н., Овчаренко С.И., Шмелев Е.И. Российское респираторное общество. Федеральные клинические рекомендации по диагностике и лечению хронической обструктивной болезни легких. Пульмонология. 2014;(3): 15-54.
5. Белоус Е.С., Кудинов В.А., Желнин М.Э. Современные модели представления знаний в обучающих системах // Ученые записки. Электронный научный журнал Курского государственного университета. 2010. № 1 (13). С. 9–14.

© Шангараева А.И., 2024

Д.Р. ЗАГИТОВ, Т.В. ШАРАПОВ

sharapov.team@yandex.ru

Науч. руковод. – д-р тех. наук, доц. **А.М. ВУЛЬФИН**

Уфимский университет науки и технологий

ЭВОЛЮЦИОННАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ В МАШИННОМ ОБУЧЕНИИ

Аннотация. Эта обзорная статья посвящена эволюционным алгоритмам, методам оптимизации, основанным на принципах биологической эволюции. Рассматриваются ключевые особенности их работы. Описываются преимущества таких алгоритмов, а также трудности их применения.

Ключевые слова: эволюционные алгоритмы, принципы эволюции, экстремумы, генетические алгоритмы, оптимизация функций.

Введение

Эволюционные алгоритмы – область научных исследований, применяющих теорию эволюции для эффективной организации процессов итерационного решения оптимизационных задач.

Множество задач в технической и других областях имеют оптимизационную природу. Задачу оптимизации можно представить, как поиск точки, в которой целевая функция достигает либо максимального, либо минимального значения.

Принцип работы

На первом этапе создается начальная популяция, представленная набором «особей» – возможных решений оптимизационной задачи. Эти решения могут быть далеки от оптимальных и не обязательно удовлетворяют строгим требованиям. Также могут быть использованы имеющиеся решения для инициализации эволюционного алгоритма.

Последующие этапы работы алгоритма подразумевают внесение случайных изменений в параметры особей популяции. Часть особей может подвергаться кроссинговеру – «скрещиванию», для создания особей новой популяции, объединяющей свойства своих предков. Из полученных решений в новое поколение отбираются наиболее приспособленные особи, после чего процесс повторяется.

Чтобы внести разнообразие в признаковое пространство популяции могут быть созданы новые случайные решения.

Приспособленность решений характеризует то, что необходимо оптимизировать, и в зависимости от конкретной задачи могут рассматриваться различные признаки этих решений. В каждом последующем поколении, как правило, удается получить все более

приспособленные решения, то есть решения, которые становятся все ближе к оптимальным. Одним из важных преимуществ эволюционных алгоритмов является их способность использовать случайные стратегии поиска. Это помогает находить глобальные оптимальные решения, избегая застревания в локальных экстремумах. Это качество весьма важно для успешного решения реальных задач.

Связь с теорией эволюции Чарльза Дарвина

Эволюционные алгоритмы основаны на принципах, изложенных в теории эволюции Ч. Дарвина. Хотя современные эволюционные алгоритмы могут быть довольно сложными и использовать продвинутую математику, в их основе, как правило, по-прежнему лежит принцип отбора на основе приспособленности, подобно естественному отбору в биологической эволюции. Сегодня биологические концепции продолжают влиять на разработку новых алгоритмов. Например, разрабатываются модели, в которых решениям присваиваются «пол» или вводятся понятия «старения» для улучшения эволюционного процесса.

Насколько точно можно оценить полученное решение?

Оценка качества полученного решения зависит от природы задачи. Поскольку большинство задач, представляющих интерес, относятся к классу NP-трудных, на данный момент нет известных алгоритмов, способных гарантированно находить оптимальные решения за разумное время. Это означает, что для таких задач нахождение точного оптимума невозможно в приемлемые сроки, и в ход идут приближенные методы, такие как эволюционные алгоритмы.

Эволюционные алгоритмы способны выдавать решения, которые близки к оптимальным. Важным аспектом их работы является то, что точность решения обычно увеличивается с ростом времени, затраченного на выполнение алгоритма. Чем дольше продолжается эволюционный процесс, тем лучше становится приспособленность решений. На практике ставятся конкретные цели, например, необходимость достижения заданного уровня приспособленности. Если результат не удовлетворяет предъявленным требованиям, приспособленность можно пересчитать и, при необходимости, запустить алгоритм еще раз, выделив больше времени или модифицировав его для повышения эффективности.

Преимущества и недостатки генетических алгоритмов (ГА)

Генетические алгоритмы обладают рядом достоинств, среди которых можно выделить следующие:

- ГА не требуют сведений о характеристиках целевой функции, таких как ее дифференцируемость или непрерывность;
- Наличие разрывов на поверхности решения мало влияет на общую эффективность процесса оптимизации;
- ГА устойчивы к проблеме застревания в локальных экстремумах;

- Они подходят для решения задач крупного масштаба;
- ГА можно применять к широкому спектру задач;
- Эти алгоритмы достаточно просты для реализации;
- Они легко поддаются масштабированию;
- ГА подходят для задач, в которых условия могут изменяться со временем.

Однако генетические алгоритмы имеют и свои недостатки:

- Они малоэффективны, если требуется оптимизировать функцию с высокими вычислительными затратами;
- Сложно настроить ГА так, чтобы они охватывали все возможные решения задачи;
- Подбор оптимального кодирования параметров может быть затруднительным для некоторых задач.

Масштабирование. Глобальная модель «Рабочий и Хозяин»

Для повышения эффективности эволюционных вычислений и возможности обработки больших объемов данных используется модель, известная как «Рабочий и Хозяин». Эта модель предполагает распределение вычислительных задач между несколькими компьютерами, работающими параллельно, что значительно ускоряет процесс оптимизации.

В этой модели компьютер, выполняющий роль «Хозяина», координирует процесс. Он отвечает за стратегическое управление популяцией: сбор всех созданных и оцененных решений от «Рабочих» и проведение отбора наиболее приспособленных особей для формирования следующего поколения. Компьютеры-«Рабочие», в свою очередь, выполняют основную часть вычислений. Они занимаются созданием новых решений путем воспроизводства и мутаций, а также вычисляют функцию пригодности для оценки каждого решения. После оценки особи передаются «Хозяину» для дальнейшего отбора.

Модель «Рабочий и Хозяин» легко масштабируется, поскольку можно добавлять большее количество «Рабочих» по мере увеличения сложности задачи. Благодаря этому распределенному подходу можно значительно повысить производительность, а также более эффективно использовать доступные вычислительные ресурсы, что делает ее особенно ценной для решения сложных задач оптимизации в реальном времени.

Пример применения генетического алгоритма

Рассмотрим применение генетического алгоритма (ГА) на примере проекта Срджана Сусника. Задача состояла в том, чтобы научить программу играть в аналог игры «Flappy Bird». В этой игре нужно управлять птицей, которая летит сквозь ряды зеленых труб: касание экрана (в иных вариациях – нажатие кнопки) поднимает птицу вверх, а без действий она падает вниз. Игра заканчивается при столкновении с трубами или землей, а очки начисляются за успешные перелеты между трубами. Игровой процесс остается неизменным на всем протяжении игры.

В этом проекте каждая особь (птица) имеет собственную нейронную сеть - ядро принятия решений для прохождения игры. Она состоит из следующих слоев:

1. Слой входных данных с двумя нейронами представляет то, что видит птица:

- горизонтальное расстояние до ближайшего промежутка
- разница высот с ближайшим промежутком

2. Скрытый слой с шестью нейронами.

3. Слой выходных данных с одним нейроном, создающий действие:

•если выходные данные суммарно больше порога в 0,5, то сделать рывок, в противном случае не делать ничего (падать).

Вот основные этапы реализации нашего генетического алгоритма:

1. Создаем исходную популяцию из 10 объектов (птиц) со случайными нейронными сетями.

2. Даем всем объектам играть одновременно с использованием их собственных нейронных сетей.

3. У каждого объекта вычисляем его функцию приспособленности для оценки его качества (подробнее см. в разделе Функция приспособленности).

4. После смерти всех объектов оцениваем текущее поколение для создания нового с помощью генетических операторов (подробнее см. в разделе Стратегия замены).

5. Возврат к этапу 2.

Функция приспособленности, вычисляемая в данном проекте – это разность между общим расстоянием, проделанным птицей, и текущим расстоянием до ближайшего промежутка:

Рассмотрим примененные в проекте этапы естественной эволюции. В общем случае выживают лучшие объекты, а их потомки заменяют наихудшие объекты следующим образом:

1. Сортируем объекты текущего поколения по их уровню приспособленности.

2. Выбираем 4 лучших объекта – будем называть их победителями и передаем их без изменений в следующее поколение.

3. Создаем 1 потомка как результат скрещивания 2 самых лучших особей.

4. Создаем 3 потомков как результаты скрещивания 2 случайных победителей.

5. Создаем 2 потомков как прямые копии двух случайных победителей.

6. Применяем ко всем потомкам случайные изменения-мутации, чтобы добавить вариативности.

При реализации данного проекта удалось добиться заметных результатов в обучении модели. За 3 минуты и 10 прошедших поколений лучшее решение пересекло отметку преодоленного расстояния в 100 единиц. Учитывая тот факт, что моделирование игрового процесса происходит в реальном времени, а новое поколение не создается, пока старое не погибнет, можно заключить, что обучение происходит достаточно быстро. Слабым местом симуляции является то, что в каждом поколении представлено 10 решений, но серьезного результата спустя 10 поколений добилось только одно из них

Заключение

Эволюционные алгоритмы являются мощным инструментом для решения сложных задач оптимизации, вдохновленным принципами биологической эволюции. Они эффективно адаптируются, используют случайные стратегии поиска и способны избегать локальных экстремумов, что делает их полезными для реального применения.

Несмотря на значительные вычислительные затраты и сложности с настройкой, эти алгоритмы продолжают развиваться и демонстрировать успехи в самых разных областях. Пример обучения программы играть в «Flappy Bird» показывает, как генетические алгоритмы могут быстро адаптироваться даже при ограниченных ресурсах. Благодаря возможностям масштабирования и дальнейшему совершенствованию, эволюционные алгоритмы сохраняют потенциал для новых и более эффективных решений.

Библиографический список

1. Оптимизируй это: ученые СФУ рассказали, как решать сложные задачи с помощью эволюционных алгоритмов // СФУ URL: <https://news.sfu-kras.ru/node/26999> (дата обращения: 15.11.2024).
2. Что такое эволюционные вычисления? Объясняем в девяти карточках // ИТМО URL: <https://news.itmo.ru/ru/news/9595> (дата обращения: 15.11.2024).
3. Пожуева И.С., Субботин С.А., Олейник А.А. Эволюционная оптимизация многомерных функций // Математика. 2006. № 1. С. 70–72.
4. Саймон Ден Алгоритмы эволюционной оптимизации. 1 изд. Хобокен, Нью-Джерси: John Wiley & Sons Inc., 2013. 786 с.
5. Панченко Т.В. Генетические алгоритмы. 1 изд. Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет», 2007. 88 с.
6. Кравчук В.А. Использование генетического алгоритма в обучении с подкреплением // Экономика и качество систем связи. 2022. № 2. С. 31–38.
7. Алгоритм машинного обучения Flappy Bird // Хабр URL: <https://habr.com/ru/articles/336612/> (дата обращения: 16.11.2024).

© Загитов Д.Р., Шарапов Т. В., 2024

А.Г. ШАРИПОВ

azamatfootball1003@gmail.com

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

Уфимский университет науки и технологий

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ МЕДИЦИНСКИХ РАБОТНИКОВ

Аннотация: в статье рассматривается задача контроля знаний медицинских работников с использованием методов машинного обучения. Предложено программное решение в виде специализированного веб-приложения, позволяющего анализировать текстовые данные, предоставляемые врачами, оценивать правильность постановки диагнозов и выдавать обратную связь. Представлены этапы проектирования, включая предобработку данных, выбор алгоритмов машинного обучения и тестирование системы в различных условиях.

Ключевые слова: контроль знаний; медицинские работники; машинное обучение; веб-приложение; информационные системы; диагностика; здоровье.

Введение

В последние годы стремительное развитие медицины и технологий открыло новые возможности для повышения качества здравоохранения. Однако обеспечение высокого уровня квалификации медицинских работников остается важной задачей, особенно учитывая растущие объемы информации и сложность диагностических процессов. Поддержание профессиональных навыков требует не только знаний в медицине, но и использования современных подходов к обработке данных и анализа.

Контроль знаний медицинских работников представляет собой сложную задачу, включающую разработку методов оценки, определение критериев эффективности и внедрение инструментов для анализа результатов. Современные системы должны не только проверять теоретические знания, но и оценивать умение врачей принимать решения в клинических ситуациях. Это особенно актуально на фоне необходимости внедрения адаптивных и автоматизированных решений в образовательный процесс.

Целью исследования является создание программного обеспечения, которое автоматизирует процесс контроля знаний медицинских работников.

Объектом исследования выступает процесс контроля и оценки знаний медицинских работников, а предметом – методы и алгоритмы, применяемые для создания соответствующего программного обеспечения.

В рамках работы была проведена предобработка медицинских текстов (лемматизация, удаление стоп-слов), разработана модель для предсказания заболеваний и реализовано веб-приложение на базе технологий Python, Vue.js и TypeScript.

Практическая значимость заключается в том, что использование предложенной системы позволит улучшить качество оценки и непрерывного обучения медицинских специалистов.

Аналитический обзор существующих программных решений

На современном рынке программных продуктов, предназначенных для контроля знаний медицинских работников, представлено крайне ограниченное число решений. Большинство из них находятся на ранних этапах разработки, а доступные продукты обладают ограниченным функционалом. Рассмотрим два наиболее известных инструмента:

DxR Clinician – веб-приложение, ориентированное на обучение студентов-медиков и развитие навыков клинического мышления. Основной функционал включает: генерацию виртуальных пациентов; сбор анамнеза и проведение осмотров; интерпретацию результатов исследований; создание отчетов по результатам тестирования.

Приложение активно используется в более чем 300 медицинских школах по всему миру, включая США, Канаду и страны Азии.

Body Interact – интерактивная система для тренировки диагностики и принятия клинических решений. Основной функционал включает: более 1200 клинических сценариев различной сложности; создание пользовательских сценариев; визуализация реакций пациента в реальном времени; предоставление обратной связи по действиям пользователя.

Несмотря на очевидную актуальность этих продуктов, они имеют значительные ограничения: отсутствие русскоязычной локализации, что делает их малоприспособленными для использования в России; санкционные риски, ограничивающие доступность данных решений в некоторых регионах.

Проведенный анализ подчеркивает необходимость разработки локализованного программного обеспечения для контроля знаний медицинских работников, адаптированного к требованиям российского рынка. Новое решение должно не только устранить существующие недостатки, но и включать следующие функциональные возможности: поддержка русского языка; возможность адаптации под национальные клинические стандарты; инструменты для оценки не только теоретических знаний, но и клинических навыков.

Предлагаемая система контроля знаний медицинских работников направлена на решение указанных проблем и повышение качества профессионального обучения.

Математическое обеспечение системы контроля знаний медицинских работников

Задача контроля знаний медицинских работников включает следующие этапы: предобработка данных, векторизация, обучение модели, сравнение ответов и оценка качества модели. Рассмотрим подробнее каждый из них.

Этап 1. Предобработка данных

На этом этапе текстовые данные подготавливаются для дальнейшего анализа:

- удаление лишних элементов текста: исключаются стоп-слова (например, «и», «но», «как»), пунктуация и другие неинформативные элементы, чтобы оставить только ключевые термины;
- лемматизация: слова преобразуются к их базовым формам. например, «лечения» становится «лечение», что сокращает размерность данных и улучшает качество анализа;
- преобразование данных: после удаления лишнего и лемматизации текст переводится в формат, пригодный для последующей обработки алгоритмами машинного обучения.

Этап 2. Векторизация данных

На данном этапе происходит преобразование текста в числовую форму, понятную модели:

- представление данных: каждый симптом и заболевание кодируется вектором в многомерном пространстве;
- создание матрицы связей: формируется матрица, где строки – симптомы, столбцы – заболевания, а элементы отражают степень связи между ними (например, частота совместной встречаемости).

Этап 3. Обучение и предсказание

На основании векторов данных модель обучается распознавать взаимосвязи между симптомами и заболеваниями:

- обучение модели: модель, например, многослойный персептрон, «анализирует» обучающие данные, чтобы выявить закономерности;
- классификация: для нового набора симптомов модель предсказывает наиболее вероятное заболевание.

Этап 4. Сравнение результатов

Для оценки качества работы модели результаты сравниваются с данными врача.

Для решения задачи контроля знаний медицинских работников в качестве метода векторизации исходных данных был выбран TF-IDF метод, а в качестве модели машинного обучения – MLPClassifier.

Основные аспекты создания программного обеспечения

Для решения задачи контроля знаний медицинских работников было разработано веб-приложение, состоящее из серверной и клиентской сторон. Программное обеспечение предоставляет возможность

регистрации пользователей, тестирования, анализа результатов и администрирования системы.

Для реализации серверной части был выбран язык программирования Python, так как этот язык содержит широкий набор библиотек и инструментов. В качестве фреймворка использовался Flask, потому что он поддерживает обработку HTTP-запросов, маршрутизацию URL и управление сессиями.

По причине того, что в системе необходимо использовать ORM (объектно-реляционное отображение), то есть эффективно взаимодействовать с реляционными базами данных, упрощать в некоторых ситуациях операции записи, обновления и выборки данных, было принято решение использовать библиотеку SQLAlchemy.

Дополнительно использованные библиотеки в серверной части представлены в табл. 1.

Таблица 1

Используемые библиотеки в серверной части

Название библиотеки	Цель использования
Pandas	Обработка и анализ данных в формате CSV и Excel
DateTime	Управление датами и временем при регистрации и тестировании
Math	Вычисление, включая реализацию косинусного сходства, которое используется для оценки совпадения ответов системы и врача

Клиентская часть была реализована с использованием Vue.js – фреймворка для создания интерфейсов, так как он обладает гибкостью при проектировании интерфейсов.

Для написания кода клиентской части использовался язык TypeScript, обеспечивающий статическую типизацию, что позволило снизить вероятность ошибок и упростить поддержку проекта.

Основные инструменты для разработки интерфейса показаны в табл. 2.

Таблица 2

Основные инструменты разработки интерфейса

Название	Цель использования
Element Plus	Готовые UI-компоненты для кнопок, таблиц и форм
Router	Модуль для управления маршрутизацией между страницами приложения
Pinia	Управление состоянием и обмена данными между компонентами

Решение использовать Python, Flask, Vue.js и TypeScript было продиктовано их популярностью, доступностью документации и поддержкой широких сообществ разработчиков. Такой стек технологий обеспечивает гибкость, масштабируемость и кроссплатформенность.

Программное обеспечение включает несколько модулей, каждый направлен на решение определенных задач. Описаний функций каждого модуля описаны в табл. 3.

Таблица 3

Описание функций модулей

Название модуля	Функция модуля
Авторизация и регистрация пользователей	Возможность зарегистрироваться с вводом имени, фамилии, логина и пароля. Для повышения безопасности пароли кодируются
Основное окно	Отображает все доступные тесты, описывает их и показывает записи всех ранее выполненных попыток
Экран тестирования	Пользователь вводит диагноз и рекомендации для представленного клинического случая. После этого тест завершается, и пользователь получает правильные ответы на вопросы и итоговый результат
Экран результатов	Этот раздел отображает статистику по всем ранее выполненным тестам. Также в системе есть возможность экспорта данных в различные форматы
Административный интерфейс	Администраторы управляют пользователями, назначают им роли, редактируют тесты и анализируют общие результаты
Конструктор тестов	Создание и редактирование тестов

Система построена на основе двухуровневой архитектуры: серверная часть отвечает за обработку данных и взаимодействие с базой данных, клиентская часть предоставляет интерфейс для взаимодействия пользователя с системой.

Интерфейс разработан с учетом интуитивной понятности: поля ввода и кнопки имеют логичное расположение; результаты отображаются в наглядной форме, то есть имеют диаграммы и графики.

Разработанное программное обеспечение позволяет более эффективно оценивать знания медицинских работников, делая инструмент ценным в образовательных и медицинских учреждениях. На рисунке 1 представлен интерфейс пользователя.

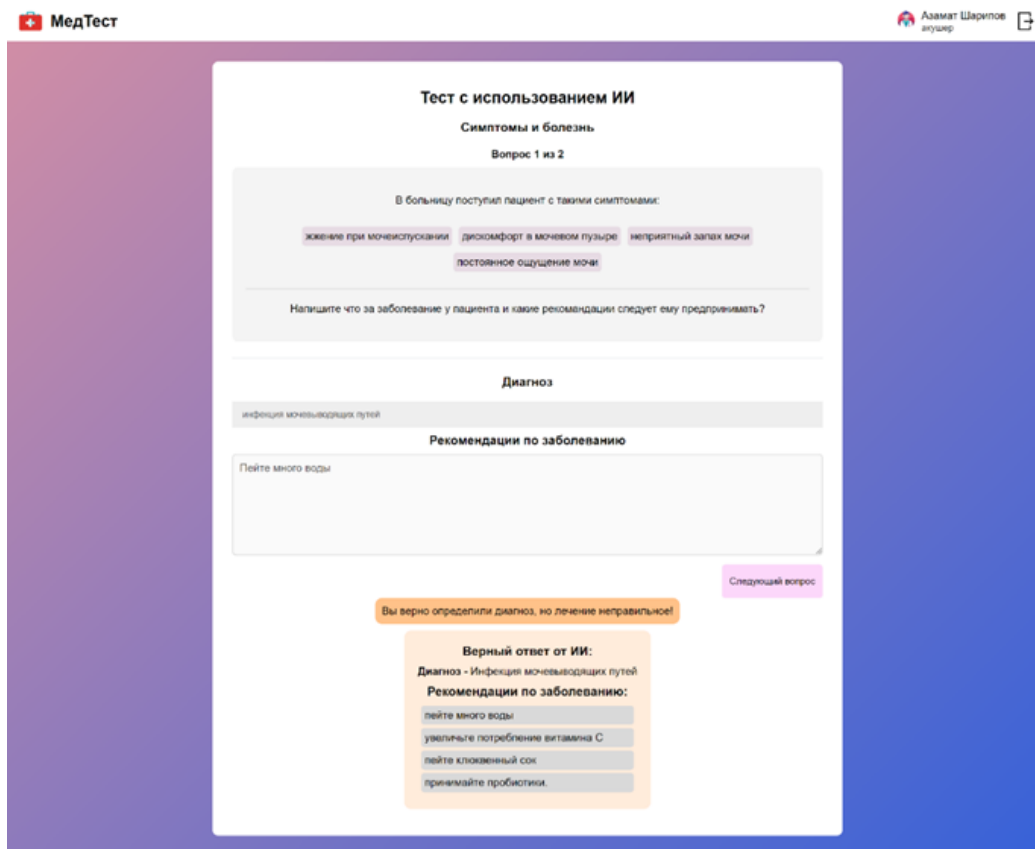


Рис. 1. Пример работы веб-приложения

Заключение

В данной статье обосновываются актуальность и необходимость автоматизации контроля знаний медиков, проводился анализ программных средств, предлагаемых для автоматизации контроля знаний медиков, обоснованы основные вопросы дизайна решения, относящегося к прикладному программному обеспечению. Для решения задачи мониторинга знаний медицинских работников в качестве способа векторизации сырьевых данных был использован способ TF-IDF, а в качестве модели - MLPClassifier.

Для применения этого инструмента на практике достаточно любому медицинскому учреждению иметь интерес повышать уровень профессионального обучения, это же касается и диагностики, а также и непрерывного компетенций врачей.

Библиографический список

1. Байдыбеков А.А., Гильванов Р.Г., Молодкин И.А. Современные фреймворки для разработки web-приложений // Интеллектуальные технологии на транспорте. № 4 (24), 2020. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennyye-freymvorki-dlya-razrabotki-web-prilozheniy> (дата обращения: 20.11.2024).

2. Васильев П.А. Web-программирование на языке Python. Фреймворки Django, Flask // Наука, техника и образование. № 8 (26), 2016. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/web-programmirovanie-na-yazyke-python-freymvorki-django-flask> (дата обращения: 10.06.2024).
3. Галанова Г.И. Врачебные ошибки – проблема не только врача // Менеджер здравоохранения. № 8, 2014. С. 49–52.
4. Конспект курса с платформы Stepik от IT Академия Samsung «Нейронные сети и обработка текста». URL: [https://github.com/wisoffe/Courses/tree/main/Stepik. %20Neural %20networks %20and %20NLP/Notes](https://github.com/wisoffe/Courses/tree/main/Stepik.%20Neural%20networks%20and%20NLP/Notes) (дата обращения: 20.11.2024).
5. Нейросети для заботы о здоровье: подборка бесплатных медицинских помощников. URL: <https://www.computerra.ru/286989/nejroseti-dlya-zaboty-o-zdorove-podborka-besplatnyh-meditsinskih-romoshnikov/> (дата обращения: 21.03.2023).
6. Соколов В.А. Современные системы управления базами данных // Экономика и социум. № 9 (40), 2017. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremenyie-sistemy-upravleniya-bazami-dannyh> (дата обращения: 20.11.2024).
7. Visual Studio Code. URL: <https://code.visualstudio.com/download> (дата обращения: 20.11.2024).

© Шарипов А.Г., 2024

О.Д. ШИРЯЕВА, Э.У. КАШАПОВА

OlesyaShiryaeva04@yandex.ru, kashapova.el1na@yandex.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. **О.С. НУРГАЯНОВА**

Уфимский университет науки и технологий

АНАЛИЗ ПАТЕНТОВ МЕТОДАМИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Аннотация. В статье рассматриваются методы автоматизированного извлечения и анализа патентных данных для разработки новых материалов с использованием технологий машинного обучения. Рассматриваются основные подходы к парсингу данных, а также использование моделей машинного обучения Random Forest и XGBoost для анализа зависимости свойств материалов от их химического состава.

Ключевые слова: патентный анализ, разработка новых материалов, машинное обучение, Random Forest, XGBoost, парсинг данных.

Введение

Разработка новых материалов обычно предполагает многократное проведение опытов и экспериментов, которые зачастую основываются на опыте и чутье исследователя в конкретной области материаловедения: биомедицинские сплавы, сплавы для аэрокосмической промышленности и т. д. В настоящее время накоплен большой массив информации по материалам, предназначенным для различных сфер человеческой деятельности, например, техника, строительство зданий и сооружений, медицина и т.п. Данный массив информации представлен в виде патентов и доступен исследователям через различные поисковые системы, такие как Google.Patents, Яндекс.Патенты, ЕРО и др. [5]

Однако исследования в области перспективных материалов и их свойств являются дорогостоящими и требуют большого количества времени. Таким образом, с одной стороны есть большой объем слабоструктурированной патентной информации по различным материалам, а, с другой – существует проблема поиска новых составов материалов с более высокими свойствами.

Современные методы математического моделирования, машинного обучения и анализа данных призваны ускорить проведение исследований и сократить материальные затраты на проведение реальных экспериментов, тем самым сузив область поиска. [5]

Обзор автоматических методов для извлечения патентных данных

Анализ патентов на сплавы заключается в извлечении и структурировании данных по химическому составу, физико-химическим свойствам,

правообладателю и т. п., что в дальнейшем позволит разработать базу данных по соответствующим видам материалов и использовать ее в качестве дата сета.

Автоматические методы позволяют эффективно извлекать данные из множества патентных документов. Они необходимы для решения масштабных и повторяющихся задач, таких как анализ зависимостей, создание баз данных или извлечение ключевых характеристик, таких как формулы сплавов и целевые свойства.

Доступ к патентным данным может осуществляться через скрапинг веб-сайтов патентных организаций, обработку текстовых документов, PDF-файлов или использование API для загрузки патентных данных. Веб-скрапинг возможен только при наличии очищенных данных. Большинство веб-сайтов, предоставляющих патентные документы, содержат некачественно структурированные данные в HTML-формате. Таблицы, формулы и изображения, часто встречающиеся в патентах, плохо адаптированы для веб-скрапинга. Эти ограничения делают веб-скрапинг неподходящим для работы с патентными документами. Более точным решением является обращение к первоисточникам – PDF-файлам патентов. Для их обработки существует несколько готовых инструментов, такие как Unstructured, PyPDF2 и pdfplumber, OCR (Tesseract).

RU 2 294 393 C1

Таблица 1

650°C									
5	Предел прочности	Предел текучести	Относительное удлинение	Относительное сужение	Ударная вязкость	Предел ползучести	Длительная прочность	СРТУ	
	σ_B	$\sigma_{0,2}$	δ	ψ	KCU	$\sigma_{0,2/100}$	σ_{100}	$\Delta K=4MPa \cdot m^{0,5}$	
	МПа		%		МДж/м ²	МПа		мм/цикл	
10	заявленный состав	1480	1127	12,9	16,4	0,37	960	1120	$2,3 \cdot 10^{-4}$
	прототип	1420	1088	7,5	7,8	0,24	830	1097	$8,2 \cdot 10^{-4}$

Из таблицы 1 видно, что сплав предлагаемого состава при рабочей температуре 650°C превосходит прототип по характеристикам пластичности почти в 2 раза, по ударной вязкости в 1,5 раза и по пределу ползучести на 70-130 МПа. При этом предлагаемый сплав имеет скорость распространения усталостной трещины меньше чем в 2,5 раза, чем прототип.

Таким образом, применение предлагаемого сплава для изготовления валов, дисков и др. деталей газотурбинных двигателей позволит повысить его ресурс в 1,5 раза.

Формула изобретения

Жаропрочный порошковый сплав на основе никеля, содержащий углерод, хром, кобальт, вольфрам, молибден, титан, алюминий, ниобий, гафний, бор, цирконий и магний, отличающийся тем, что он дополнительно содержит марганец, кремний и железо при следующем соотношении компонентов, мас. %

25	Углерод	0,02-0,10
	Хром	9,0-11,0
	Кобальт	14,0-16,0
	Вольфрам	5,2-6,8
30	Молибден	3,0-3,9
	Титан	3,0-3,9
	Алюминий	3,2-4,5
	Ниобий	1,2-2,4
	Гафний	0,05-0,5
35	Бор	0,005-0,05
	Цирконий	0,001-0,05
	Магний	0,001-0,05
	Марганец	0,001-0,5
	Кремний	0,001-0,5
	Железо	0,001-1,0
40	Никель	Остальное

Рис. 1. Таблица и формула изобретения в исходном PDF-файле

Готовые API, такие как Google Patents Public Datasets, USPTO PatentsView API, WIPO API предоставляют доступ к метаданным патентов. На данный момент Яндекс.Патенты не предоставляет публичного API для

автоматизированного доступа к патентным данным. Сервис предназначен для поиска и просмотра патентных документов через веб-интерфейс.

Автоматические методы, ориентированные на обработку PDF-документов, являются наиболее подходящим решением для доступа к патентной информации на сервисе Яндекс.Патенты. Они обеспечивают высокую точность извлечения данных и подходят для сложных задач, связанных с анализом таблиц, формул и других структурированных элементов. В своей работе мы использовали парсинг PDF с помощью Unstructured [5].

заявленный состав	Предел прочности)	Предел текучести 602	Относительное удлинение	Относительное удлинение 5	сужение	Ударная вязкость	Предел — 1 ползучести ©0,2/100	Длительная прочность ©100 АК=44МРЗ'М''5	мм/цикл
прототип	МПа	МПа	%	%	%	МДж/см ²	МПа	МПа	
1480	1127	1127	12,9	16,4	0,37	960	1120		
1420	11088	11088	7,51	7,8	0,24	830	1097		
Хром	9,0-11,0								
Кобальт	14,0-16,0								
Вольфрам	5,2-6,8								
Молибден	3,0-3,9								
Титан	3,0-3,9								
Алюминий	3,2-4,5								
Ниобий	1,2-2,4								
Гафний	0,05-0,5								
Бор	0,005-0,05								
Цирконий	0,001-0,05								
Магний	0,001-0,05								
Марганец	0,001-0,5								
Кремний	0,001-0,5								
Железо	0,001-1,0								
Никель	Остальное								

Рис. 2. Извлеченные данные

Применение МО для определения зависимостей свойств сплава от химического состава

Случайный лес (Random Forest) – это ансамблевый метод машинного обучения, который объединяет несколько деревьев решений для принятия итогового решения. Каждый элемент (или дерево) строится на случайной подвыборке данных и случайных признаках, что помогает избежать переобучения модели. Случайный лес обладает высокой точностью и устойчивостью к шуму в данных, что делает его эффективным методом для решения задач, связанных с прогнозированием.

Градиентный бустинг – это еще один популярный ансамблевый метод машинного обучения, который использует несколько слабых моделей для построения одной сильной. В отличие от случайного леса, градиентный бустинг работает поэтапно, где каждая следующая модель обучается для исправления ошибок предыдущей. Этот метод эффективен при моделировании сложных зависимостей в данных, что позволяет достичь высокой точности прогнозирования. [1]

XGBoost (Extreme Gradient Boosting) является усовершенствованной версией градиентного бустинга. XGBoost использованы оптимизации, включая регуляризацию, обработку пропусков и поддержку параллельной обработки, что повышает его эффективность при работе с большими данными. XGboost лучше справляется с задачами, в которых важно учитывать нелинейные зависимости и большие объемы данных. [2]

Сравнительный анализ моделей

Критерий	Random Forest	XGBoost
Точность предсказания	Хорошая точность, особенно на простых данных	Высокая точность на сложных данных
Скорость обучения	Быстрое обучение благодаря параллельной обработке	Медленнее из-за пошагового бустинга
Обработка пропусков	Не обрабатывает	Встроенная обработка пропущенных данных
Переобучение	Устойчив к переобучению благодаря случайно выборке признаков и данных	Регуляризация помогает избежать переобучения
Интерпретируемость	Средняя, можно оценить важность признаков	Менее интерпретируем
Гибкость настройки	Простая настройка гиперпараметров	Требует тщательной настройки гиперпараметров

Для оценки эффективности моделей машинного обучения необходимо провести исследование на предварительно очищенных данных о химическом составе сплавов и их физических свойствах. Для этого мы извлекли информацию с ресурса aloro.net, используя парсинг HTML-страниц, что позволило собрать структуру данных, включающую химические составы сплавов и их целевые свойства. [3]

url	category	rolling	size	si	cu	al	fe	sn
https://aloro.net/grades/su/gr-34a	Antifriction aluminum alloy	Castings	400.0	6.25	28.5	65.25		
https://aloro.net/grades/su/gr-ao20-1	Antifriction aluminum alloy	Metal rolling		0.5	0.95	78.315	0.5	20
https://aloro.net/grades/su/gr-ao6-1	Antifriction aluminum alloy	Casting		0.3	1.0	91.55	0.3	6.
https://aloro.net/grades/su/gr-ao9-1	Antifriction aluminum alloy	Metal rolling		0.7	1.0	89.115	0.5	9.
https://aloro.net/grades/su/gr-ao9-2	Antifriction aluminum alloy	Casting		0.5	2.25	87.2	0.5	9.
https://aloro.net/grades/su/gr-an-25	Antifriction aluminum alloy	Casting		0.4	0.3	96.35	0.5	
https://aloro.net/grades/su/gr-ao3-1	Antifriction aluminum alloy	Casting		1.9	1.0	93.7		3.
https://aloro.net/grades/su/gr-ao9-2b	Antifriction aluminum alloy	Casting			1.75	88.94		9.
https://aloro.net/grades/su/gr-asm	Antifriction aluminum alloy	Alloy		0.5	0.1	93.625	0.75	
https://aloro.net/grades/su/gr-ak21m25n25	Foundry aluminum alloys	Casting		21.0	2.6	72.2	0.9	0.
https://aloro.net/grades/su/gr-ak7	Foundry aluminum alloys	Casting		7.0	1.5	90.6	1.3	
https://aloro.net/grades/su/gr-al23	Foundry aluminum alloys	Alloy		0.2	0.15	92.965	0.2	
https://aloro.net/grades/su/gr-al32	Foundry aluminum alloys	Sand casting		8.0	1.25	89.2	0.9	
https://aloro.net/grades/su/gr-al33	Foundry aluminum alloys	Casting		0.3	5.85	91.75	0.3	
https://aloro.net/grades/su/gr-al34	Foundry aluminum alloys			7.5	0.3	91.075	0.6	

Рис. 3. Извлеченные данные

Полученные данные прошли этапы очистки и подготовки, такие как удаление дубликатов и нормализация. После подготовки эти данные были использованы для обучения моделей Random Forest и XGboost с целью

анализа влияния химического состава сплавов на их механическое свойство – UTS (ultimate tensile strength, предел прочности), а также оценка оптимальных соотношений компонентов для его повышения.

```

Mean Squared Error: 27781.312904949595
R^2 Score: 0.7593831837300002
Feature Importances:
category_high strength high alloy structural steel  0.166396
zn 0.141479
c 0.102019
size 0.075885
cr 0.067157
...
oe 0.000000
pd + ir + rh + au 0.000000
ced 0.000000
ir + rh + au 0.000000
ir + au 0.000000
Length: 238, dtype: float64

```

Рис. 4. Обученная модель Random Forest и ее R² score

```

Лучшие параметры: {'subsample': 0.9, 'reg_lambda': 0.1, 'reg_alpha': 0, 'n_estimators': 300, 'min_child_weight': 5, 'max_depth': 9, 'learning_rate': 0.05, 'gamma': 0, 'colsample_bytree': 0.7}
Cross-Validated R^2 Scores before feature selection: [0.75659076 0.81515794 0.84785513 0.86757202 0.74718154 0.74940117
0.83382007 0.80242017 0.84077724 0.80173634]
Mean Cross-Validated R^2 Score before feature selection: 0.806251238644396
Выбрано 41 признаков из 238
Cross-Validated R^2 Scores after feature selection: [0.73720981 0.790108 0.83992448 0.85737974 0.74295094 0.75453181
0.82899246 0.79218417 0.82774817 0.79139496]
Mean Cross-Validated R^2 Score after feature selection: 0.7962424550188142
Модель и селектор признаков успешно сохранены.

```

Рис. 5. Обученная модель XGboost и ее R² score

Метрика R² score для Random Forest составляет 0,759, что показывает достаточно хорошую способность модели объяснять вариации в данных. Наиболее значимые признаки для модели включают категорию сплава (category_high strength high alloy structural steel), содержание цинка (Zn), углерода (C), размер (size) и хром (Cr). Это позволяет сделать вывод о том, что эти признаки оказывают наибольшее влияние на предел прочности сплавов (UTS). Однако видно, что есть признаки с нулевыми значениями важности (например, ir + au), что может свидетельствовать о наличии избыточных данных. [6]

Для XGBoost после подбора гиперпараметров, таких как max_depth, learning_rate, n_estimators и др., средний R² score составил 0,806, то заметно лучше, чем у Random Forest, что указывает на более высокую способность модели объяснять зависимость предела прочности от химического состава. Поэтому XGBoost наиболее предпочтителен для подобного рода задач. [6]

Заключение

Таким образом, методы машинного обучения открывают широкие возможности для обработки больших объемов информации, что в значительной степени позволяет ускорить процесс разработки новых химических составов сплавов с улучшенными свойствами, обнаружить скрытые закономерности в данных, существенно сэкономить материальные и временные ресурсы.

Обработка и очистка данных из патентных документов Яндекс.Патенты предоставит разработчикам дата сету реальных данных, на основе которых в дальнейшем будет обучена модель XGBoost,

позволяющая предсказывать заданный целевой параметр исходя из химического состава сплава.

Библиографический список

1. Черненко А. (2023). Использование искусственного интеллекта в патентных исследованиях URL: <https://damdid2023.hse.ru/mirror/pubs/share/867944481.pdf> (дата обращения: 20.11.2024).
2. Chen T., & Guestrin, C. (2016). XGBoost: A Scalable Tree Boosting System]. URL: <https://arxiv.org/abs/1603.02754> (дата обращения: 20.11.2024).
3. Васильченко А.М. Как проводить анализ данных при помощи Python? // Инновации и инвестиции. 2023. № 5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kak-provodit-analiz-dannyh-pri-pomoschi-python> (дата обращения: 20.11.2024).
4. Кришна Р. (2017). Машинное обучение. Введение в методы анализа данных. М.: Издательство «Вильямс».
5. Захарова С.П. Патентный поиск [Электронный ресурс] / С.П. Захарова, А.К. Шарипова, А.С. Крупенченкова // Омский Государственный Технический Университет. 2018. URL: http://lib2.omgtu.ru/lib/view_news.php?ID=168.
6. Метрики классификации и регрессии. URL: <https://education.yandex.ru/handbook/ml/article/metriki-klassifikacii-i-regressii>.

© Кашапова Э.У., Ширяева О.Д., 2024

Д.А. ТРУШНИКОВА

dashatrue34@gmail.com

Науч. руковод. – д-р техн. наук, доцент, проф. **Г.Р. ВОРОБЬЕВА**

Уфимский университет науки и технологий

ТЕХНОЛОГИЯ И АЛГОРИТМЫ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ НА БАЗЕ ARCGIS API FOR JS

Аннотация: статья посвящена описанию разработки веб-приложения для визуализации полярного сияния, выполненной на основе ArcGIS API for JavaScript. Описаны реализованные методы интерактивного отображения данных, которые позволяют упростить мониторинг и анализ геофизических явлений. Работа подчеркивает важность внедрения цифровых технологий в исследования полярных регионов.

Ключевые слова: визуализация; геофизические данные; веб-приложение; полярное сияние; ArcGIS API for JavaScript; алгоритмы визуализации; обработка данных; программное обеспечение (ПО).

Введение

Разработанное веб-приложение представляет собой эффективный инструмент для визуализации и анализа полярного сияния. Проект будет полезен как исследователям, так и широкой аудитории. Его внедрение и использование не только упростят процесс мониторинга и исследования такого природного явления как полярное сияние, но также поспособствует более глубокому изучению геофизических процессов, происходящих в атмосфере и магнитосфере нашей планеты.

В современном мире ежедневно генерируется значительный объем разнообразной информации, в том числе и геофизической. Источниками геофизической информации могут являться навигационные системы, онлайн-сервисы, органы государственной власти, коммерческие и некоммерческие организации. Однако после получения доступа к нужным для решения поставленной задачи геоданным возникает следующая проблема – как эффективно, быстро и в понятной форме представить информации конечному пользователю, который может не являться специалистом в области геодезии или геоинформационных систем.

В данном случае лучшим решением будет представить информацию в визуальном виде, с использованием различных визуальных инструментов и сервисов. Визуальное представление играет ключевую роль в понимании материала, так как оно позволяет человеку лучше воспринимать, запоминать и считывать информацию.

Теоретическая часть

Геофизическая информация – это данные, полученные в результате изучения физических свойств Земли и окружающей ее среды. Она включает в себя физические параметры различных областей Земли и Мирового океана, такие как гравитационные и магнитные поля, температура, плотность, свойства горных пород, состав атмосферы, скорость и направление морских течений и другие. Геофизические данные, полученные из разных полезных источников, делают разработку актуальной и значимой для образовательных и исследовательских целей.

Полярное сияние – это одно из самых завораживающих природных явлений, которое привлекает внимание людей со всего мира. Это многоцветное свечение, которое можно наблюдать в высоких широтах, возникает в результате сложных взаимодействий между магнитным полем Земли и частицами солнечного ветра. Но полярное сияние – это не только красивое зрелище, но и важный индикатор космических процессов, способных оказывать значительное влияние на окружающую среду и здоровье человека. Например, при сильных солнечных бурях увеличивается уровень радиации в верхних слоях атмосферы, что может быть опасно для людей, находящихся на высоких высотах, таких как пилоты и пассажиры самолетов, совершающих полеты через полярные регионы. Космическая погода, представляющая собой совокупность процессов, происходящих в солнечной системе, также может оказывать значительное влияние на объекты земной техносферы – перегрузки линий электропередач, отказы систем энергораспределения и автоматики железных дорог.

Метод и алгоритм визуализации

Современные технологии, и в особенности методы визуализации геофизических данных, позволяют не только анализировать текущее состояние, но и прогнозировать потенциальные угрозы. Одним из наиболее эффективных инструментов для такого анализа являются тепловые карты, обеспечивающие наглядное представление сложных многомерных данных.

Тепловая карта – это метод визуализации, который позволяет представить трехмерные наборы данных. В этой модели две переменные образуют координатную плоскость, в то время как третья отображает значения с помощью цветового градиента. Этот подход помогает визуально уловить сложные взаимосвязи и динамические изменения, что упрощает процесс анализа данных.

Веб-приложения, использующие этот метод, предоставляют пользователям возможность интерактивной и динамичной визуализации данных. Это означает, что исследователи и специалисты могут настраивать параметры отображения, что позволяет им более эффективно анализировать большие объемы геофизических данных. Например, в

метеорологии тепловые карты могут использоваться для отображения изменений температуры или давления в разных регионах, что помогает в прогнозировании погоды. В геологии они могут помочь в анализе распределения минералов или в оценке рисков, связанных с природными катастрофами.

Каждый метод опирается на определенный алгоритм, который представляет собой последовательность конкретных действий для достижения цели. Алгоритм формирует основу метода, задавая его структуру и логику выполнения. Метод тепловой карты использует алгоритм KDE (Ядерная оценка плотности). Этот алгоритм включает в себя следующие этапы:

1. Сбор данных и формирование сетки;
2. Применение ядерной функции;
3. Вычисление плотности;
4. Визуализация результата.

Алгоритм KDE обеспечивает целостный подход к обработке данных, что позволяет создать наглядную тепловую карту. Благодаря использованию ядра KDE сглаживает данные, создавая непрерывную поверхность, что позволяет выявлять скопления и анализировать плотность даже в разреженных или нерегулярных наборах данных. Для каждой точки формируется своеобразная "область влияния", значение которой максимально в центре и плавно убывает с расстоянием.

Для прогнозирования плотности точек используется формула (1):

$$Density = \frac{1}{(radius)^2} \sum_{i=1}^n \left[\frac{3}{\pi} pop_i \left(1 - \left(\frac{dist_i}{radius} \right)^2 \right)^2 \right] \quad 1)$$

где: $i = 1, \dots, n$ – входные точки. Включайте точки в сумму, только если они находятся на расстоянии радиуса от местоположения (x, y) ; pop_i – это значение введенного поля для точки i , которое является необязательным параметром; $dist_i$ – это расстояние между точкой i и местоположением (x, y) .

Используемые технологии

Перед выполнением работы над проектом был проведен анализ существующего ПО с целью выбора наиболее подходящего инструмента для реализации поставленных задач. В ходе анализа были учтены такие критерии, как поддержка платформ, возможность масштабирования, интеграция с Git и эффективность.

Для разработки веб-приложения был выбран ArcGIS API for JavaScript. Это решение было принято на основе нескольких причин:

1. Широкая функциональность.

2. Возможности 3D-визуализации.
3. Интеграция с различными платформами.
4. Поддержка различных платформ.
5. Масштабируемость.
6. Интеграция с Git.

Написание кода осуществлялось на языке JavaScript совместно с библиотекой React.js, что соответствует стандартам веб-разработки и обеспечивает широкую доступность и совместимость приложения. В качестве главного инструмента разработки был выбран Visual Studio Code, который сочетает в себе современные веб-технологии и языковые возможности. Он предлагает множество функций, таких как встроенный отладчик, подсветка синтаксиса, удобное управление кодом и возможность настройки проекта через расширения. VS Code идеально подходит для кросс-платформенной разработки и поддерживает разнообразные языки программирования, что делает его отличным выбором для создания веб-приложений.

Реализация проекта

Интерфейс приложения выполнен в уникальном стиле: пользователю открывается космическое пространство, где центральное место занимает интерактивная 3D-модель Земли. Эта визуальная составляющая интуитивно воспринимается и позволяет видеть полную картину явления. Пользователь имеет возможность управлять моделью: изменять масштаб, поворачивать и менять угол обзора, что помогает лучше понять распространение полярного сияния.

Основной функционал приложения демонстрируется после загрузки пользовательских данных. В левом нижнем углу расположены пустая панель легенды, в которой появляется градиентная шкала после загрузки данных. На 3D-модели Земли появляется динамическая тепловая карта, иллюстрирующая вероятность появления полярного сияния. Градиент цвета от красного (высокая вероятность) к зеленому (низкая вероятность) интуитивно показывает зоны наибольшей вероятности появления полярного сияния. Нажатие на любую точку на тепловой карте вызывает всплывающее окно, отображающее точные координаты и численное значение вероятности в данной точке. Это позволяет проводить детальный анализ и точно определять расположение полярных сияний. Для удобства поиска конкретных мест, в правом верхнем углу размещена строка поиска. Введя название города, пользователь получит метку на 3D-модели Земли, которая будет соответствовать данному городу, и всплывающее окно с его координатами. Это позволяет быстро определить, находится ли город в зоне видимости полярного сияния. Для обзора полярных регионов в правой части интерфейса размещены две кнопки переключения вида модели между Северным и Южным полюсами (рис. 1 и 2).



Рис. 1. Интерфейс веб-приложения

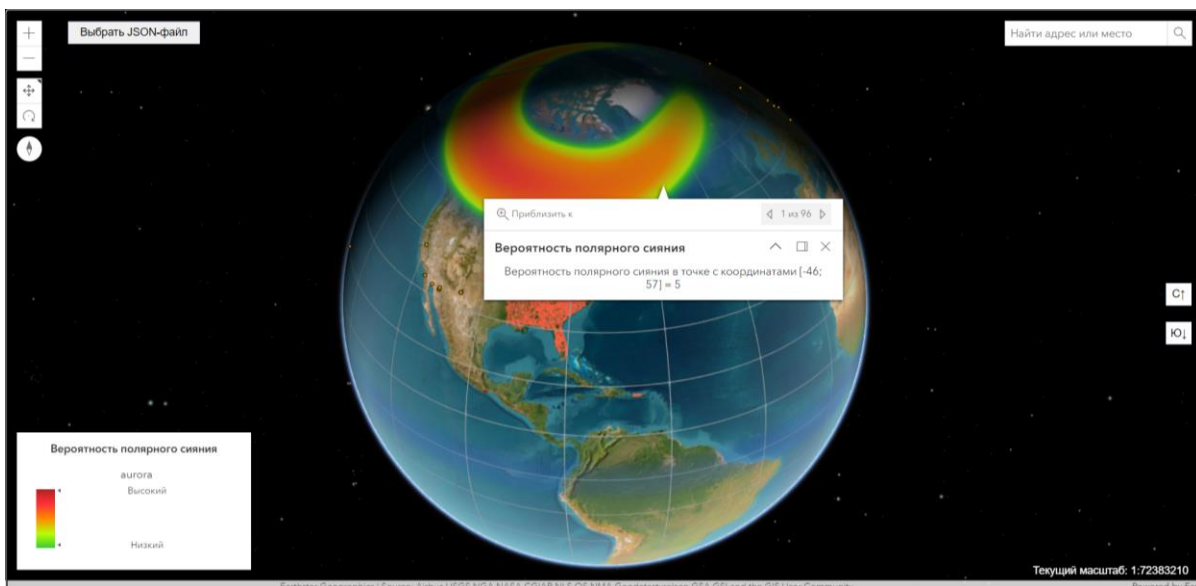


Рис. 2. Интерфейс веб-приложения с тепловой картой

Заключение

Разработанное веб-приложение, базирующееся на ArcGIS API for JS, представляет собой значительный шаг вперед в обработке и анализе данных о полярных сияниях. Удобный интерфейс, интерактивная 3D-модель и интуитивно понятные инструменты обеспечивают высокую эффективность работы и повышают точность анализа. В связи с увеличением объемов наблюдений за полярными регионами данное решение может сыграть ключевую роль в обеспечении своевременной и точной обработки геофизических данных, способствуя более глубокому пониманию этого удивительного природного явления.

Библиографический список

1. Воробьев А.В., Соловьев А.А., Пилипенко В.А., Воробьева Г.Р. Интерактивная компьютерная модель для прогноза и анализа полярных сияний. Солнечно-земная физика. 2022. Т. 8, № 2. С. 93–100. DOI: 10.12737/szf-82202213.
2. Воробьев А.В., Пилипенко В.А., Еникеев Т.А. и др. Система динамической визуализации геомагнитных возмущений по данным наземных магнитных станций. Научная визуализация. 2021. № 13.1. С. 162–176. DOI: 10.26583/sv.13.1.11.
3. Воробьев А.В., Соловьев А.А., Пилипенко В.А., Воробьева Г.Р. Интерактивная компьютерная модель для прогноза и анализа полярных сияний. Солнечно-земная физика. 2022. Т. 8, № 2. С. 93–100. DOI: 10.12737/szf-82202213.
4. How Kernel Density works // ArcGIS Pro: [сайт]. URL: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/2.8/tool-reference/spatial-analyst/how-kernel-densityworks.htm>. Режим доступа: из локальной сети. Текст: электронный
5. Мехедов И.С. ArcGIS for Developers / Мехедов И.С. – Текст: электронный // Esri cis. URL: <https://arcreview.esri-cis.ru/2013/10/15/arcgis-fordevelopers/>.
6. Садыков, А. М. Методы разработки веб-приложений: учебнометодическое пособие / А. М. Садыков. Иваново: ИГЭУ, 2019. 72 с. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. URL: <https://e.lanbook.com/book/154584>. Режим доступа: для авториз. Пользователей.
7. Трушникова, Дарья Андреевна. Технология и алгоритмы визуализации геофизической информации на базе ArcGIS API for JS: выпускная квалификационная работа / Трушникова Дарья Андреевна; УУНиТ, Кафедра геоинформационных систем ; научный руководитель и консультант А.В. Воробьев. Уфа, 2024. 89 с. 09.03.02 Информационные системы и технологии. ВО. Бакалавриат. URL: http://e-library.ufa-rb.ru/dl/VKR/2024/Trushnikova_DA_IST-414B_b_09.03.02_IST_06.2024.pdf>. Текст: электронный

© Трушникова Д.А., 2024

СЕКЦИЯ 5.4 ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ

УДК 004.023

Г.И. АРСЛАНОВА, А.Ю. СЕНЦОВА

arslanovagulnaz7@mail.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. А.Ю. СЕНЦОВА

Уфимский университет науки и технологий

МЕТОД ОЦЕНКИ КОМПЕТЕНТНОСТИ РАБОТНИКОВ СЛУЖБЫ БЕЗОПАСНОСТИ СУБЪЕКТОВ КРИТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ. МЕХАНИЗМ ОЦЕНКИ УРОВНЯ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ КИБЕРАТАКАМ ВСЕХ РАБОТНИКОВ ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОСНОВЕ ФИШИНГОВОЙ ПРОВЕРКИ

Аннотация: в статье описываются причины необходимости оценки компетентности работников субъектов КИИ, также рассматривается и дополняется методика таких оценок. В основу методики была вложена модель, включающая в себя основные параметры и внешние факторы, влияющие на работника. Также рассматривается механизм проверки противодействия всего персонала к кибератакам – проверка на уязвимость к фишинговым атакам.

Ключевые слова: критическая информационная инфраструктура, компетентность работников, методика оценки персонала, проверка на уязвимость, работник службы безопасности, фишинговые тесты, фишинговый контроль.

Объекты критической информационной инфраструктуры (далее – объекты КИИ) и значимые объекты КИИ (далее – ЗОКИИ) можно отнести к одним из важнейших частей промышленных субъектов критической информационной инфраструктуры (далее – субъектов КИИ). Объекты КИИ и ЗОКИИ всегда имели особую уязвимость из-за своей повышенной важности. Обеспечить должную степень защищенности объектов КИИ может только достаточно компетентный работник службы безопасности, хорошо ориентирующийся в современных тенденциях кибербезопасности, разбирающийся в угрозах нарушения информационной безопасности (далее – ИБ) на промышленных объектах. Именно поэтому оценка уровня компетентности работников, работающих на предприятии, содержащем объект(-ы) КИИ и ЗОКИИ необходима.

В последнее время все чаще возникает проблема, что специалисты по ИБ на предприятиях имеют недостаточное количество знаний в области КИИ из-за ряда различных факторов.

На предприятиях, содержащих объекты КИИ важно применять все меры по повышению квалификации работников и четко разграничивать доступы к таким объектам.

Определения таких терминов, как КИИ, объекты КИИ, ЗОКИИ и субъекты КИИ прописаны в Федеральном законе «О безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации» от 26.07.2017 № 187 - ФЗ. Среди этих определений стоит обратить внимание на ЗОКИИ:

ЗОКИИ является объект КИИ включенный в реестр ЗОКИИ и с присвоенной категорией значимости. [1]

Субъекту КИИ следует обеспечивать должное информирование и обучение работников предприятия, а также обеспечивать безопасность ЗОКИИ при его использовании по эксплуатационным и организационно-распорядительным документам по безопасности ЗОКИИ предприятия. [4]

Время проведения и частота выполнения таких мероприятий определяется самим предприятием, с учетом особенностей работы ЗОКИИ и его категории значимости в организационно-распорядительных документах по безопасности такого объекта. [4]

Для того, чтобы можно было убедиться в безопасности кадров при трудоустройстве работников, работодателю стоит убедиться, что у кандидата присутствуют должное образование, квалификация в необходимой сфере и опыт работы. Стоит отметить, что именно компетентный специалист является основой кадровой безопасности субъекта КИИ. [2]

Кадровая безопасность – одна из составляющих общей системы безопасности предприятия наряду с другими составляющими, такими как правовая, финансовая и др. Кадровая безопасность направлена на стабильное функционирование предприятия за счет эффективной работы ее сотрудников. Рассматривается как взаимодействие персонала с работодателем.

Обеспечение кадровой безопасности основано на подборе компетентных работников, которые способны обеспечивать надежную безопасность объектов КИИ в рамках требований, установленных законодательством РФ.

Компетентным работником является специалист, способный соответствовать профессиональным требованиям работодателя.

На данный момент времени не существует конкретной и точной методики определения уровня компетентности работника субъекта КИИ, но в статье С.В. Глухаревой «Метод оценки уровня благонадежности в системе кадровой безопасности предприятия», представлена авторская методика, предназначенная для определения показателя компетентности

работников субъекта КИИ. Указанную методику можно применять и в случае темы данной статьи, слегка подкорректировав ее [3].

Далее предлагается подробнее изучить данную методику и подкорректировать ее под рассматриваемую ситуацию.

Указанную методику можно использовать как для оценки действующих специалистов, так и для оценки кандидатов на трудоустройство. Критериями работника выделяются:

- опыт работы в необходимой сфере (Р);
- уровень специального образования (О);
- компетенции (К_о).

В системе кадровой безопасности определяются девять компетенций: собственные (А), корпоративные (Б), рабочие (В), грядущего (Г), особые (Д), надежности (Е), продуктивности (Ж), общественно-психологические (З), рефлексорные (И). Выглядит это следующим образом:

$$K_o \in (A, B, B, \Gamma, D, E, \text{Ж}, \text{З}, И).$$

Каждый из типов данных компетенций состоит из нескольких подкомпетенций.

Каждый критерий имеет свой вес:

- опыт работы (Р) – 0,3;
- специальное образование (О) – 0,2;
- компетенции (К_о) – 0,5.

Сопоставляя критерии и их веса выходит, что модель благонадежности работника выглядит так:

$$УБР = 0,3*Р + 0,2*О + 0,5*К_о.$$

Этот метод оценки попробовали применить на субъекте КИИ. На самом 1 этапе составили характеристики компетенций работников. Для составления таких характеристик было привлечено 3 эксперта (табл. 1).

Таблица 1

Профили компетенций работников по каждой должности

Должность	Опыт работы	Образование	Опыт оценки персонала и определения компетенций
Главный бухгалтер	12	Экономическое	11
Специалист службы безопасности	4	Информационная безопасность	9
Начальник охраны	13	Управление персоналом	14

Рассмотрим собственные компетенции (А):

$$A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}.$$

Здесь, к примеру, есть такие подкомпетенции как: a_1 – умение оперативно действовать в аварийных обстоятельствах, a_2 – постоянная организованность работника и a_n – понимание личной ответственности.

Корпоративные компетенции (Б):

$$B = \{b_1, b_2, \dots, b_m\}.$$

Сюда, к примеру, могут входить: b_1 – умение работать в коллективе, b_2 – соблюдение внутренних правил предприятия и b_m – готовность всегда помочь.

Рабочие компетенции (В):

$$V = \{v_1, v_2, \dots, v_k\}.$$

В данном случае можно в качестве примера взять: v_1 – профессиональный навык работы в специализированном прикладном программном обеспечении, v_2 – умение закрывать основные уязвимости объектов КИИ и v_k – опыт в проведении аудита безопасности.

Таким же способом, при помощи статистических методов, можно определить и остальные шесть типов компетенций работника. [3]

Далее автор методики использовала программный комплекс для проверки знаний работников предприятия. В предложенной С.В. Глухаревой методике не было учтено условие количественных результатов работы, что так же является важным критерием для дальнейшей оценки компетентности работника службы безопасности предприятия. Поэтому в статье предлагается к трем основным критериям работника (компетенции, уровень основного и дополнительного образования и опыт работы в необходимой сфере) добавить четвертый – количественные результаты работы (K_p).

Весовые категории для опыта работы будут выглядеть следующим образом:

- опыт работы (P) – 0,3;
- специальное образование (O) – 0,2;
- компетенции (K_o) – 0,3;
- количественные результаты работы (K_p) – 0,2.

Модель для определения уровня благонадежности будет выглядеть так:

$$УБР = 0,3*P + 0,2*O + 0,3*K_o + 0,2*K_p.$$

Как сказано ранее, далее автор использовала программный комплекс для проверки знаний. Данный метод удобно реализуем, но не учитывает реальное рабочее поведение работников. Именно поэтому в статье предлагается составлять индивидуальные тесты для работников службы безопасности по сфере проверки на основании данных по расчетам выше, а также по рабочим наблюдениям и оценивать по нему компетентность от 1 до 10, где 1 – компетентность отсутствует, а 10 – высшая степень компетентности.

Кроме того, в нормативно-правовых актах присутствует обязательное требование контроля осведомленности и уровня знаний персонала предприятия по теме обеспечения безопасности КИИ. Именно поэтому в статье, в качестве контроля осведомленности работников об угрозах, предлагается, в роли механизма реализации оценки осведомленности работников субъекта КИИ, использовать проверку на уязвимость к фишинговым атакам. [4]

В дальнейшем в организации планируется разработка типового фиктивного фишингового письма для проверки всего персонала предприятия.

В современном мире очень популярны фишинговые атаки, которые организуют злоумышленники для кражи конфиденциальной информации о пользователях. Эту информацию злоумышленники в дальнейшем могут использовать против «жертвы», чтобы получить себе какую-либо выгоду и зачастую реализуют такую кибератаку через электронную почту или иные текстовые сообщения. Поэтому в статье рассматривается достаточно эффективный и реализуемый метод проверки работников – проверка на уязвимость к фишинговым атакам. [6]

Рассмотрим фишинговый тест, им называют проверку организацией своих сотрудников на их реакцию при получении вредоносных сообщений. Реализует организация такой тест обычно путем рассылки фиктивных вредоносных сообщений через электронную почту работникам.

До проведения такой проверки нужно заранее подготовиться, продумав несколько важных моментов. Например, первый их них – до тестирования решить данные вопросы:

- Желаемый конечный результат.
- С кем следует согласовать проведение фишинговой проверки, чтобы предотвратить негативную реакцию со стороны руководства организации и сохранить проверку в тайне от остальных работников.
- Какие меры нужно принять и к чему быть готовым в случае необходимости.
- Меры, которые предприятие должно предпринять после проведения учений.
- Определение формы учений и разработка протокола контроля подобных атак. [5]

Необходимо также разработать показатели для оценки. В контексте фишинговых тестов следует учитывать следующие:

- Количество людей, которые сообщили о фишинговой атаке в службу безопасности.
- Количество людей, которые открыли тестовое письмо.
- Количество людей, которые нажали на ссылку в письме.
- Количество сотрудников, попытавшихся авторизоваться. [5]

Также после проведения такой проверки необходимо рассчитать, насколько долго шла атака до момента, пока служба безопасности предприятия не заметила ее и не начала предпринимать какие-либо действия по ее устранению. Это время может зависеть от таких факторов, как степень защиты системы, сложность применяемой системы и возможные цели кибератаки на нее.

В заключение можно сделать вывод, что высокий уровень компетентности работников службы безопасности субъекта КИИ крайне необходим, поскольку объекты КИИ часто попадают под атаку киберпреступников из-за своей повышенной важности. Также стоит помнить о важности информирования и обучения противодействия кибератакам всего персонала, проведение проверки на уязвимость к фишинговым атакам является реализуемым механизмом для этого.

Библиографический список

1. Федеральный закон Российской Федерации «О безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации» от 26.07.2017 № 187-ФЗ.

2. ГОСТ 12.0.230.2-2015. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Системы управления охраной труда. Оценка соответствия. Требования. 2015 г.

3. Глухарева С.В. Метод оценки уровня благонадежности сотрудников в системе кадровой безопасности предприятия (на примере предприятий критической информационной инфраструктуры (КИИ)) // Доклады ТУСУР. 2022. № 2.

4. Приказ ФСТЭК России от 25 декабря 2017 г. № 239 «Об утверждении требований по обеспечению безопасности значимых объектов критической информационной инфраструктуры Российской Федерации».

5. Как мы отправляем фишинг на своих сотрудников, чтобы не расслаблялись по ИБ // Хабр. URL: <https://habr.com/ru/companies/skyeng/articles/759240/> (дата обращения: 13.11.2024).

6. Фишинг // Eset. URL: <https://www.eset.com/ua-ru/support/information/entsiklopediya-ugroz/fishing/> (дата обращения: 15.11.2024).

© Арсланова Г.И., 2024

ПРОБЛЕМА ПОСТРОЕНИЯ КЛАССИФИКАТОРОВ СОБЫТИЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ОСНОВЕ СУЩЕСТВЕННО НЕСБАЛАНСИРОВАННЫХ НАБОРОВ ДАННЫХ

Аннотация: целью работы является повышение эффективности классификации записей журнала регистрации событий за счет создания размеченного набора данных из нескольких источников и использования методов машинного обучения. Для решения проблемы обучения классификаторов на основе существенно несбалансированных наборов данных применяется модель сбалансированного классификатора случайного леса.

Ключевые слова: информационная безопасность; журнал регистрации событий; аномалия; классификаторы; бэггинг; случайный лес.

Обработка данных, накапливаемых в журналах событий (логах) компонентов информационной системы, с помощью традиционных методов оказывается недостаточной и зачастую невозможной (ввиду ограничений производительности) для анализа всего объема информации, генерируемой системами мониторинга. Кроме того, такие методы сталкиваются с другими ограничениями, например невозможностью противостоять новым типам угроз. Традиционные алгоритмы не всегда могут учитывать взаимосвязи между событиями, что делает их менее эффективными для выявления сложных угроз безопасности [1].

Существенное количество записей журнала регистрации событий (ЖРС) не имеет разметки принадлежности к потенциально опасным маркерам, характеризующим действия возможного злоумышленника. Анализ ЖРС позволяет между тем выявлять основные типы происходящих событий, группировать их по степени сходства, отслеживать динамику смены характерных для системы типа событий во времени, а также выделять нетипичные (аномальные) события для заданного временного окна анализа. Выделенные в ходе анализа нетипичные события могут быть вызваны как внутрисистемными процессами, характеризующими штатный режим работы, так и сбоями и нарушениями нормального функционирования компонентов информационной системы ввиду ошибок конфигурации, обновления программного обеспечения или внешними причинами. Количество подобных событий относительно общего объема, находящихся

отражение в ЖРС событий невелико, однако их обнаружение требует значительных усилий по анализу накапливаемых данных мониторинга.

Аномалия – это некоторое событие, являющееся отклонением от нормы для конкретно заданной системы. Такое событие может включать в себя активность в нетипичное для сотрудника время суток, несанкционированный доступ к информации, использование нетипичного программного обеспечения, нетипичный для конкретного пользователя клавиатурный почерк (уникальный стиль ввода символов) и т. д. Обнаружение и реагирование на аномалии в информационной безопасности (ИБ) является важной задачей, которая позволяет предотвратить проникновение злоумышленников и защитить конфиденциальные данные.

Проблемой является перегруженность специалистов центров мониторинга ИБ в задачах ручного или автоматизированного анализа множества журналов регистрации событий средств защиты информации (СЗИ) и конечных систем. Применение систем управления ИБ не обеспечивает гарантированной реакции на опасные события ввиду необходимости глубокой адаптации к инфраструктуре для каждой конкретной организации и разработке существенной базы правил корреляции.

Значительные объемы текстовых ЖРС не имеют разметки по типам событий ИБ, что существенно затрудняет применение методов машинного обучения и интеллектуального анализа. Модели классификаторов практически не дают позитивных результатов на несбалансированных наборах данных, когда доля «плохих» записей журнала меньше доли процента (и меньше). Необходима выработка подхода для баланса чувствительности и специфичности. Кроме того, на практике наблюдается большое количество ложных срабатываний, поэтому предлагается исследовать подход по построению моделей классификаторов в таких условиях.

Цель работы: повышение эффективности классификации записей журнала регистрации событий за счет создания размеченного набора данных из нескольких источников и использования методов машинного обучения.

Обзор существующих стратегий для решения проблемы дисбаланса классов в наборах данных

В несбалансированных условиях обучения классы, содержащие крайне малое количество записей ЖРС, имеют особую важность и несут дополнительную смысловую нагрузку по сравнению с классами, содержащими достаточное количество записей событий. Это неравенство обусловлено асимметричным распределением данных, и традиционные классификаторы, рассчитанные на равномерное распределение, оказываются неэффективными. Следовательно, эти классификаторы склонны к доминированию классов с большим количеством записей, тем

самым классы, содержащие существенно малое количество событий, не оказывают влияния на модель классификатора.

В настоящее время все большее внимание уделяется проблемам многоклассовой классификации, особенно тем, которые связаны с несбалансированными распределениями классов. Для решения этих проблем были разработаны различные стратегии (табл. 1), позволяющие повысить эффективность прогностических моделей и алгоритмов искусственного интеллекта в сценариях, где присутствует чрезмерный уровень классового дисбаланса данных [2].

Таблица 1

Стратегии решения проблемы дисбаланса классов в наборах данных

Стратегия	Описание	Технологии	Достоинства и недостатки
1	2	3	4
Повторное использование данных (oversampling)	дублирование экземпляров из класса, содержащего малое количество записей	ADASYN [3], Random Oversampling [4], SMOTE [5, 6]	– простота реализации (технология Random Oversampling); – снижение риска переобучения (SMOTE по сравнению с Random Oversampling); – риск переобучения из-за дублирования экземпляров класса с малым количеством записей или записей, которые не отражают истинное распределение данных; – увеличение вычислительных затрат при использовании больших наборов данных
Удаление данных (undersampling)	удаление экземпляров из классов, содержащих большое количество образцов	Random Undersampling [4], Tomek Links [5], NearMiss [6]	– сокращение времени обучения и вычислительных ресурсов за счет уменьшения набора данных; – возможность улучшить интерпретируемость модели за счет упрощения набора данных; – потенциальная потеря ценной информации из класса с большим количеством записей, что может привести к созданию необъективной модели

<i>Окончание табл. 1</i>			
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
Смешанная	комбинирование методов избыточной и недостаточной выборки	RUSBoost [7], SMOTEENN [4], SMOTETomek [4]	<ul style="list-style-type: none"> – позволяет уравнивать набор данных; – снижается риск переобучения за счет сочетания методов, которые эффективно работают с классами. – сложность в реализации, требуется тщательная настройка методов выборки; – при некорректном подборе параметров возникают проблемы, присущих каждой отдельной стратегии

Построения комитетов классификаторов на основе стратегии «бэггинга»

В машинном обучении для построения надежных моделей ключевым фактором является точность прогнозирования. Ансамблевое обучение предполагает объединение несколько моделей для построения более эффективной и надежной модели, которая с меньшей вероятностью будет переобучена.

Бэггинг (Bootstrap Aggregating) – метод, который включает в себя обучение нескольких базовых классификаторов на различных начальных подмножествах обучающих данных [8]. Окончательный прогноз делается путем агрегирования прогнозов из всех классификаторов, как правило, путем голосования большинством за классификацию или усреднения для регрессии. Метод повышает точность модели за счет объединения нескольких моделей, а также устойчив к переобучению (ключевой критерий для модели на основе деревьев решений (DecisionTree)). Бэггинг позволяет проводить параллельное обучение моделей, повышая эффективность обработки, однако требует тщательной настройки параметров, чтобы избежать переобучения.

Для обнаружения аномалий в данных будет использоваться группа алгоритмов машинного обучения Isolation Forest, KNN, SVC, DecisionTree, RandomForest, AdaBoost, LogisticRegression, GaussianNB, MLPClassifier.

Первоначально в базе данных выделяются зависимые и независимые переменные, затем происходит преобразование признаков различными методами, такими как OrdinalEncoder (преобразует каждое строковое значение в целое число), OneHotEncoder (данный кодировщик берет столбец с данными, который был предварительно закодирован в признак, и создает для него несколько новых столбцов, числа заменяются на единицы и нули, в зависимости от того, какому столбцу какое значение присуще),

RobustScaler (для обработка числовых признаков), а также SimpleImputer (заполнение пропущенных значений в числовых и категориальных полях).

Затем модель оценивается на тренировочных данных с использованием алгоритма случайного леса (Random Forest).

Далее происходит разбиение данных на обучающую и тестовую выборки в соотношение 80:20 с помощью функции train test split. Из-за того, что в базе данных присутствуют несбалансированные классы, используются три различных метода балансировки.

Случайное повторное использование (RandomOverSampler) – это метод балансировки классов в задачах машинного обучения, где количество примеров одного класса существенно меньше, чем количество примеров другого класса [9]. Этот метод заключается в увеличении числа примеров в меньшем классе путем случайного выбора их повторения до тех пор, пока они не будут сравняться с количеством примеров в большем классе.

BalancedRandomForestClassifier (BRF) – это модель машинного обучения, которая является вариантом случайного леса (Random Forest), но в отличие от классического случайного леса, который накапливает много деревьев решений, BRF использует более сложный алгоритм, который обеспечивает более равномерное распределение по классам в обучающей выборке. BRF решает проблему несбалансированности данных в обучающей выборке, применяя стратегии подвыборки и изменения весов классов при построении каждого дерева решений.

Анализ результатов

В работе были использованы два метода RandomForestClassifier (RF) и BalancedRandomForestClassifier (BRF).

Метод RF является стандартным методом случайного леса для классификации, который использует случайный набор деревьев решений для прогнозирования классов объектов. Он не учитывает дисбаланс классов в выборке и может давать неправильные прогнозы для менее представленных классов.

В отличие от этого, метод BRF является модификацией случайного леса, которая учитывает дисбаланс классов в выборке. Он использует взвешенную выборку, чтобы увеличить количество объектов менее представленных классов и снизить влияние перекоса в выборке. Это позволяет улучшить качество классификации для менее представленных классов и снизить вероятность ошибок в их классификации.

Модель RF имеет показатель средней точности (precision) равный 0,66 (количество верных предсказаний модели), низкую полноту (recall) – 0,4 (количество верно определенных положительных случаев), высокую специфичность (specificity) – 0,82 (количество верно определенных отрицательных случаев). Значение F1 равно 0,47 (среднее гармоническим

между точностью и полнотой), а геометрическое среднее (Geometric Mean) составляет 0,41. Значение ИВА (Index of Balanced Accuracy) равно 0,26.

Таким образом, модель достаточно точно определяет истинно отрицательные записи ЖРС, но допускает много ложноотрицательных результатов. В целом, уровень качества модели низкий, и требуется совершенствование.

Для модели BRF в среднем, точность (precision) модели составляет 0,96, полнота (recall) – 0,75, специфичность (specificity) модели составляет 0,91. F1-мера (F1) модели составляет 0,72. Геометрическое среднее (Geometric Mean) модели составляет 0,8, что означает, что модель хорошо работает на обеих классах. Индекс баланса точности (ИВА) модели равен 0,68, что является показателем ее эффективности в балансировании между точностью и полнотой.

Заключение

Для выявления сложных атак злоумышленников на информационные системы необходимо применение методов и инструментов расширенной аналитики данных, позволяющих выполнять оперативный анализ и выявление скрытых признаков злонамеренной активности на основе анализа журналов регистрации событий.

Для решения проблемы обучения классификаторов на несбалансированных наборах данных использовалась модель `BalancedRandomForestClassifier`, которая показала значительное улучшение в задаче классификации по сравнению с моделью `RandomForestClassifier`.

Библиографический список

1. Инструменты и техники проведения эффективного анализа журналов событий безопасности [Электронный ресурс] / CISOCLUB. URL: <https://cisoclub.ru/instrumenty-i-tehniki-provedeniya-jeffektivnogo-analiza-zhurnalov-sobytij-bezopasnosti/> (дата обращения: 19.11.2024).

2. Yang Y., Khorshidi H.A., Aickelin U. A review on over-sampling techniques in classification of multi-class imbalanced datasets: insights for medical problems / Y. Yang, H. A. Khorshidi, U. Aickelin // *Frontiers in Digital Health*. 2024. Т. 6. С. 1430245.

3. He H. et al. ADASYN: Adaptive synthetic sampling approach for imbalanced learning // 2008 IEEE international joint conference on neural networks (IEEE world congress on computational intelligence). Ieee, 2008. С. 1322–1328.

4. Computational Strategies for Handling Imbalanced Data in Machine Learning [Электронный ресурс]. URL: <https://www.isi-web.org/sites/default/files/2024-02/Handling-Data-Imbalance-in-Machine-Learning.pdf> (дата обращения: 19.11.2024).

5. Swana E.F., Doorsamy W., Bokoro P. Tomek link and SMOTE approaches for machine fault classification with an imbalanced dataset / E.F. Swana, W. Doorsamy, P. Bokoro // *Sensors*. 2022. T. 22. №. 9. C. 3246.

6. Nayan N.M. et al. SMOTE Oversampling and Near Miss Undersampling Based Diabetes Diagnosis from Imbalanced Dataset with XAI Visualization // 2023 IEEE Symposium on Computers and Communications (ISCC). IEEE, 2023. C. 1–6.

7. Seiffert C. et al. RUSBoost: A hybrid approach to alleviating class imbalance // *IEEE transactions on systems, man, and cybernetics-part A: systems and humans*. 2009. T. 40. №. 1. C. 185–197.

8. Liang G., Zhu X., Zhang C. An empirical study of bagging predictors for different learning algorithms / G. Liang, X. Zhu, C. Zhang // *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*. 2011. T. 25. №. 1. C. 1802–1803.

9. Nhita F. et al. Performance and Statistical Evaluation of Three Sampling Approaches in Handling Binary Imbalanced Data Sets // 2023 International Conference on Data Science and Its Applications (ICoDSA). IEEE, 2023. C. 420–425.

© Атарская Е.А., 2024

Д.Н. БАКУНИН, А.Р. ШАМСУБАРОВ, Н.М. РОЖОК

bakunin2003@mail.ru, alm.schamsubarov@yandex.ru,

hsimpson649@gmail.com

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. **К.В. МИРОНОВ**

Уфимский университет науки и технологий

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЛОКЧЕЙНА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЦИФРОВОЙ ИДЕНТИФИКАЦИЕЙ

Аннотация: данная научная статья посвящена анализу использования блокчейн-технологий для управления цифровой идентификацией в условиях современной цифровой экономики. В ней подчеркивается актуальность перехода к децентрализованным системам идентификации, которые могут обеспечить высокий уровень безопасности, прозрачности и контроля для пользователей.

Ключевые слова: блокчейн, самоуправляемая идентичность (SSI), децентрализованное управление, верификация, смарт-контракты, конфиденциальность данных, масштабируемость.

Цифровая идентификация стала неотъемлемой частью современной цифровой экономики и общества. С ее помощью пользователи получают доступ к различным сервисам и подтверждают свою личность, что делает ее ключевым элементом безопасного взаимодействия в онлайн-пространстве. Актуальность исследования в данной сфере продиктована стремительным ростом цифровых транзакций и усилением необходимости защиты данных пользователей. Традиционные системы идентификации сталкиваются с серьезными проблемами, включая уязвимость к взломам, утечкам данных и сложности валидации, что создает риски как для пользователей, так и для организаций. Эти недостатки традиционной системы идентификации создают потребность в более надежных и безопасных решениях, таких как блокчейн.

Блокчейн – это распределенная и неизменяемая система, которая позволяет вести записи таким образом, что они становятся прозрачными и защищенными от подделки. Эта технология, зародившаяся в 2008 году с созданием первой криптовалюты, Bitcoin, представляет собой цепочку блоков, каждый из которых содержит зашифрованные данные, подтвержденные и защищенные от изменений благодаря механизмам шифрования. Основные принципы блокчейна включают распределенность, неизменяемость данных, прозрачность и децентрализацию.

Распределенность системы означает, что информация хранится не на одном сервере, а на множестве узлов сети, что повышает устойчивость к

взломам и сбоям. Неизменяемость данных означает, что после записи информации в блокчейн ее невозможно изменить или удалить без изменения всех последующих блоков. Это делает систему надежной и защищенной от несанкционированных изменений.

Прозрачность блокчейна позволяет пользователям проверять и подтверждать любые изменения в цепочке, что повышает доверие к системе. Децентрализация устраняет необходимость в центральном управляющем органе, делая процесс управления данными более демократичным и менее уязвимым. В результате блокчейн выступает идеальной технологией для безопасного управления цифровой идентификацией, так как данные могут быть зашифрованы и сохранены в неизменном виде.

В рамках цифровой идентификации блокчейн обеспечивает пользователей безопасным способом управления личными данными и позволяет взаимодействовать с сервисами и организациями на основе открытых стандартов и протоколов. Это делает блокчейн эффективным инструментом для устранения проблем конфиденциальности, создания более безопасных систем и упрощения процесса идентификации в цифровой среде.

Блокчейн активно используется для создания систем децентрализованной идентификации (DID), что позволяет пользователям создавать независимые цифровые идентификаторы без необходимости в посредниках, таких как государственные или корпоративные учреждения. Благодаря децентрализованной природе блокчейна пользователи могут не только создавать, но и контролировать свои идентификационные данные, что повышает уровень безопасности и приватности. DID позволяет каждому пользователю иметь собственный цифровой идентификатор, который хранится в распределенной сети, а не в централизованной базе данных, что значительно снижает риск кражи и взлома данных.

Ключевую роль в обеспечении безопасности и автоматизации процессов идентификации в таких системах играют смарт-контракты. Смарт-контракты – это программные алгоритмы, которые работают на основе блокчейн-платформы и выполняют определенные действия автоматически при наступлении заранее оговоренных условий. В контексте цифровой идентификации смарт-контракты могут обеспечивать автоматическую проверку данных и регулировать доступ к идентификационной информации, устраняя необходимость ручной обработки и сокращая риски ошибок.

Использование блокчейна для цифровой идентификации предоставляет значительные преимущества, делая процесс идентификации более безопасным, прозрачным и экономичным. Рассмотрим основные преимущества.

Безопасность: одним из важнейших преимуществ блокчейна является высокая степень безопасности. Технология блокчейна защищает данные

благодаря шифрованию и распределенной структуре хранения. Пользовательские данные, зашифрованные и распределенные по узлам сети, почти невозможно изменить или украсть, так как для этого потребуется взломать все узлы одновременно. Такая структура минимизирует риски утечки информации и обеспечивает надежную защиту от внешних атак.

Прозрачность и контроль: прозрачность блокчейна позволяет пользователям контролировать, кто и когда обращался к их данным, предоставляя полный отчет об истории взаимодействий. Блокчейн записывает каждое изменение или доступ к данным, что делает все транзакции отслеживаемыми и необратимыми. Пользователи могут отслеживать доступ к своим данным и управлять разрешениями, что повышает их доверие к системе и дает больше контроля над личной информацией.

Международная совместимость: блокчейн также обеспечивает универсальную совместимость, поскольку может использоваться в различных юрисдикциях и системах, независимо от местоположения пользователя. Создание единой децентрализованной базы данных может существенно упростить межгосударственные взаимодействия, позволяя легко использовать идентификационные данные для различных организаций, включая банки, правительственные учреждения и компании по всему миру. Такая совместимость делает блокчейн уникальным решением для глобальных систем цифровой идентификации.

Снижение издержек: автоматизация процессов проверки личности на базе смарт-контрактов сокращает издержки, связанные с администрированием и поддержкой инфраструктуры безопасности. Благодаря автоматизации снижается потребность в ручной обработке данных и административных процедурах, что позволяет компаниям значительно экономить ресурсы и снижать затраты на обслуживание инфраструктуры идентификации.

Эти преимущества делают блокчейн привлекательной технологией для внедрения в сфере цифровой идентификации, позволяя создавать более безопасные, экономичные и удобные системы для пользователей по всему миру.

Использование блокчейна для управления цифровой идентификацией активно внедряется как на государственном, так и на корпоративном уровнях, а также в финансовом секторе. Эти примеры показывают широкий спектр возможностей технологии блокчейн для повышения эффективности и безопасности.

Государственные проекты: одним из наиболее известных примеров является программа e-Residency в Эстонии, которая позволяет удаленным пользователям получать доступ к цифровым услугам государства. Благодаря блокчейну, каждый участник программы e-Residency получает цифровой идентификатор, который дает возможность безопасно

взаимодействовать с правительственными сервисами, открывать банковские счета и даже управлять бизнесом в Эстонии, находясь в другой стране. Программа продемонстрировала, как блокчейн может стать эффективной платформой для государственной цифровой идентификации.

Корпоративные решения: в корпоративной среде также развиваются решения на базе блокчейна. Так, Microsoft разработала систему ION, основанную на блокчейне Bitcoin, которая позволяет пользователям создавать и управлять своими цифровыми идентификаторами без централизованных посредников. ION использует децентрализованную сеть для хранения данных и обеспечивает безопасность идентификационных данных благодаря технологии блокчейн. Эта система позволяет предприятиям и пользователям обмениваться данными, сохраняя при этом их безопасность и приватность.

Финансовый сектор: блокчейн активно используется в банковской сфере для оптимизации процедур KYC (Know Your Customer). Благодаря блокчейн-технологиям, банки могут безопасно и быстро обмениваться информацией о клиентах, что значительно ускоряет процессы проверки и снижает риски мошенничества. Внедрение блокчейна позволяет упростить процессы сбора, хранения и управления данными клиентов, а также автоматизировать проверку их подлинности. Это сокращает время, необходимое для обработки данных, и снижает затраты на проведение KYC-процедур.

Блокчейн продолжает активно развиваться, открывая новые возможности для управления цифровой идентификацией и внедрения технологий, которые могут существенно изменить подход к защите и управлению данными. Среди наиболее перспективных направлений развития можно выделить следующие.

Развитие децентрализованных приложений (DApps): децентрализованные приложения на базе блокчейна позволяют создавать новые подходы к идентификации, делая процесс полностью независимым от централизованных учреждений. DApps, ориентированные на цифровую идентификацию, обеспечивают пользователям возможность управлять своими данными, контролируя доступ и делая их взаимодействие с сервисами более безопасным.

Интеграция с искусственным интеллектом (ИИ) и Интернетом вещей (IoT): синергия блокчейна с ИИ и IoT открывает широкие возможности для автоматизации и усиления безопасности. Системы на базе ИИ могут анализировать и обрабатывать данные для подтверждения идентификации с высокой точностью и скоростью, одновременно блокчейн гарантирует неизменность и достоверность данных. IoT-устройства, такие как умные замки и биометрические сканеры, могут взаимодействовать с блокчейн-системами для подтверждения личности пользователя в реальном времени, что сделает системы безопасности более надежными и устойчивыми к взломам.

Широкое внедрение концепции Self-Sovereign Identity (SSI): концепция самоуправляемой идентификации (SSI) представляет собой новый стандарт цифровой идентификации, позволяющий пользователям владеть своими данными и полностью контролировать их. В рамках SSI пользователи могут создавать, хранить и управлять собственными идентификационными данными без необходимости передачи их третьим лицам. Такая модель делает пользователей самостоятельными и независимыми от централизованных систем, повышая их безопасность и доверие к системе.

Блокчейн представляет собой революционное решение для управления цифровой идентификацией, предлагая более высокий уровень безопасности, прозрачности и контроля для пользователей. Его применение может значительно изменить подход к хранению и управлению данными, создавая децентрализованные и безопасные системы идентификации, которые защищают права и конфиденциальность пользователей. Благодаря неизменяемости и распределенной природе блокчейна, цифровая идентификация может стать более защищенной от внешних атак и уязвимостей, связанных с централизованными системами.

Тем не менее, на пути к массовому внедрению блокчейна еще предстоит преодолеть ряд значительных вызовов. Технические проблемы, такие как масштабируемость и пропускная способность сети, требуют дальнейшего развития технологий. Без решения этих вопросов блокчейн-системы могут не справиться с большими объемами данных, что ограничивает их применение в крупных проектах цифровой идентификации. Кроме того, правовая среда для использования блокчейна пока еще не полностью сформирована, и для его успешного внедрения необходимо разработать международные стандарты и нормативные акты, регулирующие использование децентрализованных технологий.

Библиографический список

1. Дворяшин Д.Н., Мартынов И.В. «Блокчейн-технологии в системе цифровой идентификации» // Финансовая аналитика: проблемы и решения. 2018. Т. 11, № 359. С. 35–47.
2. Греков А.А., Колесников В.А. Использование блокчейн-технологий для защиты персональных данных в цифровой экономике // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2020. Т. 13, № 2. С. 54–63.
3. Иванов П.В. и Смирнов А.А. Анализ перспектив использования блокчейн-технологий для цифровой идентификации // Информационные технологии и телекоммуникации. 2019. Т. 4, № 2. С. 88–97.

4. Мальцев В.А., Петров К.И. Блокчейн и цифровая идентификация: возможности и риски // Вестник Санкт-Петербургского университета. Экономика. 2018. Т. 13, № 3. С. 78–85.
5. Базылев Н.В., Никулин Д.В. Цифровая идентификация на основе блокчейна: отечественный и зарубежный опыт // Вопросы экономики и права. 2021. Т. 7, № 2. С. 45–52.
6. Калинина И.И., Фролов М.С. Технология блокчейн в цифровой идентификации личности // Журнал прикладных исследований в экономике. 2022. Т. 4, № 2. С. 29–37.
7. Сидоров А.В., Лебедев Ю.И. Самоуправляемая идентичность (SSI) и блокчейн: концепции и реализация // Информационные системы и технологии. 2020. Т. 1, № 3. С. 10–20.
8. Сергеев Д.М., Горшков А.Л. Технология блокчейн для обеспечения безопасности цифровых идентификаторов // Вестник компьютерной и информационной безопасности. 2019. Т. 5, № 1. С. 66–73.
9. Федоров В.И., Павлов С.К. Блокчейн в цифровой экономике: подходы к идентификации и верификации // Экономика и управление: современные исследования. 2021., том 4, № 3, стр. 19-25,
10. Кузнецов А.В., Королев П.Н. Цифровая идентификация и блокчейн: перспективы и вызовы // Российский журнал управления и права. 2019. Т. , № 6. С. 33–42.

© Бакунин Д.Н., Шамсубаров А.Р., Рожок Н.М., 2024

М.Р. БИКТИМИРОВ

biktimirov22@mail.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. **А.Ю. СЕНЦОВА**

Уфимский университет науки и технологий

КИБЕРУСТОЙЧИВОСТЬ БАНКОВСКИХ ИНФРАСТРУКТУР

Аннотация: статья рассматривает киберустойчивость банковских систем, включая методы предотвращения атак, адаптации и восстановления после инцидентов. Обсуждаются современные угрозы и технологии защиты, такие как искусственный интеллект и блокчейн, для повышения устойчивости и быстрого восстановления банковской инфраструктуры.

Ключевые слова: киберустойчивость; банковские системы; киберугрозы; защита данных; искусственный интеллект; кибербезопасность; блокчейн.

Банковские системы являются ключевыми компонентами финансовой инфраструктуры, обслуживая миллиарды транзакций ежедневно. Однако их цифровизация привела к существенному увеличению уязвимостей, что делает их объектами постоянных кибератак. Учитывая высокие риски и последствия таких атак, киберустойчивость становится приоритетной задачей для банков.

Киберустойчивость – это способность инфраструктуры эффективно предотвращать, адаптироваться и восстанавливаться от кибератак, минимизируя их воздействие на операции. В отличие от традиционных систем защиты, ориентированных на пассивное предотвращение угроз, концепция киберустойчивости фокусируется на создании динамичных, гибких и самовосстанавливающихся систем.

Современные угрозы банковским инфраструктурам становятся все более сложными и разнообразными, что ставит перед финансовыми учреждениями серьезные вызовы в обеспечении безопасности. Традиционные методы защиты, ориентированные на предотвращение известных типов атак, уже не могут гарантировать безопасность в условиях быстро меняющихся технологий и методов атак. Рассмотрим основные угрозы, с которыми сталкиваются банки.

Многоступенчатые атаки: атаки типа Advanced Persistent Threat (APT) представляют собой долгосрочные, тщательно спланированные вторжения, в которых злоумышленники стремятся проникнуть в системы банка и оставаться незамеченными в течение продолжительного времени. Такие

атаки часто используются для сбора информации, включая данные о клиентах и внутренних процессах, с целью последующего использования для манипуляций или кражи средств

Атаки с использованием программ-вымогателей: ransomware-атаки остаются одной из самых распространенных угроз [1]. Злоумышленники используют вредоносные программы, чтобы зашифровать данные в банковских системах, требуя выкуп за их восстановление. Такие атаки наносят огромный ущерб, как финансовый, так и репутационный, так как банки вынуждены закрывать свои системы на длительное время, чтобы минимизировать ущерб.

Фишинг: методы социальной инженерии, такие как фишинг, остаются эффективными инструментами для атак на банки. В этой форме атаки злоумышленники пытаются обмануть сотрудников или клиентов банка, подделывая электронные письма, сайты или сообщения с целью кражи персональных данных и паролей. В последние годы фишинговые атаки стали значительно более изощренными, и их трудно отличить от настоящих сообщений от финансовых организаций.

Таким образом, современные угрозы банковским системам становятся все более сложными и многогранными, что требует комплексных решений для обеспечения киберустойчивости.

Киберустойчивость банковских инфраструктур представляет собой подход, направленный на создание систем, которые не только защищают от внешних и внутренних угроз, но и способны адаптироваться к изменениям, сохранять работоспособность при атаке и восстанавливаться после инцидентов. Киберустойчивость включает три основных аспекта: предотвращение атак, адаптация к угрозам, восстановление после атак.

Предотвращение атак: системы безопасности должны обнаруживать и блокировать потенциальные угрозы до того, как они окажут влияние на систему. Это включает в себя использование искусственного интеллекта для анализа сетевого трафика и выявления аномалий.

Адаптация к угрозам: в условиях постоянных изменений в методах атак важно, чтобы системы могли динамически адаптироваться. Это включает микросегментацию сети, изоляцию зараженных частей системы и автоматическое обновление защитных механизмов.

Восстановление после атак: в случае успешного вторжения необходимо быстро восстановить нормальную работу системы. Использование облачных технологий для резервного копирования и восстановления данных, а также автоматизированных процедур восстановления играют ключевую роль в обеспечении киберустойчивости.

Киберустойчивость банковских систем зависит от использования передовых технологий, которые позволяют не только предотвращать угрозы, но и адаптироваться к ним, а также восстанавливать функциональность инфраструктуры после инцидентов. Ключевые

технологии, поддерживающие киберустойчивость, включают в себя искусственный интеллект (ИИ), машинное обучение (МЛ), блокчейн, микросегментацию.

Искусственный интеллект и машинное обучение: использование ИИ и МЛ в области кибербезопасности помогает значительно повысить уровень защиты. ИИ может анализировать большие объемы данных и выявлять аномалии в поведении пользователей и систем, что позволяет оперативно реагировать на потенциальные угрозы [2]. Применение алгоритмов машинного обучения дает возможность системе обучаться на прошлых инцидентах и адаптироваться к новым угрозам. Это особенно важно для защиты от многоступенчатых атак (APT), которые используют сложные методы и зачастую остаются незамеченными традиционными средствами защиты. Примером таких систем является SIEM (Security Information and Event Management), которые собирают, анализируют и коррелируют данные о событиях в реальном времени, позволяя быстро реагировать на инциденты.

Блокчейн представляет собой децентрализованную технологию, которая может играть важную роль в повышении киберустойчивости. Особенно это актуально для финансовых операций, где важна прозрачность и безопасность транзакций. Блокчейн гарантирует, что данные не могут быть изменены или удалены без следа, что исключает манипуляции с финансовыми записями. Для банков эта технология может стать основой для создания защищенных систем перевода средств, а также для обеспечения защищенности хранимых данных клиентов.

Микросегментация позволяет создавать изолированные сегменты внутри корпоративной сети, что значительно снижает возможность распространения атак и ограничивает ущерб в случае взлома. При микросегментации злоумышленник, проникший в одну часть сети, не сможет легко перемещаться по всей инфраструктуре. Это особенно полезно для защиты критически важных систем и данных, таких как базы данных клиентов, платежные системы и транзакционные сервисы.

Применение принципов киберустойчивости в реальной практике позволяет банкам и финансовым учреждениям не только предотвращать атаки, но и быстро восстанавливаться после инцидентов, обеспечивая непрерывность бизнес-процессов. Рассмотрим несколько успешных примеров реализации технологий киберустойчивости.

Система киберустойчивости на базе искусственного интеллекта в банке JP Morgan Chase. Одним из лидеров в области кибербезопасности и киберустойчивости является банк JP Morgan Chase. Банк активно использует искусственный интеллект и машинное обучение [5] для повышения уровня безопасности и предсказания угроз. Например, в 2019 г. банк внедрил систему, которая использует ИИ для анализа миллионов событий в сети в реальном времени, что позволяет быстро выявлять

аномалии и возможные угрозы. Такая система помогает не только предотвратить кибератаки, но и адаптироваться к изменениям, таким как новые типы атак и уязвимости, что делает инфраструктуру более устойчивой к быстрым и разнообразным угрозам.

Применение блокчейн-технологии в защищенных банковских транзакциях. Deutsche Bank активно использует блокчейн для обеспечения защищенности транзакций в своей системе dbDirect [6]. Эта система позволяет автоматизировать процесс перевода средств, исключая возможность их изменения или манипуляции с ними. Блокчейн, благодаря своей децентрализованной природе, гарантирует целостность данных и защищенность финансовых операций.

Многофакторная аутентификация в системе безопасности Банка России. Банк России активно использует многофакторную аутентификацию [4] для защиты своих систем и данных от несанкционированного доступа. Система MFA включает не только традиционные пароли, но и биометрические данные, а также одноразовые коды, отправляемые пользователям по SMS или через мобильные приложения. Этот подход значительно усиливает защиту от фишинговых атак и социальной инженерии, а также предотвращает возможность взлома учетных записей.

Приведенные примеры показывают, как киберустойчивости активно используются в банковской отрасли для повышения уровня безопасности, быстрого реагирования на угрозы и минимизации последствий от атак.

С развитием цифровых технологий и усложнением угроз в области кибербезопасности финансовые учреждения, включая банки, активно ищут новые пути повышения устойчивости своих инфраструктур. Перспективы киберустойчивости в банковской отрасли можно разделить на несколько ключевых направлений: широкое внедрение искусственного интеллекта, применение квантовых технологий, расширение использования блокчейн-технологий.

ИИ будет играть все более значимую роль в прогнозировании угроз и управлении ими. Разработка систем с глубоким обучением позволит банковским системам адаптироваться к новым видам атак, например, использующим элементы социальной инженерии или многоступенчатые схемы. Перспективное направление – интеграция генеративных моделей ИИ, которые способны имитировать действия киберпреступников для выявления уязвимостей до их эксплуатации.

Квантовые вычисления обещают революционизировать методы шифрования и защиты данных. Банковские системы уже начали исследовать квантовые криптографические протоколы, которые обеспечивают абсолютную защищенность данных от взлома, включая атаки со стороны квантовых компьютеров, ожидаемых в ближайшем будущем. Например, технология квантового распределения ключей (QKD) может стать стандартом для защиты финансовых транзакций.

Технология блокчейн продолжит внедряться не только для обеспечения безопасности транзакций, но и для защиты внутренних операций. Децентрализованные реестры могут использоваться для предотвращения подделки данных и создания прозрачной и надежной среды для финансовых операций. Одной из перспектив является создание блокчейн-платформ для управления идентификацией клиентов и безопасной передачи данных между банками.

Киберустойчивость – это не просто набор технологий, а комплексный процесс, который включает в себя стратегическое планирование, внедрение инновационных решений, таких как искусственный интеллект, блокчейн и квантовая криптография, и постоянное совершенствование процессов управления рисками. Как было продемонстрировано в статье, технологии и подходы, обеспечивающие киберустойчивость, уже находят применение в реальной практике банков, таких как JP Morgan Chase, и показывают свою эффективность в противодействии современным угрозам.

В заключение, важно отметить, что киберустойчивость не является статичной концепцией. Это процесс, требующий постоянного обновления, инноваций и адаптации к новым вызовам. Только синергия усилий технологий, организаций и международных структур обеспечит безопасное и стабильное будущее для финансовой индустрии.

Библиографический список

1. Иванов А.А., Петров Б.Б. Методы интеллектуального анализа в задаче обнаружения программ-вымогателей // Информационные технологии и анализ данных. 2023. Т. 15, № 4. С. 120–130.
2. Семеко Г.В. Искусственный интеллект в банковском секторе: возможности и проблемы // Социальные новации и социальные науки. Москва: ИНИОН РАН, 2021. № 2. С. 81–97.
3. Вишнякова А.В., Блинов А.О. Перспективы применения квантовых технологий в банковской сфере // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2023. Т. 19, № 2.
4. Косарев В.Н., Морозова Е.Ю. Методы повышения устойчивости банковских систем к кибератакам // Информационная безопасность и анализ данных. 2022. № 4 (16). С. 12–25.
5. Харитонов И.Н. Блокчейн и киберустойчивость: опыт внедрения в российских банках // Вестник финансов и технологий. 2023. № 3. С. 45–57.
6. Chen Y., Zhang W., & Liu J. Advanced Techniques for Cyber Resilience in Banking Networks: A Case Study of JPMorgan Chase // Proceedings of the IEEE International Conference on Network Security. IEEE, 2023.
7. Deutsche Bank. Deutsche Bank collaborates with industry partners to launch paper on blockchain interoperability // News Section. 2024.

© Биктимиров М.Р., 2024

А.А. ВОЛЬФ

aleksandrvoolf541@gmail.com

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доцент **В.Е. КЛАДОВ**

Уфимский университет науки и технологий

СИСТЕМЫ BAS

Аннотация: данная статья посвящена тому, что такое система Breach and Attack Simulation и в чем ее преимущество перед сканером уязвимостей или пентестом?

Ключевые слова: системы для анализа защищенности информационных систем; Breach and Attack Simulation; средства тестирования на проникновение.

В современном мире, когда цифровые технологии начинают играть все более важную роль, обеспечение кибербезопасности становится важнейшей задачей для любой организации. С каждым годом системы киберзащиты становятся все более сложными и комплексными, что требует от компаний постоянного совершенствования своих подходов к обеспечению информационной безопасности.

Одним из ключевых аспектов оптимизации процессов защиты в компании является повышение сложности самих систем кибербезопасности. Это включает в себя использование современных технологий и методов, таких как искусственный интеллект, машинное обучение, аналитика больших данных и другие. Такие подходы позволяют более эффективно выявлять и предотвращать кибератаки, а также быстро реагировать на инциденты безопасности.

Еще одним важным аспектом оптимизации процессов защиты является постоянный анализ самих процессов. Это включает в себя анализ эффективности существующих подходов, выявление слабых мест и разработку новых стратегий. Такой подход позволяет компаниям не только улучшить свою защиту, но и снизить затраты на обеспечение кибербезопасности.

Breach and Attack Simulation (BAS) – это системы моделирования кибератак, позволяющие в автоматическом режиме производить симуляции реальных взломов и атак на инфраструктуру. Эти системы воспроизводят последовательность вредоносных действий на всех стадиях цепочки угроз, используя актуальные техники и методы.

Основные преимущества Breach and Attack Simulation:

1. Автоматизация: BAS автоматически воспроизводит сценарии атак, что экономит время и ресурсы.

2. Реальные условия: Системы моделируют атаки в условиях, максимально приближенных к реальным, что позволяет проверять защиту на практике.

3. Неоднократное использование: Прогон симуляции можно использовать для различных целей, таких как обучение персонала, тестирование новых решений и оценка эффективности текущих мер безопасности.

4. Анализ уязвимостей: BAS выявляют слабые места в системе безопасности, что позволяет быстро их устранять.

5. Повышение осведомленности: Регулярные симуляции помогают персоналу лучше понимать угрозы и методы их предотвращения.

Процесс работы Breach and Attack Simulation включает следующие этапы:

1. Определение целей и сценариев: разрабатываются варианты атак, учитывающие определенные цели и угрозы.

2. Настройка системы: устанавливаются настройки симуляции, такие как тип атаки, использование различных инструментов и методов.

3. Запуск симуляции: BAS начинает воспроизведение сценария, автоматически выполняя все действия, предусмотренные атакой.

4. Анализ результатов: после завершения симуляции проводится анализ полученных данных, выявляются уязвимости и ошибки в системе безопасности.

5. Разработка рекомендаций: на основе анализа результатов формируются рекомендации по улучшению защиты, которые могут включать в себя внедрение новых технологий, обучение персонала и изменение процессов.

Таким образом, BAS предоставляют более полное и автоматизированное решение для анализа и оптимизации защиты контура безопасности, чем пентесты. В то время как пентесты выявляют конкретные уязвимости, BAS позволяют моделировать и тестировать широкий спектр потенциальных угроз, что делает их незаменимыми инструментами в арсенале любой компании, стремящейся к надежной защите своих информационных систем.

Основное отличие BAS от сканеров уязвимостей заключается в том, что сканеры уязвимостей проводят проверку предполагаемых потенциальных брешей, не проводя симуляцию и не запуская цепочку атак. В отличие от них, BAS воспроизводит последовательность вредоносных действий на всех стадиях цепочки атак, позволяя тестировать защиту в максимально приближенных к реальным условиям.

Для дополнительной безопасности заказчик может отделить определенные узлы и запустить симуляцию атаки лишь в одном сегменте. Это позволяет сделать риски для бизнеса минимальными, так как BAS проходит тестирование на такие риски и, по мнению экспертов, обеспечивает максимально безопасную работу.

Можно сказать, что пентесты, или тесты на проникновение, и BAS предлагают разные подходы к анализу безопасности информационной системы.

Пентесты позволяют выявить уязвимости, связанные с использованием известных хакерских техник, и определить возможные векторы атак. Однако они не всегда могут охватить всю инфраструктуру и не фокусируются на некоторых аспектах безопасности, таких как поиск файлов с паролями.

BAS, с другой стороны, может анализировать поведение пользователей и систем, выявлять аномалии и предсказывать потенциальные угрозы. Это позволяет более полно оценить безопасность информационной системы и выявить уязвимости, которые могут быть пропущены при использовании только пентестов.

Таким образом, пентесты и BAS можно использовать для более подробного анализа безопасности информационной системы, так как они дополняют друг друга.

В ряду уже работающих систем защиты BAS можно использовать как консультанта для проверки системы целиком, чтобы понять, насколько качественно и эффективно она выполняет свои функции. Этот инструмент предоставляет комплексную оценку безопасности, выявляя уязвимые места, а также анализируя эффективность текущих мер защиты.

Стоит отметить, что в будущем возможна интеграция с SOAR (Security Operations Analytics and Reporting), которая позволит проводить симуляции атак в инфраструктуре, что повысит ценность BAS. Система сможет автоматически блокировать или детектировать подобные атаки, а также развиваться в соответствии с текущими векторами угроз.

В будущем в симуляцию будут добавлены алгоритмы искусственного интеллекта (ИИ), которые позволят эффективнее развивать атаки, сфокусированные на определенных задачах, таких как кража документов или шифрования файлов. Это позволит симуляции более похожей на действия злоумышленников.

Некоторые решения могут пойти по пути фреймворка, где векторы проникновения можно будет сочетать друг с другом с применением ИИ. Это позволит создавать более сложные и реалистичные симуляции атак.

Важно отметить, что BAS не является заменой другим методам защиты, но может использоваться в дополнение к ним для повышения уровня безопасности компании.

Системы моделирования кибератак или представляют собой инструменты, которые позволяют автоматически симулировать реальные кибератаки на инфраструктуру компании. Они помогают выявить слабые места в системе защиты и процессах, усиливая их.

Эти решения обладают понятным интерфейсом и предоставляют детализированную отчетность, что делает их доступными для

использования без высокой квалификации. BAS рекомендуются заказчикам, которые обладают достаточным бюджетом и имеют зрелые внутренние процессы.

Рынок BAS только формируется, на нем нет жесткой конкуренция, и порог входа для малых компаний достаточно высок. Вендоры предлагают различные модели лицензирования, что делает эти системы доступными для различных компаний.

В России интерес к системам моделирования кибератак только начинает расти, и они становятся все более востребованными на рынке. В ближайшие годы ожидается, что BAS станут более доступными благодаря увеличению количества предложений.

Библиографический список

1. Системы BAS: комплексная симуляция кибератак на инфраструктуру. URL: https://www.anti-malware.ru/analytics/Technology_Analysis/Breach-and-Attack-Simulation#part2 (Дата обращения: 17.11.2024)
2. Аудит ИБ. URL: <http://auditib.ru/penetration-testing/> (Дата обращения: 17.11.2024).

© Вольф А.А., 2024

П.А. ВОРОБЬЕВ, Н.Р. ЗИЯТДИНОВ

paoloss@yandex.ru, z@narimanz.ru

Науч. руковод. – канд. юр. наук, доц. **И.С. ДАЯНОВ**

Уфимский университет науки и технологий

ОПАСНОСТЬ КРИТИЧЕСКИХ УЯЗВИМОСТЕЙ WINDOWS SERVER И СПОСОБЫ ИХ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ

Аннотация: в данной статье рассматривается вопрос изучения уязвимостей, которые позволяют злоумышленнику повышать свои привилегии в ходе продвижения по инфраструктуре сети, сложность проведения таких атак, тяжесть последствий после успешной компрометации серверов под управлением ОС Windows Server, а также способы, с помощью которых можно увидеть подозрительную активность.

Ключевые слова: повышение привилегий, контроллер домена, критическая уязвимость, корпоративные сети, уязвимости нулевого дня.

Уязвимости в операционных системах представляют собой значительную угрозу для безопасности информационной инфраструктуры организаций. Среди них особую опасность представляют уязвимости нулевого дня – слабые места в программном обеспечении, которые неизвестны разработчикам до момента их выявления и устранения. Эти уязвимости становятся идеальными способом реализации атаки для злоумышленников, так как они могут быть использованы для проведения атак, прежде чем вендор успеет разработать и выпустить обновление безопасности. В этом контексте защитные механизмы и своевременное обнаружение критических уязвимостей становятся ключевыми аспектами обеспечения кибербезопасности.

Windows Server, как одна из наиболее популярных платформ для управления корпоративными ресурсами и механизмами безопасности ввиду своей массовости и большого количества процессов, обеспечивающих работу организаций, остается одной из главных целей атаки. Одна из наиболее серьезных уязвимостей нулевого дня, привлекающая внимание экспертов по всему миру, это CVE-2020-1472, также известная как Zerologon. Эта уязвимость позволяет злоумышленнику с минимальными привилегиями получить полный контроль над контроллером домена, что делает ее особенно опасной для организаций. Понимание природы таких уязвимостей и эффективных методов их обнаружения – это первый шаг на пути к обеспечению безопасности корпоративных систем и предотвращению возможных атак.

Уязвимость была обнаружена в августе 2020 г. и стала самой критической в том году. Сразу после обнаружения ее как уязвимость в протоколе Netlogon ей был присвоен самый высокий рейтинг по шкале уязвимостей CVSS 10 баллов из 10 возможных, самой Microsoft пришлось выпускать срочный патч, а Министерство внутренней безопасности США в сентябре 2020 года дало 3 дня на исправление бага всем федеральным агентствам, угрожая в противном случае отключением от федеральных сетей.

Проблема заключается в использовании ненадежного метода генерации иницирующих векторов для алгоритма AES-CFB8. Под определенными условиями, когда иницирующий вектор состоит из нулевых байтов, шифрование и дешифрование могут приводить к предсказуемым результатам. Это открывает злоумышленнику путь для обхода механизмов аутентификации.

Суть уязвимости в том, что атакующий, отправляя специальные пакеты с нулевыми значениями в определенных полях, может воспользоваться слабостями криптографической реализации и пройти аутентификацию без знания реальных учетных данных. Такое успешное использование уязвимости позволяет получить привилегии и полный контроль над контроллером домена.

Для эксплуатации Zerologon злоумышленник должен иметь возможность установления сетевого соединения с контроллером домена, что обычно требует нахождения в корпоративной сети или удаленного доступа к ней. Используются порты RPC локатора TCP/135, динамический диапазон RPC и протокол SMB по порту TCP/445.

Опасность Zerologon очевидна из-за нескольких факторов. Атака может быть выполнена за считанные секунды и не требует сложных технических знаний или специализированных инструментов, что делает ее доступной для широкого круга злоумышленников. Успешная эксплуатация приводит к полной компрометации сети, так как атакующий получает контроль над всеми ресурсами, подключенными к доменной сети. Это включает доступ к важным данным, электронным письмам, базам данных и другим системам. Осложняет ситуацию и то, что атака использует легитимные протоколы и порты, что затрудняет ее обнаружение традиционными средствами мониторинга и защиты, позволяя злоумышленнику действовать незаметно.

Последствия успешной атаки Zerologon могут быть катастрофическими для организации: утечка конфиденциальной информации, финансовые убытки, остановка бизнес-процессов и значительный ущерб репутации. Существуют публичные инструменты и эксплойты, автоматизирующие процесс атаки, что увеличивает вероятность использования уязвимости даже начинающими хакерами. Однако для успешной атаки злоумышленнику нужен доступ к внутренней

сети или возможность подключения к контроллеру домена. Это обстоятельство ограничивает возможности внешней атаки, хотя при наличии других уязвимостей или скомпрометированных учетных данных злоумышленники могут получить необходимый доступ для использования Zerologon.

До сентября 2020 г. детали уязвимости не разглашались, и только тогда были опубликованы подробности о Zerologon голландской компанией Secura BV, после чего начали появляться PoC-эксплоиты.

Существует два основных способа проведения атаки: локальный и удаленный. Локальный предполагает проведение атаки непосредственно на домен-контроллере с использованием Mimikatz, который является популярным инструментом с открытым исходным кодом, используемый для тестирования и демонстрации уязвимостей безопасности, главным образом в системах Windows.

Сам Mimikatz был создан для легитимных целей, таких как тестирование на проникновение и повышение осведомленности о киберугрозах, однако часто его используют злоумышленники для проведения атак, включая атаки с повышением привилегий и движения по сети (lateral movement). В нашем случае достаточно использовать одну команду для сброса пароля, задействовав для этого встроенный модуль из функционала утилиты, после чего можно провести атаку DCSync, где снова будет задействована команда, где с пустым паролем от служебной учетной записи krbtgt осуществляется перехват NT хэша, после чего уже можно осуществить вход на контроллер домена по хэшу и осуществлять любые действия на контроллере домена, имея самые высокие (системные) права.

Вторым способом является удаленная атака, которая проводится с помощью эксплоита, находящимся в открытом доступе на сайте github и опубликованный пользователем risksense. В репозитории имеется скрипт для сброса пароля, а также подробное описание применения скрипта и дальнейшего развития атаки, включающее в себя команды для проведения атаки DCSync и дампа реестра. Поскольку первоначально скрипт разработан для легитимных действий в рамках тестирования инфраструктуры системными администраторами предприятиями или внешними аудиторами, то также предусмотрен скрипт для отката на оригинальный (ненулевой) пароль. Действия, которые необходимо совершить для проведения атаки также отличаются простотой как в случае с примером проведения атаки при помощи mimikatz. Для начала мы используем скрипт из репозитория под названием set_empty_pw.py, а далее обращаемся к встроенной в kali linux утилите с набором классов Python3 для работы с сетевыми протоколами, в первую очередь с AD. Здесь мы используем набор secretsdump для проведения атаки DCSync и вводим нулевой хэш, который есть в мануале с объяснением проведения данной

атаки, также вводим полное NetBIOS имя компьютера и его адрес, и после успешной реализации атаки мы получаем дамп всех NTLM хэшей учетных записей, которые есть в домене. После этого мы можем снова залогиниться по хэшу уже под максимальными правами и продвигаться в любом направлении.

Среди событий, возникающих при Zerologon можно выделить большое количество попыток по протоколу RPC_NETLOGON, где в конечном счете среди трафика будет событие со статусом STATUS_SUCCESS, а также можно отметить следующие системные события (event.id), появляющиеся при проведении атаки:

5805 – Не удалось выполнить проверку подлинности для сеанса компьютера «имя компьютера» (в случае удаленной атаки должно быть kali). Причина: отказано в доступе

5723 – Не удалось установить сеанс с компьютера «имя компьютера» (в случае локальной атаки должен быть mimikatz), так как указанная им доверительная учетная запись «имя аккаунта» отсутствует в базе данных.

Для детектирования на основе данных событий можно сделать следующее правила Sigma:

```
title: Обнаружение Эксплуатации CVE-2020-1472 (ZeroLogon)
status: stable
description: Обнаруживает попытки эксплуатации уязвимости CVE-2020-1472 (ZeroLogon) путем отслеживания событий изменения учетных записей компьютеров.
references:
  - https://cve.mitre.org/cgi-bin/cvename.cgi?name=CVE-2020-1472
  - https://msrc.microsoft.com/update-guide/vulnerability/CVE-2020-1472
author: Pavel Vorobev and Nariman Ziyatdinov
date: 2024-10-24
tags:
  - attack.t1210
  - attack.lateral-movement
logsource:
  service: system
  product: windows
detection:
  selection1:
    EventID:
      - 5805
      - 5723
  keywords:
    - kali
    - mimikatz
  selection2:
    condition: selection1 and keywords
level: critical
```

После этого для проверки работоспособности данного правила на развернутом домене под управлением Windows Server 2016 была проведена атака, однако в ходе ее проведения детектирование атаки данным правилом не произошло, так как работа скрипта предполагает подмену имени машины атакующего на имя домен-контроллера, а в примере правила взято типичное имя машины злоумышленника, которое в случае реальной атаки может отличаться.

В результате проведения работы мы исследовали что представляет из себя данная уязвимость, а также в ходе самостоятельного проведения атаки выделили проблематику Zerologon, заключающуюся в сложности его детектирования, поскольку многие события, которые генерируются при проведении атаки могут быть интерпретированы в качестве обычной работы сервера, в связи с чем способы детектирования требуют дальнейшего рассмотрения вопроса с применением не обычных «текстовых» правил, а поведенческого анализа

Библиографический список

1. Khawaja Gus Kali Linux: the Pentester Bible // St. Petersburg: St. Petersburg 2023 Series “For professionals” P. 23–73.
2. Ralf Hacker Active Directory through the eyes of a hacker // St. Petersburg: St. Petersburg 2021 P. 29–51.
3. Zerologon: уязвимость в протоколе Netlogon позволяет захватить контроллер домена. URL: <https://www.kaspersky.ru/blog/cve-2020-1472-domain-controller-vulnerability/29085/> (дата обращения: 06.11.2024).
4. Охота на Zerologon. URL: <https://habr.com/ru/companies/bizone/articles/526168/> (дата обращения: 08.11.2024).

© Воробьев П.А., Зиятдинов Н.Р., 2024

Л.Р. ГАФАРОВ, Н.А. ПЕРЕЛЫГИН, А.Ю. СЕНЦОВА

trzhp@mail.com

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доцент **А.Ю. СЕНЦОВА**

Уфимский университет науки и технологий

ПИРАТСТВО В КОМПЬЮТЕРНЫХ ИГРАХ И МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ОТ ПИРАТСТВА

Аннотация: статья посвящена анализу пиратства в индустрии компьютерных игр и методов защиты от него. Рассматриваются формы пиратства, его последствия для разработчиков и пользователей, а также современные способы борьбы с нарушением авторских прав, такие как DRM-системы, облачные технологии и подписочные модели. В работе также обсуждается влияние пиратства на финансовую устойчивость индустрии и ее развитие, а также возможности для улучшения защиты и минимизации негативных эффектов.

Ключевые слова: пиратство, компьютерные игры, защита от пиратства, DRM, цифровые права, облачные технологии, подписочные модели, интеллектуальная собственность, финансовые убытки, видеоигровая индустрия.

Введение

Пиратство в компьютерных играх – это незаконное копирование и распространение игр, нарушающее авторские права разработчиков. С развитием цифровых технологий и интернета доступ к пиратскому контенту стал проще, что привело к значительным финансовым потерям для индустрии и подрыву доверия к разработчикам. Методы защиты, такие как DRM, могут ограничивать права добросовестных пользователей, создавая дилемму между безопасностью продукта и удобством для аудитории. Цель статьи – рассмотреть проблему пиратства, методы защиты и их влияние на индустрию.

История пиратства

Пиратство в компьютерных играх существует с момента появления первых игр. В 1970–1980-е годы игры копировались на кассеты и дискеты, и защита от пиратства была примитивной. В 1990-е годы, с распространением CD-ROM, пиратство получило новый импульс. Хакеры начали взламывать игры, а разработчики внедряли защиту, как StarForce и SecuROM, но она быстро взламывалась. С появлением интернета в 2000-х годах пиратские копии стали еще доступнее через торренты. Разработчики начали использовать DRM-системы, однако многие из них также были взломаны. В ответ на пиратство, появились игры с антипиратскими

«шутками», например, Batman: Arkham Asylum. Современные методы защиты, такие как Denuvo, усложняют процесс взлома, но не гарантируют полную защиту. Новые бизнес-модели, такие как подписочные сервисы и облачные технологии, также помогают уменьшить пиратство. Борьба с пиратством остается гонкой между разработчиками и хакерами, но с развитием технологий методы защиты становятся более эффективными.

Методы пиратства

Пиратство в компьютерных играх основывается на незаконном доступе к играм, который эволюционировал с развитием технологий. На начальных этапах, когда игры распространялись на кассетах и дискетах, защита была минимальной, и игры легко копировались. В 1990-х годах пиратство приобрело масштаб благодаря клонированию CD-ROM дисков и использованию программ для копирования защищенных файлов. С появлением интернета игры стали доступными для скачивания через торрент-трекеры и файлообменники.

Для обхода защиты использовались "кряки" – программы, отключающие активацию или другие ограничения. Пиратские версии игр часто появлялись в день релиза, благодаря утечкам данных. В эпоху цифровой дистрибуции появились новые системы защиты, такие как DRM (например, Denuvo), но хакеры продолжают их взламывать. Современные методы пиратства включают шэринг-аккаунтов на платформах и использование эмуляторов для запуска консольных игр на ПК. Пиратство остается серьезной проблемой, несмотря на постоянные улучшения защиты.

Методы защиты от пиратства

Разработчики игр используют различные методы защиты от пиратства, включая технические и психологические подходы. Один из самых популярных – DRM-системы, такие как SecuROM и Denuvo, которые ограничивают копирование и запуск игр. Denuvo создает временное окно защиты, позволяя разработчикам получать прибыль в первые недели после релиза, несмотря на критику из-за снижения производительности. Также применяются уникальные ключи активации и постоянная онлайн-проверка лицензии, как в системе Ubisoft Always-On DRM. Облачные технологии, например, Google Stadia, делают пиратство практически невозможным.

Помимо этого, используются психологические методы, такие как антипиратские "ловушки" в играх, которые затрудняют прохождение пиратских версий. Сервисы вроде Xbox Game Pass и PlayStation Plus предлагают доступ к играм за подписку, что снижает мотивацию к пиратству. Эксклюзивные бонусы для легальных пользователей также делают покупку игр более привлекательной. Несмотря на это, пиратство не исчезает полностью, но методы защиты значительно усложняют его распространение.

Юридические аспекты

Пиратство в компьютерных играх угрожает интеллектуальной собственности и нарушает авторские права, охраняя игры как сложные произведения. Нарушение этих прав, включая незаконное копирование и распространение, может привести к административным или уголовным санкциям, например, в России – штрафам или лишению свободы. Для защиты прав используются лицензионные соглашения, хотя их применение осложняется международными спорами. Международные соглашения, такие как ТРИПС, помогают бороться с пиратством, но проблемы остаются, особенно из-за анонимности в интернете.

Важно сочетать юридическую защиту с доступностью и ценовой политикой на легальные игры. Компании активно отслеживают пиратские копии, блокируют сайты и подают иски к нарушителям, но хакеры продолжают находить обходные пути. Поэтому борьба с пиратством требует комплексного подхода, включающего улучшение законодательства и международное сотрудничество.

Плюсы и минусы защиты

Защита от пиратства в играх важна для индустрии, но вызывает споры из-за своей эффективности и влияния на пользователей. Плюсы включают предотвращение финансовых потерь, улучшение продаж и поддержание честности в онлайн-играх. Облачные технологии, например, делают пиратство практически невозможным.

Однако защита может снижать производительность, вызывать проблемы для легальных пользователей, например, при активации или технических сбоях, и ограничивать их права на продукт. DRM-системы также вызывают протесты из-за ограничений на использование игры. Несмотря на защиту, пиратские копии продолжают появляться, что делает борьбу с пиратством бесконечной.

Влияние на индустрию

Пиратство в игровой индустрии имеет как отрицательные, так и положительные последствия. Финансовые потери для разработчиков, особенно в первые недели после релиза, – одно из самых значительных последствий. Пиратские копии ухудшают многопользовательские игры, вызывая проблемы с читерством и снижая лояльность пользователей.

Однако пиратство может также способствовать популяризации игр, особенно для независимых разработчиков. Оно действует как бесплатный маркетинг, привлекая внимание к игре, что может привести к ее легальной покупке. Кроме того, пиратские версии могут стать основой для моддинга и создания контента, что расширяет игру.

В ответ на пиратство разработчики используют цифровые платформы, такие как Steam, и сервисы подписки, такие как Xbox Game Pass, которые делают игры доступнее и снижают потребность в пиратских копиях.

Будущее защиты от пиратства

Будущее защиты от пиратства в играх будет связано с развитием технологий и изменением бизнес-моделей. Ожидается улучшение систем защиты, таких как DRM, с использованием машинного обучения и ИИ для борьбы с пиратскими копиями. Облачные сервисы, такие как Stadia и GeForce Now, усложнят пиратство, так как игры будут запускаться с серверов, а не с локальных устройств.

Разработчики также будут активнее использовать подписочные модели, такие как Xbox Game Pass, чтобы сделать пиратство менее привлекательным. Модели «фритуплей» с микротранзакциями могут снизить потребность в борьбе с пиратами, так как прибыль будет генерироваться через онлайн-сервисы.

Будущая защита будет ориентирована на минимизацию неудобств для легальных пользователей, улучшая системы активации и авторизации. Важным элементом станет также развитие международных правовых механизмов для эффективной борьбы с пиратством. С изменением общественного мнения, растет поддержка легальных способов покупки игр, что также поможет бороться с пиратством.

Заключение

Пиратство в компьютерных играх продолжает оставаться серьезной проблемой для разработчиков и издателей, оказывая значительное влияние на финансовые результаты и развитие индустрии в целом. В то же время оно стало катализатором для создания новых технологий защиты, изменений в бизнес-моделях и улучшения пользовательского опыта. Современные методы борьбы с пиратством, включая DRM-системы, облачные сервисы и подписочные модели, направлены на создание более безопасной и доступной среды для игроков, минимизируя при этом риски для легальных пользователей.

Будущее защиты от пиратства, скорее всего, будет связано с развитием новых технологий, правовых механизмов и инновационных моделей распространения, которые будут направлены на достижение баланса между эффективностью защиты и комфортом для пользователей. При этом важно помнить, что пиратство – это не только угроза, но и возможность для индустрии развиваться и адаптироваться к новым условиям. В конечном итоге, успешная борьба с пиратством зависит от способности разработчиков, правозащитников и общества работать вместе, создавая условия для поддержания справедливости и устойчивости в цифровом мире.

Библиографический список

1. McKenzie, A. (2012). *Digital Piracy and the Video Game Industry: A Study of Copyright Infringement in the Digital Age*. Cambridge University Press.

2. Smith R., & Robertson, D. (2015). *The Economics of Piracy in Digital Media*. Springer.
3. Anderson C. (2013). The Pirate Paradox: How Piracy Can Help Video Games Thrive. *Journal of Digital Media and Policy*, 4(2), 45–60.
4. Stallard, B. (2017). Video Game Piracy and Its Impact on the Industry. *Journal of Media Economics*, 30(3), 189–201.
5. Howells, R., & Baker, S. (2019). Digital Rights Management: The Battle Between Content Creators and Pirates. *Harvard Journal of Law and Technology*, 32(1), 65–88.
6. United States Copyright Office. (2019). *Copyright and Piracy in the Digital Age: Policy Implications for Digital Content Industries*. Washington, D.C.
7. Fischer E., & Nair, S. (2020). Game Over: An Analysis of Piracy in the Gaming Industry and Future Directions. *International Journal of Media Studies*, 25(4), 109–126.
8. Gallagher B. (2018). Piracy and DRM in the Age of Cloud Gaming. *Technology and Law Review*, 40(2), 234–251.
9. Vail J., & Carney L. (2014). Protecting Intellectual Property in the Digital Age: An Examination of DRM Systems in Video Games. *Journal of Intellectual Property Law*, 23(2), 235–256.
10. Vinay G. (2022). Pirates and Gamers: A Sociocultural Analysis of Piracy in the Gaming World. *Journal of Game Studies*, 18(3), 142–158.

© Гафаров Л.П., 2024

Д.В. ГИМАЛОВ

gimalov.danil@yandex.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, проф. **А.М. ВУЛЬФИН**

Уфимский университет науки и технологий

ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ В ОБЛАСТИ ЗАЩИТЫ ОБЛАЧНЫХ ХРАНИЛИЩ

Аннотация: в статье рассмотрены актуальные вопросы обеспечения безопасности облачных хранилищ. Проведен анализ современных угроз, описаны методы защиты данных и их применения. Особое внимание уделено перспективным технологиям, таким как гомоморфное шифрование и Zero Trust Architecture. Представлены рекомендации для пользователей и провайдеров облачных услуг с целью минимизации рисков утечек информации.

Ключевые слова: облачные хранилища; шифрование; кибератаки; управление доступом; защита данных; безопасность информации.

Введение

Облачные хранилища стали важным инструментом для хранения, обработки и передачи данных. Популярность облачных сервисов растет благодаря их удобству, масштабируемости и экономической эффективности. Однако с увеличением объема данных, хранящихся в облаке, резко возрастает число кибератак. По данным аналитического агентства Gartner, ежегодный рост числа угроз облачным сервисам составляет около 15 %.

Одним из крупнейших инцидентов стала утечка данных сервиса Dropbox в 2016 году, когда были скомпрометированы учетные записи более 68 миллионов пользователей. Этот случай демонстрирует необходимость комплексной защиты облачных хранилищ. Цель данной статьи – раскрыть современные проблемы безопасности и предложить пути их решения.

1. Современные угрозы безопасности облачных хранилищ

Облачные хранилища уязвимы как для внешних, так и для внутренних угроз. Основные типы атак включают следующее.

1.1. Атаки на учетные данные. Фишинг, брутфорс, утечка паролей и уязвимости в системах аутентификации приводят к компрометации учетных записей. Например, в 2021 г. атака на Microsoft Exchange Server была вызвана использованием слабых паролей администраторов.

1.2. Уязвимости API. Неправильно настроенные API открывают доступ к данным для злоумышленников. Например, использование устаревших или слабо защищенных методов аутентификации.

1.3. Вектор атак через гипервизоры. Гипервизоры, обеспечивающие виртуализацию облачных серверов, являются ключевыми точками безопасности. Атаки на гипервизоры могут нарушить работу множества виртуальных машин.

1.4. Недостатки в защите данных на клиентской стороне. Пользователи, загружающие данные без шифрования, либо хранящие незашифрованные данные локально, становятся легкой целью для атак.

2. Технические меры защиты облачных хранилищ

2.1. Шифрование данных

1) Энд-то-энд шифрование. Этот метод гарантирует, что данные остаются зашифрованными от клиента до сервера. Даже если злоумышленник получит доступ к серверу, он не сможет прочитать данные. Примером является использование технологии Secure Multiparty Computation.

2) Управление ключами шифрования (KMS). Организации должны самостоятельно управлять ключами шифрования или использовать гибридные модели, чтобы минимизировать риски компрометации со стороны провайдера.

2.2. Разделение ответственности. Важным аспектом является разделение зон ответственности между провайдером и клиентом:

1) провайдеры обязаны защищать физическую инфраструктуру, гипервизоры и программное обеспечение.

2) пользователи должны контролировать доступ к данным, шифрование и управление учетными записями.

2.3. Интеграция Zero Trust Architecture. Zero Trust подход предполагает отказ от доверия к внутренним и внешним пользователям. Каждая транзакция проверяется независимо, что снижает вероятность утечки данных при компрометации учетных записей.

2.4. Мониторинг и аналитика. Использование SIEM-систем, таких как Splunk или IBM QRadar, позволяет отслеживать аномалии в поведении пользователей, выявлять утечки и предотвращать атаки.

3. Организационные меры защиты

3.1. Обучение персонала. По данным Verizon, более 80 % утечек данных связаны с человеческими ошибками. Обучение сотрудников помогает минимизировать вероятность успешных фишинг-атак и других социальных манипуляций.

3.2. Разработка политик безопасности. Включает следующие аспекты:

1) регулярное изменение паролей.

2) использование многофакторной аутентификации.

3) ограничение доступа к данным только необходимым пользователям.

3.3. Проведение аудитов и тестов на проникновение. Аудиты помогают выявить уязвимости в инфраструктуре до их использования злоумышленниками.

3.4. Резервное копирование и восстановление данных. Резервное копирование защищает от потери данных в случае атак типа ransomware или других инцидентов.

4. Перспективы развития технологий защиты

4.1. Гомоморфное шифрование. Эта технология позволяет производить вычисления над зашифрованными данными без их расшифровки. Например, медицинские данные могут анализироваться без доступа к их содержимому.

4.2. Квантовая криптография. Использование квантовых алгоритмов для шифрования данных исключает возможность их перехвата в процессе передачи.

4.3. Машинное обучение для безопасности. Алгоритмы машинного обучения используются для прогнозирования атак, анализа логов и выявления аномалий в реальном времени

Заключение

Облачные технологии продолжают развиваться, и вместе с этим растут угрозы их безопасности. Современные методы защиты данных должны включать сочетание технических, организационных и технологических мер. Внедрение гомоморфного шифрования, Zero Trust и систем машинного обучения станет основой будущих решений в области защиты данных.

Библиографический список

1. Архипенков С. Хранилища данных. От концепции до внедрения / С. Архипенков, Д. Голубев, О. Максименко. М.: Диалог-МИФИ, 2002. 528 с.
2. Громов Ю.Ю. Основы информационной безопасности: учебное пособие / Ю.Ю. Громов. Старый Оскол: Тонкие наукоемкие технологии, 2021. 380 с.
3. Бирюков А.А. Информационная безопасность, защита и нападение / А.А. Бирюков. М.: ДМК Пресс, 2017. 434 с.
4. Картер Д. Облачные технологии. Практическое руководство по созданию инновационных приложений / Д. Картер. Нью-Йорк: IT Security Press, 2020. 212 с.

© Гималов Д.В., 2024

А.Д. МИНАЕВА, Е.А. ГРИГОРЬЕВ, И.С. ЕФИМОВ
am20016@bk.ru, egor.ufa.rb@mail.ru, efimov903@mail.ru
Науч. руковод. – д-р техн. наук, проф. **А.М. ВУЛЬФИН**

Уфимский университет науки и технологий

МЕТОДЫ ОБНАРУЖЕНИЯ С2 АТАК. АНАЛИЗ ТРАФИКА С2

Аннотация: в данной статье рассматриваются атаки управления и контроля (С2), в частности, методы их обнаружения. Также описывается этап подготовки и анализа набора данных С2 трафика для дальнейшего использования при разработке систем защиты от подобных атак.

Ключевые слова: анализ трафика, С2, обнаружение атак, управление и контроль, набор данных, информационная безопасность, уязвимости.

Введение

В современном мире информационные технологии играют ключевую роль в жизни общества. Они используются в различных сферах деятельности, от бизнеса до государственного управления. Однако вместе с ростом зависимости от информационных технологий растет и риск кибератак, которые могут привести к серьезным последствиям.

Одной из наиболее опасных угроз являются атаки типа С2 (*Command and Control*), которые позволяют злоумышленникам контролировать зараженные компьютеры и использовать их для своих целей. В этой статье мы рассмотрим методы обнаружения атак типа С2 и анализ трафика, связанного с ними.

Актуальность темы обусловлена тем, что атаки типа С2 представляют собой серьезную угрозу для информационной безопасности организаций и частных лиц. Они могут использоваться для распространения вредоносного ПО, кражи данных, шпионажа и других противоправных действий. Поэтому важно понимать, как работают эти атаки и как их можно обнаружить и предотвратить.

Обнаружение и предотвращение С2 атак

Под инфраструктурой управления и контроля, также известной как С2, или С&С понимаются методы, которые киберпреступники используют для связи с взломанными системами и управления ими. После получения первоначального доступа злоумышленники используют каналы С2 для отправки команд, распространения вредоносного ПО, кражи данных или проведения дальнейших атак.

Для эффективного выявления и предотвращения С2-атак необходим комплексный подход. Организации должны внедрять различные инструменты и методы безопасности, включая анализ сетевого трафика,

поведенческую аналитику, защиту конечных устройств, оценку угроз и контроль доступа.

Анализ сетевого трафика: один из самых эффективных способов обнаружения активности C2 – это анализ сетевого трафика. Такие инструменты безопасности, как системы обнаружения и предотвращения вторжений (IDS), могут отслеживать сетевой трафик на предмет подозрительных закономерностей и аномалий, указывающих на наличие активности C2. Например, IDS могут обнаружить, когда система взаимодействует с подозрительным доменом или когда зашифрованный трафик направляется в необычное место назначения. Эти инструменты также могут блокировать трафик C2 и предотвращать взаимодействие злоумышленника с взломанной системой.

Поведенческий анализ: еще один подход к обнаружению C2 – это поведенческая аналитика. Она предполагает мониторинг поведения систем для выявления подозрительной активности. Например, если система внезапно начинает отправлять большие объемы данных в неизвестное место назначения, это может быть признаком активности C2. Инструменты безопасности могут отслеживать поведение системы и оповещать о необычной активности.

Защита конечных устройств: обнаружение C2-серверов также можно осуществить с помощью решений для защиты конечных устройств. Эти решения могут выявлять наличие вредоносного ПО в системе и определять, когда это ПО взаимодействует с C2-сервером. Решения для защиты конечных устройств также могут предотвращать запуск вредоносного ПО в системе, тем самым препятствуя взаимодействию с C2-сервером.

Анализ угроз: анализ угроз также можно использовать для обнаружения и предотвращения активности C2. Каналы анализа угроз могут предоставлять информацию о известных серверах и доменах C2, что позволяет организациям блокировать трафик, направляющийся на эти адреса. Анализ угроз также может предоставлять информацию о новых и возникающих угрозах, помогая организациям опережать новейшие методы C2.

Контроль доступа: еще один способ предотвращения C2 – это контроль доступа. Внедряя строгий контроль доступа, организации могут предотвратить доступ злоумышленников к системам. Например, двухфакторная аутентификация может предотвратить доступ злоумышленников к системе, даже если они узнали пароль пользователя. Аналогичным образом, строгие правила использования паролей могут затруднить злоумышленникам подбор или взлом паролей.

Анализ C2 трафика

Для анализа C2 трафика необходим набор данных. В свободных источниках были найдены несколько открытых наборов данных – это NSL-

KDD, KDD CUP, DARPA и ВН-KSU23. Наиболее подходящим оказался набор данных ВН-KSU23, потому что он наиболее свежий (был выпущен в 2023 году), предлагает более точное представление о трафике С2 с более высоким соотношением вредоносного и безопасного трафика и без дублирующихся или пустых записей.

Набор данных содержит в себе 76 признаков. Для их анализа были использованы библиотеки языка Python, позволяющие создать график важности признаков для определения наилучших критериев разделения для создания эффективной модели дерева решений в дальнейшем.

Для лучшего анализа трафика стоит использовать примерно одинаковое количество доброкачественных и злокачественных данных. Чтобы убедиться, что количество наблюдений в наборе данных примерно равно была проведена категоризация, результат которой, представлен на рис. 1. Из графика видно, что количество доброкачественного и злокачественного трафика находится в примерно равном количестве.

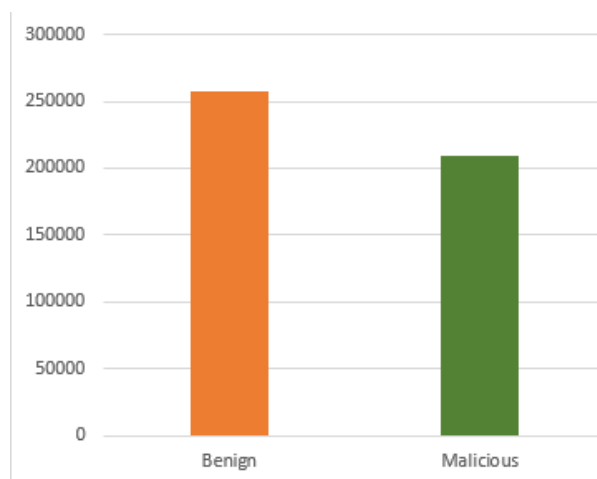


Рис. 1. График категоризации данных

Далее с помощью индекса Джинни были определены наилучшие критерии разделения признаков. На основе этих критериев был построен график важности признаков.

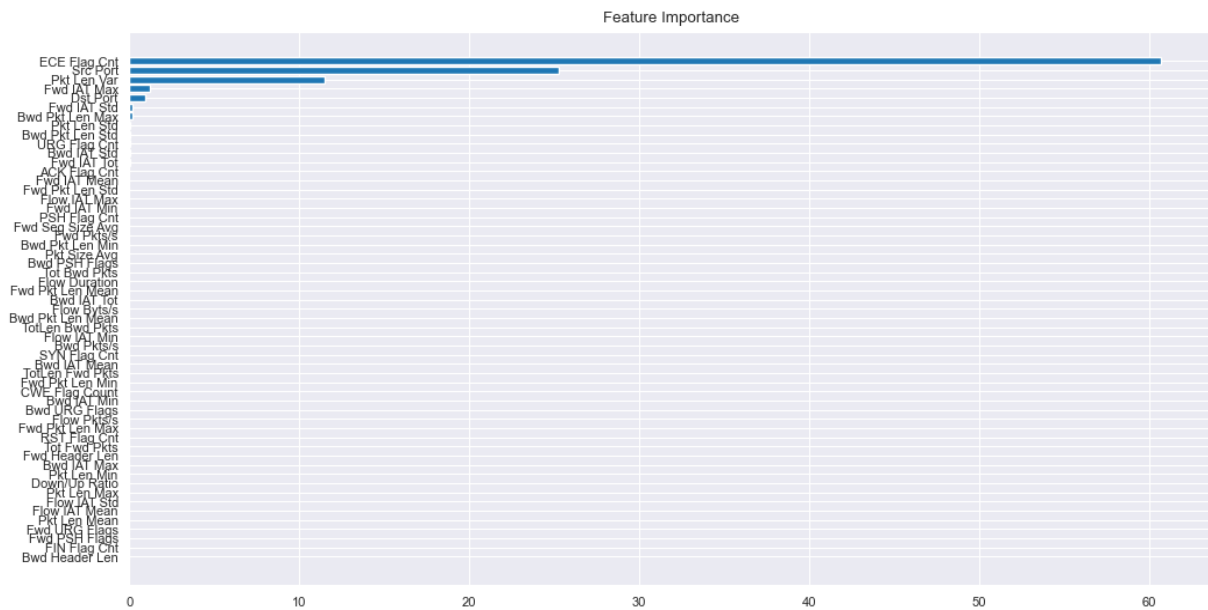


Рис. 2. График важности признаков

На графике видно, что большинство данных можно отбросить, так как они не влияют на принятие решения о доброкачественном и злокачественном трафике. Так же было принято решение пока исключить признаки «*ECE Flag Count*» (количество флагов ECE) и «*Source Port*» (порт источника). Однако, стоит обратить внимание на признак под названием «*Packet Length Variance*» (разница в длине пакета). Даже на первый взгляд, не используя программный код, была выявлена закономерность в изменении длины пакета отправителем и получателем в злокачественном трафике.

0.0	Malicious
199129.7143	Malicious
0.0	Malicious
199218.2679	Malicious
0.0	Malicious
199166.5714	Malicious
0.0	Malicious
199218.2679	Malicious
0.0	Malicious
199166.5714	Malicious
0.0	Malicious
199129.7143	Malicious
0.0	Malicious
199129.7143	Malicious
0.0	Malicious
199129.7143	Malicious
0.0	Malicious
199166.5714	Malicious

Рис. 3. Пример злокачественных данных признака «Packet Length Variance»

Предположительно, подобная закономерность в разнице длины пакета соответствует атаке типа «Ботнет», когда сеть «зомби»-машин используют для общей цели.

Таким образом, С2 атаки на данный момент все еще являются существенной проблемой и для их обнаружения необходимо разрабатывать новые методы. В будущем планируется дальнейшая работа с данными, в частности, их анализ с помощью дерева принятия решений, для последующего обучения нейронной сети и разработки системы обнаружения С2 атак в трафике.

Библиографический список

1. «Red Team Tutorial: Design and setup of C2 traffic redirectors» // 2021: [Электронный ресурс]. URL: <https://ditrizna.medium.com/design-and-setup-of-c2-traffic-redirectors-ec3c11bd227d/> (дата обращения: 17.11.2024).
2. Pranav H, Suryaа E, Venugopalan Manju Comprehensive C2 Analysis and Anomaly Detection in HTTP Traffic: A MongoDB-Based Approach // International Conference on Advances in Computing, Communication and Applied Informatics (ACCAI). 2024. Т. 1, № 2. С. 1–6.
3. Tojjeva Feruza, Khamdamov Utkir Machine Learning Algorithms Analysis for Network Traffic Classification // Электронный научный журнал «Потомки Аль-Фаргани» Ферганского филиала ТАТУ имени Мухаммада аль-Хоразми ISSN 2181-4252. 2024. Т. 1, № 2. С. 2–5.

4. Кононов В.В. TO USE OF AI IN SYSTEMS FOR IN-DEPTH ANALYSIS OF NETWORK TRAFFIC // Международный научный журнал «ВЕСТНИК НАУКИ». 2023. Т. 5, № 2. С. 3–6.

5. Казачкин Д.С, Гамаюнов Д.Ю. Network traffic analysis optimization for signature-based IDS // Proceedings of the Spring/Summer Young Researchers' Colloquium on Software Engineering. 2020. Т. 1, № 2. С. 3–4.

© Минаева А.Д., Григорьев Е.А., Ефимов И.С., 2024

К.С. ДУНЮШКИНА

ksdynushkina@gmail.com

Науч. руковод. – д-р техн. наук., проф. **И.В. МАШКИНА**

Уфимский университет науки и технологий

АНАЛИЗ СРЕДСТВ ГИПЕРВИЗОРНОЙ ВИРТУАЛИЗАЦИИ РОССИЙСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Аннотация: в статье представлен анализ современных средств гипервизорной виртуализации, разработанных в России. Рассматриваются ключевые технологии и решения, используемые для создания и управления виртуальными машинами, а также их применение в различных отраслях, включая информационную безопасность, облачные вычисления и центры обработки данных.

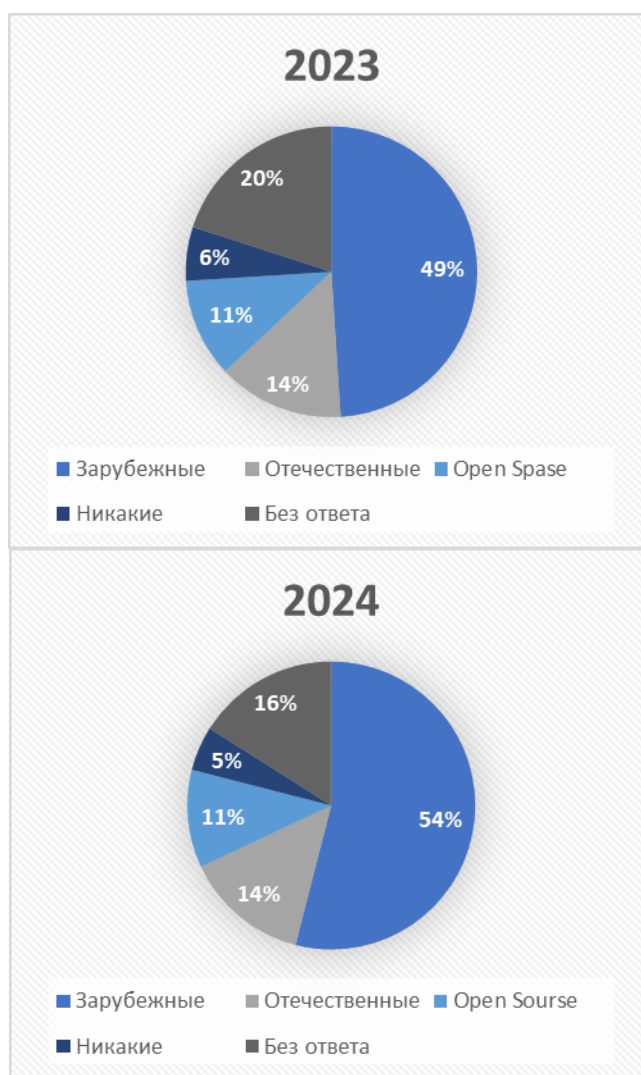
Ключевые слова: гипервизорная виртуализация, анализ, отечественное ПО, IT-решения, информационная безопасность, отечественные разработки.

За последние несколько лет виртуализация стала одним из основных направлений в области информационных технологий, данная технология позволяет обеспечивать эффективное использование ресурсов и гибкость в управлении IT-инфраструктурой. В частности, гипервизорная виртуализация позволяет пользователю создать несколько виртуальных машин и управлять ими на одном физическом сервере, что способствует упрощению администрирования и значительной оптимизации эксплуатационных расходов. В современных условиях глобальной цифровизации, а также стремительного роста киберугроз, вопросы независимости и безопасности различных IT-решений становятся все более актуальными.

Российская индустрия программного обеспечения быстро развивается и разрабатывает собственные решения в области гипервизорной виртуализации, что способствует повышению уровня безопасности, а также позволяет снизить зависимость от зарубежных технологий. В данной статье будет проведен анализ уже существующих средств гипервизорной виртуализации отечественной разработки.

На представленных ниже диаграммах 1 и 2 приведен сравнительный анализ применения систем виртуализации в России в 2023 и 2024 гг. по данным Anti-Malware.ru - информационная безопасность.

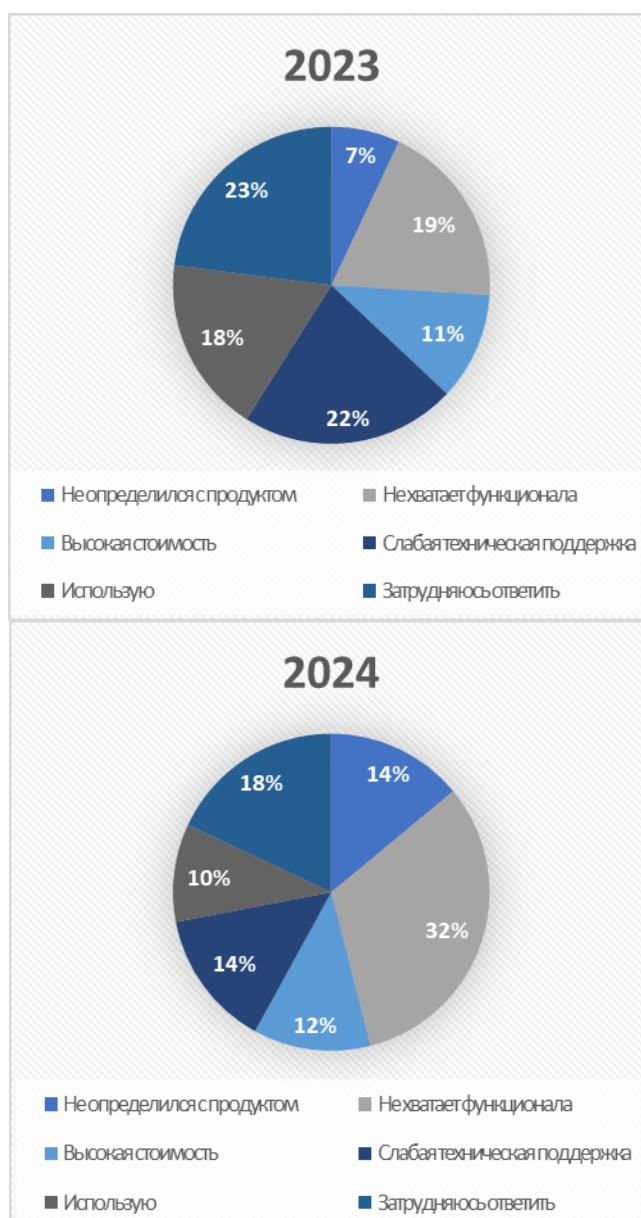
В соответствии с представленными данными, можно сказать о том, что применение зарубежных технологий незначительно увеличилось, при этом использование отечественных разработок и открытого исходного кода осталось неизменным.



Диаграммы 1 и 2. Сравнительный анализ применения систем виртуализации в России в 2023 и 2024 гг.

Эксперты связывают это с тем, что нет полного доверия к разработкам отечественного происхождения, при этом не все продукты были полностью протестированы. Именно поэтому российские разработчики в 2023–2024 гг. посвятили большое количество времени тестированию и изучению новых продуктов.

На следующих диаграммах 3 и 4 представлен анализ проблематики перехода на отечественные системы виртуализации за тот же временной период по данным Anti-Malware.ru - информационная безопасность.



Диаграммы 3 и 4. Анализ проблематики перехода на отечественные системы виртуализации за 2023–2024 гг.

В основе гипервизирной виртуализации лежит принцип абстрагирования аппаратного обеспечения физической машины от программного обеспечения, которое используется на данной машине. На рис. 1 представлена схема виртуализации серверных ресурсов на базе гипервизора.

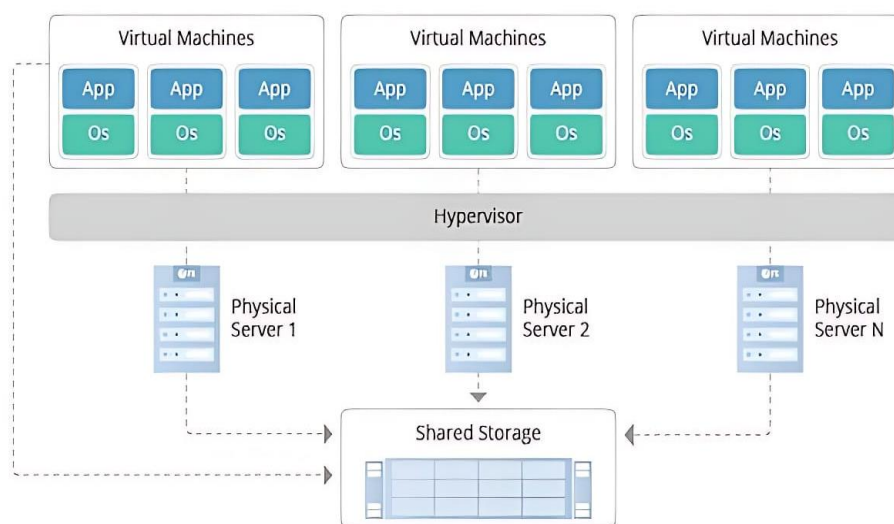


Рис. 1. Схема виртуализации серверных ресурсов на базе гипервизора

Гипервизорная виртуализация широко применяется в различных сферах деятельности благодаря свойствам оптимизации использования ресурсов, повышения гибкости и обеспечения доступности, как свойства безопасности ИТ-инфраструктуры. Рассмотрим подробнее основные области применения гипервизорной виртуализации.

1. Данная технология является основой облачных платформ, с ее помощью провайдеры создают и управляют виртуальными машинами. При этом пользователям открывается возможность масштабирования своих ресурсов в зависимости от потребностей.

2. Разработчики и эксперты используют гипервизоры для создания изолированных сред, с помощью которых можно проводить тестирование различных приложений и обновлений без риска повреждения основной системы. При этом технология позволяет запускать потенциально небезопасные приложения в отдельной среде.

3. При помощи гипервизорной виртуализации можно объединить несколько физических серверов в один виртуальный, что позволит снизить затраты и оптимизировать использование ресурсов.

4. Гипервизоры позволяют динамически распределить рабочие нагрузки между виртуальными машинами, это позволяет оптимизировать производительность, что упрощает управление и мониторинг систем.

5. Технология позволяет создавать резервные копии виртуальных машин и быстро восстанавливать их данные в случае сбоя или потери.

6. С помощью гипервизоров реализуются технологии виртуальных десктопов (VDI) – пользователи могут получить доступ к своим рабочим столам из любой точки мира.

7. С развитием IoT – гипервизоры используются для управления и обработки данных с множества устройств, при этом обеспечивая эффективное распределение ресурсов и безопасность.

Далее мы рассмотрим некоторые основные средства гипервизорной виртуализации, разработанные в России, их функциональные возможности, архитектурные особенности и применение, а также гипервизор KVM, на базе которого разрабатывались решения.

Клиентская виртуализация на базе KVM (Kernel-Based Virtual Machine) – техническое решение, встроенное в ядро Linux, которое позволяет использовать его как гипервизор и запускать несколько виртуальных машин на одном физическом сервере.

KVM состоит из нескольких основных компонентов:

1. Ядро Linux – используется для управления виртуальными машинами. Это позволяет технологии эффективно использовать ресурсы системы и обеспечивать высокую производительность и безопасность.

2. Модули ядра, включающие два основных модуля:

– Kvm.ko – является основным модулем и представляет собой интерфейс для управления виртуальными машинами.

– Kvm-intel.ko или kvm-adm.ko – модули, специфичные для процессоров Intel или ADM, которые обеспечивают поддержку аппаратной виртуализации.

3. QEMU – технология KVM чаще всего используется в сочетании с QEMU(Quick Emulator), он представляет собой эмуляцию аппаратного обеспечения и управления виртуальными машинами. Технологии могут функционировать как совместно с KVM так и без него, но при совместной работе обеспечивается гораздо лучшая производительность.

4. Гостевые операционные системы.

5. Различные управляющие инструменты.

6. Менеджер виртуальных машин (VMM) – управление жизненным циклом виртуальных машин.

На рис. 2 представлена общая архитектура гипервизора KVM.

Основными характеристиками гипервизора являются:

- аппаратная виртуализация;
- поддержка различных операционных систем;
- гибкость и масштабируемость;
- изоляция и безопасность;
- поддержка сетевых технологий;
- управление ресурсами.

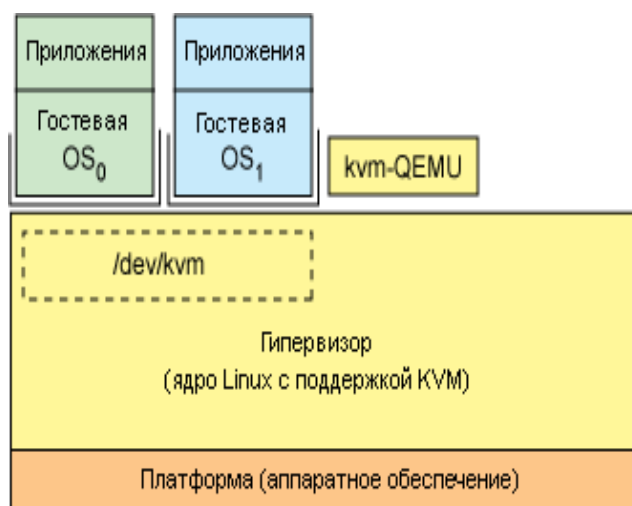


Рис. 2. Общая архитектура гипервизора KVM

На рис. 3 представлен сравнительный анализ российских платформ виртуализации.

Производитель	Платформа виртуализации	Платформа виртуализации, на основе которой разрабатывалось решение	Гипервизор	№ сертификата отечественного ПО	Мак. Количество ВМ	Мак. Количество хостов	стоимость
Базис	Базис Dynamix Enterprise	QEMU KVM vCore	Собственная разработка оркестрации + vCore + QEMU KVM	№5379	200000	1000	По запросу
Orion soft	zVirt	KVM	oVirt	№20033	4 000	400	Средняя
Нума Технологии	Numa vServer	XEN	XEN + XAPI + свои разработки	№13854	2 400	64	Средняя
vStack	vStack HCP	vStack hypervisor (based on bhyve)	OS FreeBSD + ZFS + собственные разработки	№11995	4 000	400	Средняя
ДАКОМ М	SpaceVM	KVM	KVM + oVirt + openUDS + свои доработки	№6487	Без ограничений	Без ограничений	Низкая
РЕД СОФТ	РЕД Виртуализация	KVM	oVirt	№6929	4 000	250	Средняя
НТЦ ИТ РОСА	ROSA Virtualization	KVM	oVirt	№5091	4 000	400	Средняя
Инновационный Центр "Баррикады"	Горизонт-ВС	KVM	KVM + QEMU + libvirt + Scylla + Consul + Prometheus + Ansible + VUE.JS + Nginx	№3723	4 000	400	Средняя
Selectel	Частное облако Selectel	QEMU KVM	OpenStack + KVM + QEMU + libvirt + собственные разработки с поддержкой обратной совместимости	№9884	200 000	1000	Низкая

Рис. 3. Сравнительный анализ платформ виртуализации

Таким образом, средства гипервизорной виртуализации российского производства широко применяются в различных отраслях, включая государственный сектор, финансовые и образовательные учреждения. Анализ российских продуктов показал, что отечественные решения могут конкурировать с зарубежными аналогами. В настоящее время остро стоит потребность независимости ИТ – решений, именно поэтому российские разработки имеют все шансы занять значительную долю рынка виртуализации.

Библиографический список:

1. Официальный сайт компании Anti-Malware.ru. Информационная безопасность для профессионалов.. URL: <https://www.anti-malware.ru/> (дата обращения: 11.11.2024).
2. Реестр программного обеспечения // Единый реестр российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных. URL: https://reestr.digital.gov.ru/reestr/?tab=registry_active&PROD_NAME=&PROD_REESTR_NUM=&CLASSIFIER=31&PROD_CLASS%5B0%5D=154757&OWNER_NAME=&OWNER_INN=&OWNER_STATUS=&PROD_DES_NUM=&PROD_DES_DATE=&REQ_REG_NUM=&REQ_REG_DATE=&PAGE_N=1&PAGE_S=100 (дата обращения: 13.11.2024).
3. Официальный сайт компании «РЕД Виртуализация». URL: <https://redos.red-soft.ru/product/red-virtualizatsiya/> (дата обращения: 11.11.2024).
4. Официальный сайт компании «Numa vServer Нума Тех». URL: <https://numatech.ru/products/vserver/> (дата обращения: 11.11.2024).
5. Официальный сайт компании «Orion soft – российская ИТ-компания, разработчик ПО». URL: <https://www.orionsoft.ru/> (дата обращения: 13.11.2024).
6. Официальный сайт компании «НТЦ ИТ РОСА». URL: <https://rosa.ru/> (дата обращения: 13.11.2024).

© Дунюшкина К.С., 2024

А.Д. ЕРОШКИН

aderoshkin2005@gmail.com

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доцент, **Н.В. КУЧКАРОВА**

Уфимский университет науки и технологий

РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА КВАНТОВОГО ГЕНЕРАТОРА ПАРОЛЕЙ

Аннотация: в представленной работе проведен анализ современных генераторов паролей. Предложен прототип квантового генератора паролей, который использует принципы квантовой физики для создания действительно случайных паролей. Работа содержит реализацию программного кода генератора на языке Q# с описанием принципов его работы.

Ключевые слова: генератор паролей; генератор псевдослучайных чисел; квантовый компьютер; кубит; квантовый генератор паролей.

В современном мире обеспечение безопасности данных является одной из главных задач в области информационной безопасности (ИБ). Пользователи стремятся защитить свою личную информацию от посторонних глаз, и, хотя многие не знают о различных методах защиты, создание надежного пароля стало общепринятой практикой. Однако зачастую пользователи связывают свои пароли с определенными датами или именами, что делает их уязвимыми. Согласно данным ресурса kaspersky.ru, 45 % из 193 миллионов проанализированных паролей могут быть взломаны за одну минуту, 59 % – за час, 67 % – менее чем за месяц, и лишь 23 % паролей можно считать стойкими, так как их взлом займет более года. Для решения проблемы создания сложных паролей часто используются генераторы паролей.

Генератор паролей – это программное или аппаратное устройство, позволяющее создавать уникальные пароли путем случайного сочетания цифр, символов, заглавных и строчных букв. Для обеспечения случайности генерируемых символов применяются генераторы псевдослучайных чисел (ГПСЧ), которые используют математические методы и алгоритмы, такие как линейный конгруэнтный метод, метод Фибоначчи с задержками, регистр сдвига с линейной обратной связью и другие. Эти генераторы должны обеспечивать создание паролей, устойчивых к различным методам взлома, включая атаки по словарю и атаки с использованием радужных таблиц. Однако они также имеют уязвимости, такие как:

- предсказуемая последовательность генерируемых чисел;
- предсказуемое начальное значение генератора;

– короткий период генерируемой последовательности случайных чисел, после которого генератор начинает зацикливаться.

Эти уязвимости могут быть использованы злоумышленниками для атак на криптографические системы, обеспечивающие безопасность информационных систем (ИС). Поэтому разработка генератора по-настоящему случайных паролей становится важной и актуальной задачей, решение которой повысит уровень безопасности данных в ИС.

Для достижения настоящей физической случайности при генерации паролей предлагается использовать свойства квантовой физики. Квантовый компьютер – это вычислительное устройство, использующее явления квантовой механики для передачи и обработки данных. Основное отличие квантовых компьютеров от традиционных, использующих транзисторы, заключается в способе работы с данными. Обычные устройства, от смартфонов до суперкомпьютеров, хранят информацию в битах, которые могут принимать только два значения: 0 или 1.

Квантовый компьютер, в отличие от этого, способен создавать истинно случайные числа благодаря свойству кубитов: их измерение в состоянии суперпозиции является вероятностным процессом. Результат измерения оказывается случайным, и его невозможно предсказать. Это ключевой принцип работы генераторов квантовых случайных чисел. Кубит – это единица квантовой информации, которая может находиться в суперпозиции. При измерении кубит может принимать два состояния: 0 или 1. Это свойство будет использовано в нашем квантовом генераторе паролей, обеспечивая необходимую случайность.

В данной работе представлен прототип квантового генератора паролей, способного генерировать действительно случайные пароли. Код программы написан на языке программирования Q#, с использованием внутренних библиотек, разработанных компанией Microsoft. В качестве компилятора применяется пакет Visual Studio Code. Q# является высокоуровневым языком программирования, который позволяет внедрять квантовые алгоритмы в код, и в нашем случае используется команда для создания единицы кубита.

Алгоритм работы прототипа квантового генератора состоит из 3-х этапов:

- на первом этапе будет представлена квантовая генерация кубитов:
 - фундаментом кода послужит создание кубитов, через основное слово `use`. Этим словом выделяется кубит, находящийся в состоянии 0;
 - далее с помощью операции `H` кубит помещается в равную суперпозицию, то есть он находится в состоянии как 0, так и 1;
 - операция `M` используется для измерения кубита, возвращения значения либо 0 или 1
 - операция `Reset` нужна для сброса кубита обратно в состояние 0.

При каждом новом выводе будет отображаться уникальный результат, что и является особенностью квантового генератора паролей, значения всегда случайные и их невозможно предугадать. Часть кода программы, описывающая первый этап, представлена на рис. 1.

```
operation GeneratorBitov() : Result { // Функция по созданию битов
    use q = Qubit(); // Создание кубита
    H(q); // Ставим кубит в суперпозицию
    let otvet = M(q); // Измеряем значение кубита
    Reset(q); // Сбрасываем его значение
    return otvet; // Выводим ответ
}
```

Рис. 1. Квантовая генерация кубитов

На втором этапе будет показан алгоритм квантового генератора чисел. Он состоит из следующих подэтапов:

- создание массива, для хранения последовательности битов;
- измерение количества битов, необходимых для создания максимального числа, вводимого пользователем с клавиатуры с помощью встроенной функции BitSizeI;
- запуск цикла, направленного на заполнение массива битами до заданного значения;
- перевод массива в десятичное число с использованием функции ResultArrayAsInt;
- далее, перед выводом числа необходимо проверить соответствует ли оно допустимому значению.

Фрагмент кода, который описывает алгоритм квантового генератора чисел, показан на рис. 2.

```
operation GeneratorChisel(max : Int) : Int { // Функция по созданию чисел
    mutable bits = []; // Создаем массив, в котором будут храниться цепочка битов
    let count = BitSizeI(max); // Измеряем длину макс числа
    for i in 1..count {
        | set bits += [GeneratorBitov()]; // Создаем цикл, задача которого заполнять массив битами
    }
    let chislo = ResultArrayAsInt(bits); // Переводим массив в десятичное число
    return chislo > max ? GeneratorChisel(max) | chislo; // Возвращаем число если оно не больше макс числа
}
```

Рис. 2. Квантовый генератор чисел

На заключительном 3 этапе непосредственно происходит квантовая генерация пароля:

- задается длина пароля;
- создается массив случайных чисел;
- создается переменная, где будет генерироваться пароль;
- запускается цикл, который заполняет созданный массив числами;

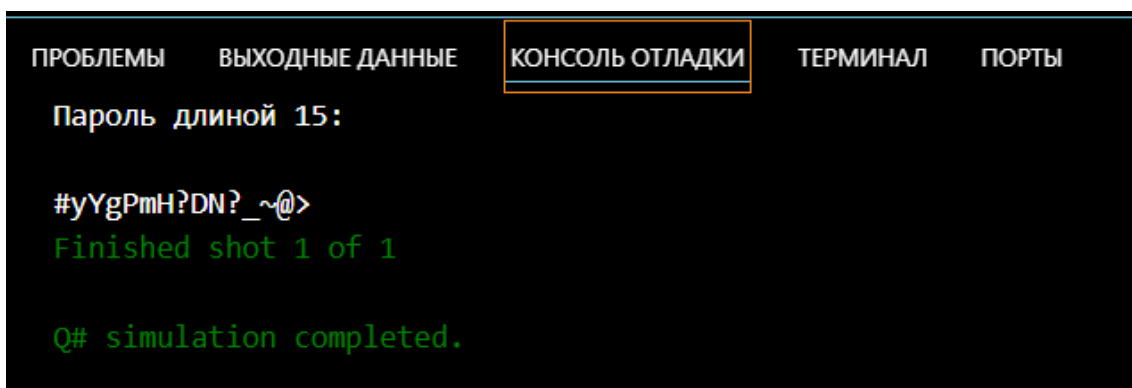
– в конечной операции числа массива будут преобразовываться согласно таблице ASCII, тем самым генерируя пароль.

Заключительная часть, описывающая квантовую генерацию пароля, показана на рис. 3.

```
operation password(max : Int) : String{ // Генерация пароля
  let dlina = 15; // Длина пароля
  mutable b = []; // Массив наших чисел
  mutable c = ""; // Переменная где и будет наш пароль
  for ind in 1..dlina{
    | set b += ["{GeneratorChisel(max)}"] //Цикл который заполняет массив числами
  }
  for i in 0..dlina-1{ ...
  } // Процесс присваивания каждому числу его символа по таблице ASCII
  return c
}
```

Рис. 3. Квантовый генератор паролей

При каждом новом запуске программы пароль будет всегда новый. Конечный результат кода продемонстрирован на рис. 4.



```
ПРОБЛЕМЫ  ВЫХОДНЫЕ ДАННЫЕ  КОНСОЛЬ ОТЛАДКИ  ТЕРМИНАЛ  ПОРТЫ
Пароль длиной 15:
#yYgPmH?DN?_~@>
Finished shot 1 of 1
Q# simulation completed.
```

Рис. 4. Результат программы

В представленной работе проведен анализ уязвимостей, используемых в настоящее время, генераторов паролей, который показал наличие такой проблемы как отсутствие случайности у таких генераторов. Для решения обозначенной проблемы был предложен прототип квантового генератора паролей в виде программного продукта, написанного на языке Q#. Дальнейшие исследования в данной области будут направлены на усовершенствование представленного ПО с целью упрощения работы с ним специалистов по информационной безопасности.

Библиографический список

1. Habr: русскоязычный веб-сайт в формате системы тематических коллективных блогов. URL: <https://habr.com/ru/companies/microsoft/articles/351622/> (дата обращения: 11.11.2024).

2. Microsoft: компания, специализирующаяся на производстве программного обеспечения. URL: <https://learn.microsoft.com/ru-ru/azure/quantum/qsharp-overview> (дата обращения: 10.11.2024).

3. FreeCodeCamp: образовательная платформа с онлайн курсами по программированию. URL: <https://www.freecodecamp.org/news/an-introduction-to-q-64beaff53a00/> (дата обращения: 17.11.2024).

4. GitHub: облачная платформа для хостинга IT-проектов и совместной разработки. URL: <https://github.com/microsoft/qsharp> (дата обращения: 19.10.2023).

© Ерошкин А.Д., 2024

А.С. ЕМЕЛЕВ, Р.Р. САБИТОВ, А.Ю. СЕНЦОВА

aemelev@aemelev.ru, rusya.sabitov.03@mail.ru, sentsova.alina@yandex.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доцент. **А.Ю. СЕНЦОВА**

Уфимский университет науки и технологий

ОБЗОР СТАНДАРТА МЕХАНИЗМА ИНКАПСУЛЯЦИИ КЛЮЧЕЙ НА ОСНОВЕ МОДУЛЬНОЙ РЕШЕТКИ FIPS 203

Аннотация: в статье рассматривается алгоритм работы стандарт механизма инкапсуляции ключей на основе модульной решетки FIPS 203, его особенности и преимущества, приводится сравнение с другими используемыми алгоритмами для формирования общего ключа.

Ключевые слова: квантовый компьютер, постквантовая криптография, стандарт, FIPS, Key Encapsulation Mechanism.

Введение

За последние годы было проведено множество исследований в области квантовых компьютеров, которые используют возможности квантовой механики для решения сложных задач, недоступных традиционным компьютерам. Создание масштабных квантовых машин может подрвать безопасность и конфиденциальность современных криптографических систем с открытым ключом, а также нарушить целостность информации и безопасность информационных систем.

Постквантовая криптография направлена на разработку методов защиты, устойчивых как к классическим, так и к квантовым вычислениям, при этом сохраняя совместимость с существующими сетевыми протоколами. Это включает в себя создание новых алгоритмов шифрования, которые будут устойчивы к атакам с использованием квантовых компьютеров.

Сроки появления крупных квантовых компьютеров остаются неопределенными. Ранее существовали сомнения в возможности их реализации, но сейчас это рассматривается как инженерная задача.

На разработку современной криптографической инфраструктуры с открытым ключом ушло около двух десятилетий. Учитывая этот опыт, подготовка к угрозам квантовых технологий должна начаться уже сейчас. Важно не только разрабатывать новые алгоритмы, но и внедрять их в существующие системы, чтобы обеспечить их устойчивость к будущим угрозам.

Таким образом, подготовка к угрозам квантовых технологий должна стать приоритетной задачей для всех организаций, работающих с конфиденциальными данными. Только так можно будет обеспечить их безопасность и защиту в будущем.

В 2016 г. Национальным институтом стандартов и технологий был объявлен конкурс для отбора алгоритмов, которые будут устойчивы как к атакам классических компьютеров, так и атак с использованием квантовых компьютеров, а 13 августа 2024 года были опубликованы три федеральных стандарта обработки информации (FIPS):

- FIPS 203 – стандарт механизма инкапсуляции ключей на основе модульной решетки (на основе CRYSTALS-Kyber). Алгоритм CRYSTALS-Kyber использует методы криптографии, основанные на решении задач теории решеток, время решения которых не отличается на обычных и квантовых компьютерах;

- FIPS 204 – стандарт цифровой подписи на основе модульной решетки (на основе CRYSTALS-Dilithium), который как и CRYSTALS-Kyber базируется на теории решеток;

- FIPS 205 – стандарт цифровой подписи на основе хэша без сохранения состояния (на основе Sphincs+). Sphincs+ отстает от CRYSTALS-Dilithium по размеру подписей и скорости работы, но базируется на совершенно иных математических принципах, т. е. останется эффективен в случае компрометации алгоритмов на основе теории решеток.

Стандарт FIPS 203 разработан для генерации общего секретного ключа, применяемого в симметричных криптографических алгоритмах для обеспечения шифрования и аутентификации. Процесс основан на использовании набора алгоритмов, которые дают возможность двум сторонам безопасно согласовать общий ключ через открытый канал связи.

Ключевое преимущество FIPS 203 заключается в его способности обеспечить высокую степень безопасности даже при обмене данными через потенциально ненадежные каналы. Это достигается благодаря использованию современных криптографических методов, которые минимизируют вероятность компрометации общего ключа.

В стандарте описывается механизм инкапсуляции ключей (КЕМ), называемый ML-КЕМ, безопасность которого обеспечивается вычислительной сложностью задачи модульного обучения с ошибками (MLWE). Для ML-КЕМ определены три параметра: ML-КЕМ-512, ML-КЕМ-768 и ML-КЕМ-1024. Эти параметры различаются по степени надежности и производительности: чем выше надежность, тем ниже производительность.

Описание процесса

КЕМ состоит из трех алгоритмов и комплекта наборов параметров. Вот эти три алгоритма:

- вероятностный алгоритм генерации ключей «KeyGen», который генерирует пару из закрытого и открытого ключа, размер ключей зависит от выбранного набора параметров ML-КЕМ;

– вероятностный алгоритм инкапсуляции «Encaps», создающий зашифрованный текст из открытого ключа и добавляющий шум, для увеличения сложности дешифровки №

– детерминированный алгоритм декапсулирования «Decaps», расшифровывающий зашифрованный текст с помощью закрытого ключа и восстанавливающая общий ключ. Функция учитывает шум и устраняет его с помощью закрытого ключа.

Наборы параметров предназначены для нахождения оптимального баланса между уровнем безопасности и производительностью. Каждый набор включает определенные числовые значения, соответствующие параметрам, необходимым для работы трех алгоритмов.

В стандартном сценарии использования КЕМ применяется для установления общего секретного ключа между двумя сторонами, условно называемыми Алисой и Бобом, как это показано на рис. 1. Процесс начинается с того, что Алиса выполняет алгоритм «KeyGen», чтобы сгенерировать пару ключей: открытый ключ для инкапсуляции и закрытый ключ для декапсуляции.

Получив от Алисы открытый ключ инкапсуляции, Боб выполняет алгоритм «Encaps». В результате этого шага он создает свою копию общего секретного ключа K , а также генерирует связанный с ним зашифрованный текст. Затем Боб отправляет этот зашифрованный текст обратно Алисе. На следующем этапе Алиса запускает алгоритм «Decaps», используя свой закрытый ключ декапсуляции и полученный зашифрованный текст. Итогом этого шага становится создание копии K' общего секретного ключа у Алисы.

После завершения всех операций Алиса и Боб могут убедиться, что их значения K и K' совпадают и представляют собой безопасный, случайно сгенерированный общий секретный ключ. Этот ключ теперь может использоваться для дальнейших криптографических операций.

В процессе создания ключа по публичной сети передается только ключ инкапсуляции и зашифрованный текст, который и формируется из ключа инкапсуляции. Однако злоумышленник не сможет сформировать тот же общий секретный ключ из-за случайного шума, создаваемого в функции «Encaps», а Алиса, расшифровав зашифрованный текст с помощью ключа декапсуляции, и восстановит общий секретный ключ.

Дополнительно злоумышленник сталкивается и с математической сложностью функций «Encaps» и «Decaps», которые опираются на сложность MLWE.

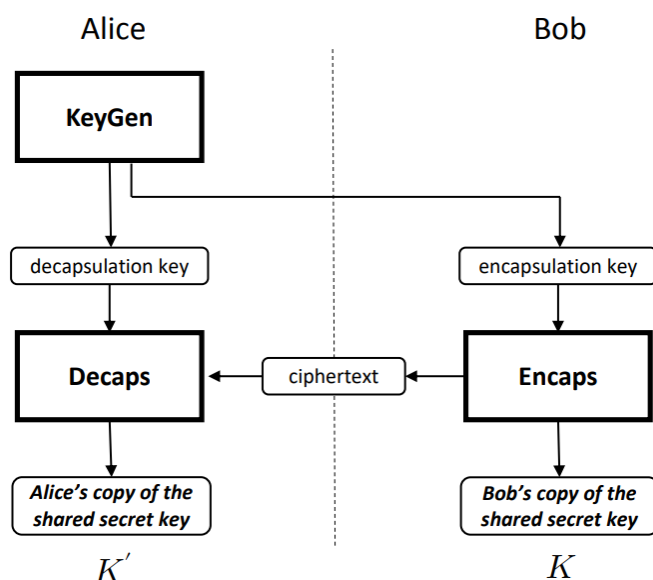


Рис. 1. Простой вид обмена ключей с использованием КЕМ

Сравнение текущих алгоритмов с ML-KEM

В стандарте приводится три набора параметров для разных категорий безопасности (табл. 1). NIST рекомендует использовать ML-KEM-768 как основной набор параметров из-за соотношения безопасности/эффективности.

Таблица 1

Размеры (в байтах) ключей и зашифрованных текстов в ML-KEM

Наборы параметров	Ключ инкапсуляции / Открытый ключ	Ключ декапсуляции / Закрытый ключ	Зашифрованный текст	Общий секретный ключ
ML-KEM-512	800	1632	768	32
ML-KEM-768	1184	2400	1088	32
ML-KEM-1024	1568	3168	1568	32

В табл. 2 приводится сравнение схожих по категориям безопасности алгоритмов.

Таблица 2

Сравнение (в байтах) ML-KEM-512 с RSA-4096, DH-Group 16, ECDH-Group 20

Характеристика	ML-KEM-512	RSA-4096	DH-Group 16 (4096 бита)	ECDH-Group 20 (384 бита)
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
Открытый ключ (байт)	800	512	—	—

1	2	3	4	5
Закрытый ключ (байт)	1632	1024	–	–
Зашифрованный текст (байт)	768	512	–	–
Общий секретный ключ (байт)	32	512	512	384
Объем данных передающихся через сеть (байт)	1568	1024	2048	96
Требования к памяти	Высокие (10-100 КБ)	Средние (1-2 КБ)	Низкие (0.5-1 КБ)	Средние (1-2 КБ)
Нагрузка на ЦП	Высокая (сложные операции с решетками)	Средняя (операции с большими числами)	Средняя (операции с большими числами)	Низкая (операции с эллиптическими кривыми)
Постквантовая безопасность	+	–	–	–

RSA-4096 требует значительных вычислительных ресурсов и большого объема данных, но остается одним из самых защищенных алгоритмов.

DN-Group 16 (4096 бит) имеет среднюю нагрузку на ЦП и большой объем данных для передачи по сети.

ECDH-Group 20 (384 бита) является наиболее эффективным по памяти и вычислениям, а также требует наименьший объем данных для передачи.

ML-KEM-512 имеет наибольшие требования к памяти и нагрузку на ЦП, но это необходимая плата за постквантовую безопасность.

Проблемы стандарта FIPS 203

Одной из ключевых сложностей является высокая вычислительная нагрузка, связанная с использованием модульных решеток. Алгоритмы «Encaps» и «Decaps» требуют значительных ресурсов центрального процессора, поскольку операции с модульными решетками намного сложнее, чем с числами или эллиптическими кривыми, используемыми в классических криптографических алгоритмах. Это приводит к увеличению времени обработки данных, что может оказаться критичным для систем реального времени.

Кроме того, значительные требования к памяти для хранения ключей и зашифрованных текстов ограничивают широкое использование стандарта в устройствах с низкими вычислительными ресурсами, таких как IoT-устройства и мобильные гаджеты. Например, объем данных для ML-КЕМ существенно больше по сравнению с RSA или ECDH, что затрудняет его применение в сетях с низкой пропускной способностью.

Другим важным аспектом является сложность интеграции новых алгоритмов в существующую криптографическую инфраструктуру. Миграция с традиционных систем на постквантовые решения требует обновления программного и аппаратного обеспечения, что связано с дополнительными затратами. Многие организации могут столкнуться с трудностями при адаптации своих систем к новым стандартам, особенно если их инфраструктура построена на устаревших технологиях.

Перспективы стандарта FIPS 203

Несмотря на указанные ограничения, перспективы стандарта FIPS 203 весьма обнадеживающие. Его безопасность основана на одной из самых надежных математических задач – модульном обучении с ошибками (MLWE). Эта задача считается устойчивой как к атакам классических компьютеров, так и к квантовым, что делает ее важным инструментом для защиты данных в долгосрочной перспективе.

Кроме того, развитие аппаратных технологий, таких как специализированные процессоры для работы с модульными решетками, может значительно снизить вычислительную нагрузку. Такие процессоры уже разрабатываются ведущими мировыми компаниями, и в ближайшие годы их массовое производство сделает стандарт FIPS 203 более доступным и эффективным.

Важным направлением является оптимизация алгоритмов ML-КЕМ. Исследователи уже работают над улучшением их производительности без потери безопасности. Это включает в себя уменьшение размера ключей и зашифрованных текстов, что снизит требования к памяти и сети.

Таким образом, несмотря на текущие проблемы, стандарт FIPS 203 обладает огромным потенциалом и станет важной частью будущей криптографической инфраструктуры. Решение текущих технических ограничений и развитие технологий обеспечат его успешное использование в эпоху квантовых вычислений.

Библиографический список

1. National Institute of Standards and Technology FIPS 203, Module-Lattice-Based Key-Encapsulation Mechanism Standard / National Institute of Standards and Technology [Электронный ресурс] // National Institute of Standards and Technology: [сайт]. URL: <https://csrc.nist.gov/pubs/fips/203/final> (дата обращения: 19.11.2024).

2. Size considerations for public and private keys / [Электронный ресурс] // IBM : [сайт]. URL: <https://www.ibm.com/docs/en/zos/2.4.0?topic=certificates-size-considerations-public-private-keys> (дата обращения: 19.11.2024).

3. Avanzi R, Bos J, Ducas L, Kiltz E, Lepoint T, Lyubashevsky V, Schanck JM, Schwabe P, Seiler G, Stehlé D (2020) CRYSTALS-Kyber algorithm specifications and supporting documentation, Third-round submission to the NIST's post-quantum cryptography standardization process. / Avanzi R, Bos J, Ducas L, Kiltz E, Lepoint T, Lyubashevsky V, Schanck JM, Schwabe P, Seiler G, Stehlé D [Электронный ресурс] // NIS: [сайт]. URL: <https://csrc.nist.gov/Projects/post-quantum-cryptography/post-quantum-cryptography-standardization/round-3-submissions> (дата обращения: 19.11.2024).

© Емелев А.С., Сабитов Р.Р., Сенцова А.Ю., 2024

Е.Д. КОНДРОВ, А.М. ЛУГМАНОВ, А.Ю. СЕНЦОВА

egor.kondrov@gmail.com, lugmanovartur@gmail.com,

sentsova.alina@yandex.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. **А.Ю. СЕНЦОВА**

Уфимский университет науки и технологий

ЦИФРОВИЗАЦИЯ ТРАНСФОРМАЦИИ ПРЕДПРИЯТИЙ: СУЩНОСТЬ И ПРОБЛЕМЫ В СОВРЕМЕННОЙ ЭКОНОМИКЕ

Аннотация: в статье изучено определение «цифровой трансформации» в контексте преобразования работы организации в условиях современных тенденций экономики. Определены сложности в реализации цифровых решений трансформации, даны рекомендации по их решению и внедрению в существующую систему организации.

Ключевые слова: цифровизация предприятий; информационные технологии; информационная безопасность; бизнес-процесс; конкурентоспособность; проблемы цифровизации.

Понятие и суть цифровизации

Одним из ключевых факторов стремительного роста в условиях рыночной конкуренции стала успешная трансформация бизнес-процессов в цифровое пространство. Оно представляет собой введение современных технологий в ключевые сферы предприятий для увеличения эффективности, а за счет этого и конкурентоспособности, увеличения доли в своей нише, расширение в новые сферы деятельности. Те, кто не смог построить адаптированную, либо полностью перестроенную систему благодаря инновациям, чаще всего подвержены регрессу и потере позиций на рынке.

Внедрение искусственного интеллекта в той или иной форме, перенос вычислений в облачные решения, автоматизация вначале рутинных, а после и более специализированных задач, способно усовершенствовать, предлагаемые организацией, выпускаемые продукты и услуги, оптимизировать затраты, трансформировать систему управления организации в целом. В связи с этим возникают сложности внедрения в виде: безопасность данных, затраты на расширение технологической инфраструктуры, подготовка штата сотрудников.

Цифровая трансформация – всесторонний процесс. Он касается не просто установки нового программного обеспечения, он требует пересмотра уже действующих процессов, порой даже отлаженных. Корпоративная культура, методология взаимодействия с клиентами и

партнерами, процесс труда сотрудников должны быть проанализированы и адаптированы под требования цифровизации для

Цифровая трансформация – это не просто внедрение новых технологий, а комплексное изменение бизнес-моделей и процессов. Она затрагивает организационную культуру, методы работы и взаимодействия с клиентами. Ключевая цель цифровизации заключается в придании для клиентов дополнительной пользы от организации.

Интеграция цифровых технологий дает возможность: [1]

1. Оптимизировать процессы, увеличить эффективность труда;
2. Углубить коммуникацию с клиентами: персонифицированные и таргетированные предложения повышают уровень позитивного окружения организации;
3. Развивать новые продукты и услуги: анализ данных открывает возможности для инноваций;
4. Ускорять принятие решений: доступ к актуальной информации способствует более обоснованному управлению.

Проблемы цифровой трансформации предприятий

Несмотря на преимущества, существует ряд проблем при осуществлении цифровизации:

1. Недостаток квалифицированного персонала: нехватка специалистов может остановить процесс внедрения технологий, либо побудить к привлечению некачественного аутсорсинга;
2. Финансовые затраты: инвестиции для модернизации могут быть труднодоступны малому бизнесу;
3. Сопротивление сотрудников: необходимость повышения компетенций, профессиональной переподготовки могут приводить к намеренному саботажу модернизации, появлению корпоративных луддитов;
4. Риски информационной безопасности: увеличение технологической инфраструктуры и объемов данных, обрабатываемых в ней, повышает угрозу кибератак и утечек информации;

Для минимизации влияния данных проблемных факторов необходим системный подход, реализующий разработку ясной стратегии цифровой трансформации, активное управление изменениями, в том числе в профессиональных компетенциях штата сотрудников. Также внимание должно быть сконцентрировано на обеспечении информационной безопасности [4].

Рекомендации по цифровой трансформации предприятий

Для успешного внедрения цифровизации предлагаются рекомендации: [2]

1. Разработать стратегию модернизации: определение цели и приоритетных направлений;

2. Инвестировать в персонал: стимулирование профессионального роста и выделение средств на обучение;
3. Постепенное внедрение технологии: реализация в пилотных проектах, оценка эффективности и расширение масштабов применения;
4. Информационная безопасность: использование достаточных мер защиты от утечек и угроз;
5. Сотрудничать с внешними партнерами: использование опыта других компаний и доступных программ поддержки.

Перспективы и будущее цифровой трансформации

По мере ускорения развития информационных технологий, возможности цифровизации будут расширяться. Компании, способные своевременно адаптироваться, станут лидерами в своих отраслях. Важный аспект в этом заключается в готовности к постоянному обучению и поиску инноваций. [3]

Цифровая трансформация приводит к созданию новых экосистем и взаимодействий между бизнесом, клиентами и государством. Она открывает новые рынки и возможности повышения эффективности, а также обеспечивает общий рост экономики.

Заключение

Цифровая трансформация является ключевым элементом развития современного бизнеса. Оно предоставляет возможности для повышения эффективности, улучшения качества продуктов и услуг, создания новых бизнес-моделей. Несмотря на ресурсные и кадровые проблемы, предприятия, инвестировавшие в цифровизацию, добились значительных выгод и укрепили свои позиции на рынке.

Государственная поддержка и сотрудничество между бизнесом, образовательными учреждениями и отраслевыми организациями играют важную роль в успешной цифровой трансформации. В будущем цифровизация станет еще более важной, и предприятия должны готовиться к постоянным изменениям и инновациям, чтобы обеспечить свой долгосрочный успех.

Библиографический список

1. Исупова Д.Д. Цифровая трансформация и ее роль для предприятия / Д.Д. Исупова, В.В. Шиндрова // Инновации, логистика, менеджмент в современной бизнес-среде: материалы IV международной научно-практической конференции, Саратов, 27 мая 2021 г. / Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю.А. Саратов: Общество с ограниченной ответственностью «Институт научных исследований и развития профессиональных компетенций», 2021. С. 97–99. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47211048> (дата обращения: 14.09.2024). Текст: электронный.

2. Кириченко Д.А. Цифровая трансформация: влияние на деятельность современного предприятия / Д.А. Кириченко // Академический вестник Ростовского филиала Российской таможенной академии. 2019. № 4 (37). С. 55–59. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=42680615> (дата обращения: 13.09.2024). Текст: электронный.

3. Кондратьева Я.Э. Проблемы цифровой трансформации предприятия / Я.Э. Кондратьева // XXXIII Международные Плехановские чтения: сборник статей студентов, Москва, 08-10 июня 2020 г. Т. 3. М.: Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, 2020. С. 25–30. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44665218> (дата обращения: 14.09.2024). Текст: электронный.

4. Левицкая Л.А. Проблемы цифровой трансформации предприятия и организации / Л.А. Левицкая, Л.С. Антонова // XXXIII Международные Плехановские чтения: сборник статей студентов, Москва, 08-10 июня 2020 года. Т. 3. М.: Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, 2020. С. 35–38. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44665719> (дата обращения: 13.09.2024). Текст: электронный.

© Кондров Е.Д., Лугманов А.М., Сенцова А.Ю., 2024

ФОРМИРОВАНИЕ НАБОРА ДАННЫХ НА ОСНОВЕ НАБОРА VEREMІ ДЛЯ СИСТЕМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ ВТОРЖЕНИЙ В СИСТЕМАХ V2X

Аннотация: современные транспортные системы переживают значительные трансформации в результате внедрения технологий V2X. С увеличением «подключенных автомобилей» возникает необходимость в повышении уровня кибербезопасности данных систем. В данной статье рассматриваются необходимость внедрения систем обнаружения вторжений, а также обзор существующих наборов данных, и формирование набора VeReMi.

Ключевые слова: обнаружение вторжений; набор данных; V2X; подключенный автомобиль.

Современные транспортные системы переживают значительные изменения благодаря внедрению технологий Vehicle-to-Everything (V2X), которые обеспечивают взаимодействие транспортных средств (ТС) с дорожной инфраструктурой, другими ТС и пешеходами. Эти системы обеспечивают улучшение безопасности дорожного движения, улучшение трафика движения и оптимизацию маршрутов. Тем не менее, с ростом «подключенных автомобилей» возникает необходимость в обеспечении их безопасности от кибератак, которые могут угрожать как отдельным участникам дорожного движения, так и общей инфраструктуре [1].

Атаки на V2X-системы могут варьироваться от подмены сообщений, которыми транспортные средства обмениваются между собой, до распространения дезинформации о дорожной обстановке, что может привести к серьезным последствиям, включая нарушения безопасности дорожного движения. Инциденты с киберугрозами, подчеркивают необходимость внедрения надежных систем обнаружения вторжений (Intrusion Detection Systems, IDS), которые способны идентифицировать и предотвращать такие атаки [2].

Системы IDS базируются на анализе данных о поведении сети и пользовательской активности, что делает обработанные наборы данных важным пунктом, для успешного функционирования и обучения систем обнаружения вторжений.

Обзор существующих наборов данных

N-BaIoT (Network Behavior Analysis for Internet of Things) – набор данных, который специально разработан для Internet of Things (IoT) устройств. Он предоставляет реальные данные о сетевом трафике, собранные с 9 коммерческих IoT-устройств, которые были заражены ботнетами Mirai и BASHLITE. Он не предназначен исключительно для V2X-систем, но его данные могут быть полезны для разработки IDS в V2X. Он включает сценарии обычного и вредоносного поведения устройств и помогает в исследовании атак на уровень сети, что важно для систем V2X, учитывающих взаимодействие с сенсорами и другими устройствами Internet of Things [3].

CICIDS (Canadian Institute for Cybersecurity Intrusion Detection System) 2017 представляет собой обширный набор данных, включающий примеры нормальной и аномальной активности в различных средах. Набор данных CICIDS2017 включает в себя как безопасный сетевой трафик, так и современные типы атак, которые имитируют реалистичные условия (формат PCAP). Кроме того, он содержит результаты анализа сетевого трафика, выполненного с помощью инструмента CICFlowMeter, с отметками потоков, основанными на временных метках, исходных и конечных IP-адресах, портах, протоколах и типах атак. Набор содержит разнообразные сценарии атак, такие как DoS, DDoS, ботнеты и другие [4].

Intrusion detection evaluation dataset (ISCXIDS2012). Этот набор данных создан исследовательским центром ISCX. Его характеристики включают использование реальных данных о взаимодействии между транспортными средствами и инфраструктурой на основе симуляционных экспериментов. Сценарии атак обеспечивают надежную базу для обучения и тестирования IDS систем [5].

STU-13 является одним из наборов данных для тестирования систем обнаружения вторжений. Этот набор данных используется для анализа сетевого трафика. Набор данных включает в себя обширные метаданные, связанные с аномальным и нормальным поведением, что позволяет разработать более точные модели для IDS. Отличительной особенностью набора данных STU-13 является то, что каждый сценарий анализировался и маркировался вручную. Однако, он не адаптирован под работу с V2X технологиями [6].

Хотя KDD Cup (Knowledge Discovery and Data Mining) 1999 был создан уже давно, он все еще широко используется для тестирования IDS, ведь эта база данных содержит стандартный набор данных для аудита, который включает в себя широкий спектр вторжений, смоделированных в военной сетевой среде. Он позволяет исследователям проверять свои алгоритмы в различных сценариях [7].

Vehicle Reference Misbehavior (VeReMi) представляет собой набор данных, состоящий из журналов сообщений бортовых устройств, который

охватывает сообщения, передаваемые между транспортными средствами и инфраструктурой. Он содержит данные о транспортных средствах, их местоположении, скорости, а также сообщения от инфраструктуры. Информация включает как нормальные, так и потенциально вредоносные сообщения. Этот набор активно применяется для разработки систем обнаружения вторжений в системах V2X [8].

Например, несколько работ [9] и [10] с использованием различных алгоритмов машинного обучения (МО), направлены на идентификацию атак VeReMi, в работах сравнивают характеристики различных моделей МО. Исследование [11] рассматривает дополнительную функциональность, такую как угол прибытия. Данная работа также учитывает значения RSSI (Received Signal Strength Indicator) для улучшения точности обнаружения атак на основе позиционирования. В работе [12] также используется набор VeReMi, в ней рассматривается наивный байесовский классификатор (NB). Этот метод показывает свою эффективность в различных сценариях, связанных с обнаружением неправомерного поведения, что также поддерживает выводы, сделанные в исследованиях [9] и [10]. В [13] работе авторы экспериментируют с новыми подходами, внедряя метод на основе теории Демпстера-Шейфера, что обеспечивает дополнительный уровень надежности в распознавании атак.

Но данный набор не содержит поля получателя и отправителя сообщений. Для улучшения точности работы системы обнаружения вторжений, в статье предложено модернизировать набор VeReMi, и таким образом, сформировать свой набор, который позволит точнее анализировать события в системе.

Формирование набора данных на основе набора VeReMi

Чтобы добавить поля отправителя и получателя сообщений в набор данных VeReMi, важно учитывать структуру данных и логику создания новых полей. Они помогут точнее идентифицировать потенциальные угрозы, так как они позволят анализировать, какие сообщения были отправлены и получены конкретными транспортными средствами и элементами инфраструктуры.

Для модернизации набора данных были предприняты следующие шаги:

Определено, какие именно данные содержатся в наборе VeReMi и как они структурированы. Для каждого сообщения, которое присутствует в наборе данных, выяснено, кто является отправителем, а кто получателем. Используя Python и библиотеку Pandas для изменения и обновления набора данных, добавлены новые поля.

Добавив отправителя и получателя, можно улучшить процесс идентификации атак, используя проверки правдоподобия. Например, можем проверить, соответствует ли полученное сообщение ожидаемому формату и поступает ли оно от ожидаемого отправителя.

С новыми полями можно продолжать анализировать данные, формируя различные модели и методы машинного обучения для обучения классификаторов на примерах сообщений. Такие поля помогут выявить случаи подмены сообщений, когда отправитель или получатель не совпадают с ожидаемыми.

Уже готовый набор данных можно подвергнуть балансировке методом SMOTE. Он позволяет увеличивать количество примеров из меньшинства, создавая синтетические образцы на основе существующих данных, что помогает улучшить работу моделей машинного обучения.

Метод SMOTE (Synthetic Minority Over-sampling Technique) является одним из самых популярных подходов для обработки несбалансированных наборов данных в машинном обучении. Этот метод был предложен в 2002 году и предназначен для увеличения числа примеров в классе меньшинства, что помогает повысить качество модели [14].

Принцип работы SMOTE:

1. Вместо простого дублирования существующих примеров из класса меньшинства, SMOTE создает новые синтетические примеры, основываясь на существующих. Это достигается тем, что для каждого примера из класса меньшинства выбираются ближайшие соседи. Затем SMOTE случайным образом выбирает одного из ближайших соседей и создает новый синтетический пример, который находится между исходным примером и выбранным соседом.

Основные преимущества SMOTE:

Модели, обученные на сбалансированных данных, лучше справляются с задачами классификации, так как они имеют больше информации о классе. Помимо этого, в отличие от простого увеличения количества примеров путем дублирования, SMOTE создает новые, уникальные примеры, что помогает избежать переобучения модели.

Выводы о проделанной работе

Таким образом, в данной статье был проведен комплексный анализ различных аспектов, связанных с использованием наборов данных в контексте систем V2X. В ходе исследования были рассмотрены угрозы, с которыми могут сталкиваться такие системы, включая утечку данных, несанкционированный доступ и другие потенциальные кибератаки, способные привести к серьезным последствиям в области безопасности в V2X.

Кроме того, был проведен анализ существующей литературы, касающейся применения набора данных VeReMi в системах обнаружения вторжений (IDS). Это позволило выявить ключевые направления, в которых VeReMi может быть использован для разработки эффективных алгоритмов защиты.

В рамках модернизации набора данных VeReMi были добавлены новые поля, содержащие информацию об отправителе и получателе

сообщений. Эта модернизация позволяет точнее анализировать события в системе, а также повышает качество выявления потенциальных угроз.

Кроме того, для решения проблемы несбалансированности классов в данных была применена техника SMOTE, чтобы обеспечить равномерное распределение классов и улучшить производительность обучаемых моделей.

Таким образом, реализация предложенных решений увеличивает потенциал набора данных VeReMi для использования в исследованиях и разработках в области безопасности V2X, открывая новые возможности для повышения надежности современных транспортных систем.

Библиографический список

1. Kim K., Kim J.S., Jeong S., Park J.-H., and Kim H.K. Cybersecurity for autonomous vehicles: Review of attacks and defense. *Comput. Secur.* 2021. Vol. 103. P. 102–150.
2. Kang M-J, Kang J-W (2016). Intrusion Detection System Using Deep Neural Network for In-Vehicle Network Security. *PLoS ONE* 11(6). 2016.
3. Y. Meidan et al. N-BaIoT–Network-Based Detection of IoT Botnet Attacks Using Deep Autoencoders. in *IEEE Pervasive Computing*. 2018. Vol. 17. No. 3. P. 12–22, Jul.–Sep.
4. I. Sharafaldin A.H. Lashkari, and Ali A. Ghorbani. Toward Generating a New Intrusion Detection Dataset and Intrusion Traffic Characterization. 2018.
5. Shiravi A.; Shiravi H.; Tavallae M.; Ghorbani A.A. Toward developing a systematic approach to generate benchmark datasets for intrusion detection. *Comput. Secur.* 2012. 31. 357–374.
6. Grill M., Stiborek J. and Zunino A. An empirical comparison of botnet detection methods. *Computers and Security Journal*, Elsevier. P. 100–123, 2014.
7. Tavallae M., Bagheri E., Lu W. and Ghorbani A.A. A detailed analysis of the KDD CUP 99 data set», 2009 IEEE Symposium on Computational Intelligence for Security and Defense Applications, Ottawa, ON, Canada, 2009. P. 1–6.
8. Kamel J., Wolf M., R. W. van der Hei, Kaiser A., Urien P. and Kargl F., "VeReMi Extension: A Dataset for Comparable Evaluation of Misbehavior Detection in VANETs," *ICC 2020 - 2020 IEEE International Conference on Communications (ICC)*, Dublin, Ireland, 2020. P. 1–6.
9. Gyawali S., Qian Y. Misbehavior detection using machine learning in vehicular communication networks *ICC 2019-2019 IEEE International Conference on Communications, ICC, IEEE (2019)* P. 1–6.
10. Gyawali S., Qian Y., Hu R.Q. Machine learning and reputation based misbehavior detection in vehicular communication networks *IEEE Trans. Veh. Technol.*, 69 (8) (2020) P. 8871–8885.

11. Ercan S., Ayaida M., Messai N. New features for position falsification detection in VANETs using machine learning ICC 2021-IEEE International Conference on Communications, IEEE (2021). P. 1–6.
12. Sharma P., Liu H. A machine-learning-based data-centric misbehavior detection model for internet of vehicles IEEE Internet Things J., 8 (6) (2020). P. 4991–4999.
13. Sentz K., Ferson S., *et al.* Combination of Evidence in Dempster-Shafer Theory, Sandia National Laboratories Albuquerque (2002).
14. Chawla N.V., Bowyer K.W., Hall L.O., Kegelmeyer W.P. SMOTE: synthetic minority over-sampling technique // Journal of artificial intelligence research, 321–357, 2002.

© Кузнецова Е.В., Сенцова А.Ю., 2024

Е.С. ЛОБОДЕНКО

Lobodenkoe2002@mail.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доцент **А.Ю. СЕНЦОВА**

Уфимский университет науки и технологий

ФИШИНГ: СОВРЕМЕННЫЕ УГРОЗЫ И МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ

Аннотация: в статье рассматриваются основные угрозы, связанные с фишингом, анализируются эффективные способы защиты. Особое внимание уделено техническим и организационным мерам защиты, включая внедрение многофакторной аутентификации и проведение тренингов для повышения осведомленности пользователей.

Ключевые слова: фишинг; социальная инженерия; электронная почта, методы защиты от фишинга; информационная безопасность.

Фишинг (англ. phishing от fishing – «рыбная ловля») представляет собой вид социальной инженерии, направленный на получение злоумышленником доступа к конфиденциальной информации, такой как пароли, логины, данные кредитных карт или другие личные сведения. С ростом цифровизации фишинг остается одним из наиболее эффективных инструментов социальной инженерии. Данная статья посвящена анализу современных методов фишинговых атак и разработке рекомендаций для его предотвращения.

Фишинг может быть направлен на широкий круг пользователей, включая как частных лиц, так и организации. Злоумышленники часто ориентируются на пользователей с высокой степенью доверия к известным брендам или сервисам, таких как банки, социальные сети, интернет-магазины, и различные онлайн-сервисы. Лица с недостаточным уровнем знаний в области информационной безопасности чаще становятся целями фишинговых атак. В корпоративной среде фишинг часто используется для целевых атак на сотрудников, особенно тех, кто имеет доступ к важной информации, такой как финансовые данные, пароли от систем или другие конфиденциальные данные. Атаки на организации могут быть более сложными и многогранными, включая не только попытки получить доступ к данным сотрудников, но и внедрение вредоносных программ в систему компании.

В 2023 г. фишинг стал причиной 43 % всех успешных кибератак на организации по всему миру, что подтверждает его высокий уровень эффективности в контексте нарушений безопасности. Основным каналом для рассылки фишинговых сообщений остается электронная почта, на

долю которой приходится 92 % всех атак, использующих этот метод. Это связано с ее доступностью, а также с тем, что электронная почта является неотъемлемой частью ежедневной коммуникации как в корпоративной среде, так и среди частных пользователей, что делает ее идеальной для массовых атак.

Фишинг активно используется для атак на различные отрасли, причем злоумышленники нацеливаются на наиболее уязвимые и значимые организации. В период с III квартала 2022 г. по III квартал 2023 г. включительно наибольшее число атак было зафиксировано в отношении государственных учреждений (44 %), оборонно-промышленных предприятий (19 %) и организаций в сфере науки и образования (14 %). Эти данные свидетельствуют о том, что фишинг эволюционирует из угрозы, направленной исключительно на частных лиц, в инструмент для реализации масштабных кибератак. Их цель является получение критически важной информации, нарушение конфиденциальности или дестабилизация ключевых секторов экономики и безопасности.

Обычно фишинговые письма маскируются под официальные сообщения от известных компаний, банков, социальных сетей или государственных органов, что способствует возникновению у получателя ложного чувства доверия. В таких письмах часто содержится информация о якобы срочной необходимости обновления или подтверждения личных данных, получении бонусов или выигрыша, а также предупреждения о подозрительной активности на счете или в аккаунте. Эти сообщения призваны манипулировать эмоциями пользователей, заставляя их предпринимать быстрые действия, что делает фишинг особенно эффективным.

С учетом того, что фишинговые атаки становятся все более сложными и убедительными, важно применять технические меры, которые позволяют снизить риск их успешного проведения.

Современные антивирусные и антифишинговые программы играют ключевую роль в защите от фишинга. Они автоматически блокируют подозрительные сайты и предупреждают пользователей о возможных угрозах. Встроенные в браузеры и другие системы функции защиты, а также регулярные обновления программного обеспечения обеспечивают защиту от новых видов атак.

Эффективным методом борьбы с фишинговыми угрозами является аутентификация email-сообщений с использованием таких технологий, как SPF, DKIM и DMARC. SPF (Sender Policy Framework) проверяет, соответствует ли отправитель письма разрешенному серверу, предотвращая спуфинг – подмену отправителя. DKIM (DomainKeys Identified Mail) обеспечивает подлинность отправителя посредством криптографической подписи, гарантируя, что сообщение не было изменено во время передачи. DMARC (Domain-based Message Authentication,

Reporting and Conformance) объединяет эти технологии, предоставляя доменам возможность контролировать обработку писем и получать отчеты о попытках подделки. Такие механизмы значительно снижают вероятность успешных фишинговых атак.

Дополнительно, системы анализа и мониторинга трафика, такие как IDS (Intrusion Detection System) и IPS (Intrusion Prevention System), являются важными инструментами защиты. IDS обнаруживают подозрительные действия в сети, анализируя входящий и исходящий трафик, а в случае угрозы уведомляют администратора. IPS, в свою очередь, активно блокируют вредоносный трафик, предотвращая его проникновение в сеть. Эти системы могут быть настроены для фильтрации фишинговых сообщений, блокировки вредоносных URL и подозрительных вложений в реальном времени, что обеспечивает надежную защиту корпоративных сетей.

Наконец, использование многофакторной аутентификации (MFA) существенно повышает уровень безопасности. Даже если злоумышленники получают доступ к учетным данным пользователя, для входа в систему требуется дополнительный код подтверждения, который сложно перехватить. Такой подход делает учетные записи более защищенными от фишинговых атак.

Технические меры, такие как использование антивирусов, аутентификация email-сообщений и внедрение систем анализа трафика, формируют надежный барьер для предотвращения большинства фишинговых атак. Однако они не могут гарантировать полной защиты без активного участия человека. Здесь на первый план выходят организационные меры, которые способствуют формированию культуры информационной безопасности и повышают способность сотрудников противостоять угрозам.

Проведение регулярных тренингов по информационной безопасности является важной мерой защиты от фишинга. На таких занятиях сотрудники обучаются распознавать подозрительные письма, безопасно работать в интернете и правильно обращаться с личной информацией, что существенно снижает риск успешных фишинговых атак.

Эффективным дополнением к обучению становится проведение имитационных фишинговых атак. Такие тестовые кампании позволяют организации выявить слабые места в защите и оценить готовность сотрудников к реальным угрозам. После завершения тестов важно разбирать ошибки и организовывать дополнительные занятия, чтобы устранить обнаруженные пробелы в знаниях и навыках.

Важным организационным подходом также является внедрение принципа «Zero Trust» (нулевого доверия). Этот подход требует, чтобы каждый сотрудник проверял подлинность запросов, даже если они поступают от коллег или из официальных источников. Такой принцип существенно снижает вероятность успеха фишинговых атак.

Фишинг остается одной из наиболее распространенных и опасных угроз в сфере информационной безопасности. Современные методы фишинга становятся все более изощренными, что требует применения комплексных и многослойных мер защиты как на техническом, так и на организационном уровне.

Библиографический список

1. Тренды фишинговых атак на организации в 2022–2023 годах / Positive Technologies. URL: <https://www.ptsecurity.com/ru-ru/research/analytics/phishing-attacks-on-organizations-in-2022-2023/> (дата обращения: 17.11.2024).
2. Данько О.С., Медведева Т.А. Исследование техник фишинга и методов защиты от него // Молодой исследователь Дона, 2021. С. 60–66.
3. Репенко В.А., Резниченко С.А. Защита от атак с применением средств и методов социальной инженерии // Вестник Дагестанского государственного технического университета, 2022. С. 85–96.

© Лободенко Е.С., 2024

А.М. ЛУГМАНОВ, Т.Е. ЛИСИНА, А.Ю. СЕНЦОВА

lugmanovartur@mail.ru, LisinaTanya02@yandex.ru, sentsova.alina@yandex.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доцент **А.Ю. СЕНЦОВА**

Уфимский университет науки и технологий

ЗАЩИТА ОТ DDoS-АТАК

Аннотация: статья посвящена DDoS-атакам и необходимости защиты от них. Говорится об актуальности и популярности проблемы в нынешнее время. Рассмотрен способ проведения такой атаки с использованием инструмента hping3, анализ трафика Wireshark для определения атаки. Для защиты от атаки используется межсетевой экран (далее МЭ) iptables, настраиваются его правила. В заключении статьи сделаны выводы о проделанной работе.

Ключевые слова: DDoS-атаки, Kali Linux, Debian, hping3, iptables, wireshark, SYN-Flood, top, анализ трафика, SYN-пакет, ACK-пакет.

DDoS-атакой (атакой типа отказ в обслуживании) называется процесс перегрузки компьютера жертвы отправлением такого количества пакетов, чтобы он перестал функционировать. Данный вид атаки, обычно, выполняется с помощью автоматических запросов. Если атаки достаточно масштабные, то запросы отправляются с множества устройств одновременно, при этом число таких устройств может достигать до сотен. Данные атаки довольно популярны в нынешнее время, поэтому методы защиты от DDoS-атак не теряют актуальности.

В рамках эксперимента, предложенного в статье, была проведена SYN-flood атака, которая является атакой типа «Отказ в обслуживании». Для этого была создана в VMWare небольшая сеть из двух машин: Kali Linux – для атаки и Debian Linux – для защиты с помощью МЭ iptables и анализа трафика с помощью Wireshark.

Для проведения атаки необходимо узнать IP-адреса компьютеров, нужно запустить терминал.

Для того, чтобы узнать IP-адрес машин Kali есть команда ip a, которую нужно ввести в терминале. Результат команды показан на рис. 1, 2:

```
link/ether 00:0c:29:3d:83:7a brd ff:ff:ff:ff:ff:ff  
inet 192.168.152.135/24 brd 192.168.152.255 scope
```

Рис. 1. IP первой машины Kali Linux

```
inet 192.168.152.128/24 brd 192.168.152.255
ns33
```

Рис. 2. IP адрес машины Debian 12

Для запуска атаки нужно использовать команду `hping`, используя ключи, представленные на рис. 3:

```
# hping3 --flood -S -p 80 -w 64 192.168.152.128 --rand-source
```

Рис. 3. Команда `hping3`

Где:

- `--flood` – отправка пакетов без ограничения по количеству и скорости;
- `-S` – отправка SYN-пакетов;
- `-p` – выбор порт, по которому будет проводиться атака;
- `-w` – размер окна TCP;
- `--rand-source` – IP-адрес источника будет меняться при каждой отправке пакета.

Для мониторинга состояния машины Debian введена команда `top`. В состоянии покоя нагрузки на машину почти нет, что можно заметить на рис. 4:

```
top - 17:09:22 up 32 min, 1 user, load average: 0,17, 0,24, 0,14
Tasks: 289 total, 1 running, 288 sleeping, 0 stopped, 0 zombie
%Cpu(s): 0,2 us, 0,0 sy, 0,0 ni, 99,8 id, 0,0 wa, 0,0 hi, 0,0 si, 0,0 st
MiB Mem : 5748,7 total, 116,9 free, 5582,9 used, 303,9 buff/cache
MiB Swap: 975,0 total, 746,4 free, 228,6 used, 165,8 avail Mem
```

PID	USER	PR	NI	VIRT	RES	SHR	S	%CPU	%MEM	TIME+	COMMAND
500	root	20	0	167788	6708	3568	S	0,3	0,1	0:01.02	vmtoolsd
1917	artur	20	0	4955224	266584	67208	S	0,3	4,5	0:41.59	gnome-s+
1	root	20	0	168136	6924	3516	S	0,0	0,1	0:00.85	systemd
2	root	20	0	0	0	0	S	0,0	0,0	0:00.01	kthreadd
3	root	0	-20	0	0	0	I	0,0	0,0	0:00.00	rcu_gp
4	root	0	-20	0	0	0	I	0,0	0,0	0:00.00	rcu_par+
5	root	0	-20	0	0	0	I	0,0	0,0	0:00.00	slub_fl+
6	root	0	-20	0	0	0	I	0,0	0,0	0:00.00	netns
7	root	20	0	0	0	0	I	0,0	0,0	0:00.12	kworker+
8	root	0	-20	0	0	0	I	0,0	0,0	0:00.00	kworker+
10	root	0	-20	0	0	0	I	0,0	0,0	0:00.00	mm_perc+
11	root	20	0	0	0	0	I	0,0	0,0	0:00.00	rcu_tas+
12	root	20	0	0	0	0	I	0,0	0,0	0:00.00	rcu_tas+
13	root	20	0	0	0	0	I	0,0	0,0	0:00.00	rcu_tas+
14	root	20	0	0	0	0	S	0,0	0,0	0:00.03	ksoftir+
15	root	20	0	0	0	0	I	0,0	0,0	0:00.18	rcu_pre+
16	root	rt	0	0	0	0	S	0,0	0,0	0:00.00	migrati+

Рис. 4. Машина Debian в состоянии покоя

Почти сразу после запуска атаки нагрузка на CPU повышается до 99,7 %, при этом оперативная память почти не задействуется. Это видно на рис. 5:

```

artur@artur: ~
artur@artur: ~
top - 17:18:18 up 1 min, 1 user, load average: 0,24, 0,08, 0,03
Tasks: 329 total, 2 running, 327 sleeping, 0 stopped, 0 zombie
Cpu(s): 0,0 us, 0,1 sy, 0,0 ni, 74,9 id, 0,0 wa, 0,0 hi, 25,0 si, 0,0 st
Mem: 5748,7 total, 3933,5 free, 1349,7 used, 715,5 buff/cache
Swap: 975,0 total, 975,0 free, 0,0 used, 4398,9 avail Mem

  PID USER      PR  NI  VIRT  RES  SHR  S  %CPU  %MEM    TIME+  COMMAND
 26 root        20   0     0     0     0   R   99,7   0,0   0:10.14 ksoftir+
1130 root        20   0     0     0     0   I   0,7   0,0   0:00.07 kworker+
1924 artur      20  0 4860012 366092 133256 S   0,7   6,2   0:05.53 gnome-s+
515 root        20  0 167788 10924 7512 S   0,3   0,2   0:00.11 vmtoolsd
2536 artur      20  0 551836 52448 39656 S   0,3   0,9   0:00.57 gnome-t+
2713 artur      20  0 11600   5456 3308 R   0,3   0,1   0:00.18 top
  1 root        20  0 168012 12580 9188 S   0,0   0,2   0:00.85 systemd
  2 root        20  0     0     0     0   S   0,0   0,0   0:00.02 kthreadd
  3 root        0 -20     0     0     0   I   0,0   0,0   0:00.00 rcu_gp
  4 root        0 -20     0     0     0   I   0,0   0,0   0:00.00 rcu_par+
  5 root        0 -20     0     0     0   I   0,0   0,0   0:00.00 slub_fl+
  6 root        0 -20     0     0     0   I   0,0   0,0   0:00.00 netns
  7 root        20  0     0     0     0   I   0,0   0,0   0:00.00 kworker+
  8 root        0 -20     0     0     0   I   0,0   0,0   0:00.00 kworker+
  9 root        20  0     0     0     0   I   0,0   0,0   0:00.87 kworker+
10 root        0 -20     0     0     0   I   0,0   0,0   0:00.00 mm_perc+
11 root        20  0     0     0     0   I   0,0   0,0   0:00.00 rcu tas+

```

Рис. 5. Машина во время атаки

Для того, чтобы предотвратить такую атаку, нужно настроить МЭ iptables, но прежде нужно проанализировать трафик для написания правильных правил межсетевого экрана.

Для анализа трафика можно использовать любую программу-сниффер, которая позволяет захватывать пакеты для дальнейшего анализа их содержимого. Для этих целей предложено использовать программу Wireshark. С помощью данной программы был сделан захват трафика и запущена атака. Работа программы-сниффера показана на рис. 6:

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
6085	6.770339512	192.168.236.131	74.87.170.150	TCP	54	80 → 54587 [RST, ACK] Seq=1 Ack=1 Win=0 Len=0
6085	6.770334379	21.71.33.33	192.168.236.131	TCP	60	54588 → 80 [SYN] Seq=0 Win=64 Len=0
6085	6.770335962	192.168.236.131	21.71.33.33	TCP	54	80 → 54588 [RST, ACK] Seq=1 Ack=1 Win=0 Len=0
6085	6.770334419	129.26.192.179	192.168.236.131	TCP	60	54589 → 80 [SYN] Seq=0 Win=64 Len=0
6085	6.770351240	192.168.236.131	129.26.192.179	TCP	54	80 → 54589 [RST, ACK] Seq=1 Ack=1 Win=0 Len=0
6085	6.770334439	95.123.142.29	192.168.236.131	TCP	60	54590 → 80 [SYN] Seq=0 Win=64 Len=0
6085	6.770335996	192.168.236.131	95.123.142.29	TCP	54	80 → 54590 [RST, ACK] Seq=1 Ack=1 Win=0 Len=0
6085	6.770334469	63.218.220.17	192.168.236.131	TCP	60	54591 → 80 [SYN] Seq=0 Win=64 Len=0
6085	6.770369974	192.168.236.131	63.218.220.17	TCP	54	80 → 54591 [RST, ACK] Seq=1 Ack=1 Win=0 Len=0
6085	6.770334489	149.230.253.176	192.168.236.131	TCP	60	54592 → 80 [SYN] Seq=0 Win=64 Len=0
6085	6.770371649	192.168.236.131	149.230.253.176	TCP	54	80 → 54592 [RST, ACK] Seq=1 Ack=1 Win=0 Len=0
6085	6.770334519	181.111.65.127	192.168.236.131	TCP	60	54593 → 80 [SYN] Seq=0 Win=64 Len=0
6085	6.770386777	192.168.236.131	181.111.65.127	TCP	54	80 → 54593 [RST, ACK] Seq=1 Ack=1 Win=0 Len=0
6085	6.770334539	216.118.141.123	192.168.236.131	TCP	60	54594 → 80 [SYN] Seq=0 Win=64 Len=0
6085	6.770389532	192.168.236.131	216.118.141.123	TCP	54	80 → 54594 [RST, ACK] Seq=1 Ack=1 Win=0 Len=0
6085	6.770334569	73.41.218.165	192.168.236.131	TCP	60	54595 → 80 [SYN] Seq=0 Win=64 Len=0
6085	6.770404590	192.168.236.131	73.41.218.165	TCP	54	80 → 54595 [RST, ACK] Seq=1 Ack=1 Win=0 Len=0

Рис. 6. Анализ трафика Wireshark

Компьютер пытается ответить на пакеты SYN пакетами ACK. Из-за большого количества этих пакетов происходит перегрузка.

В Debian существует встроенный межсетевой экран iptables. Чтобы предотвратить атаку, нужно вписать следующие правила в межсетевой экран, показанные на рис. 7:

```

root@artur:~# iptables -A INPUT -j DROP
root@artur:~# iptables -A OUTPUT -j DROP
root@artur:~# iptables -I INPUT -s 192.168.236.0/24 -j ACCEPT
root@artur:~# iptables -I OUTPUT -s 192.168.236.0/24 -j ACCEPT
root@artur:~#

```

Рис. 7. Запрет на подключение вне подсети

где А – создает новое правило; I – создает правило и ставит его в начало иерархии правил; INPUT – выбираем цепочку для подключения; s – IP-адрес источника; j – Выбор всех пакетов для правила АССЕРТ (Разрешение трафика) или DROP (Запрет трафика).

Этими правилами был введен запрет на доступ к Debian всем, кроме локальной сети.

Используя команду netfilter-persistent save, которая представлена на рисунке 8, необходимо сохранить правила, потому что после перезагрузки эти правила сбросятся.

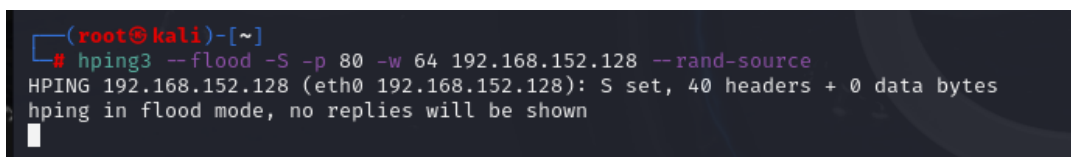
```

root@artur:~# netfilter-persistent save
run-parts: executing /usr/share/netfilter-persistent/plugins.d/15-ip4tables save
run-parts: executing /usr/share/netfilter-persistent/plugins.d/25-ip6tables save
root@artur:~# █

```

Рис. 8. Сохранение правил

Чтобы проверить правильность настройки снова запущена атака командой, показанной на рис. 9:



```

(root@kali)-[~]
└─# hping3 --flood -S -p 80 -w 64 192.168.152.128 --rand-source
HPING 192.168.152.128 (eth0 192.168.152.128): S set, 40 headers + 0 data bytes
hping in flood mode, no replies will be shown
█

```

Рис. 9. Работа программы hping3

Запустив на Debian монитор ресурсов командой top, можно увидеть на рис. 10, что нагрузки на компьютер больше нет, значит настройка МЭ была проведена правильно.

PID	USER	PR	NI	VIRT	RES	SHR	S	%CPU	%MEM	TIME+	COMMAND
2713	artur	20	0	11600	5456	3308	R	0,7	0,1	0:01.91	top
1130	root	20	0	0	0	0	I	0,3	0,0	0:01.71	kworker+
1924	artur	20	0	4861672	373604	133276	S	0,3	6,3	0:16.57	gnome-s+
1	root	20	0	168012	12580	9188	S	0,0	0,2	0:00.86	systemd
2	root	20	0	0	0	0	S	0,0	0,0	0:00.02	kthreadd
3	root	0	-20	0	0	0	I	0,0	0,0	0:00.00	rcu_gp
4	root	0	-20	0	0	0	I	0,0	0,0	0:00.00	rcu_par+
5	root	0	-20	0	0	0	I	0,0	0,0	0:00.00	slub_fl+
6	root	0	-20	0	0	0	I	0,0	0,0	0:00.00	netns
8	root	0	-20	0	0	0	I	0,0	0,0	0:00.00	kworker+
10	root	0	-20	0	0	0	I	0,0	0,0	0:00.00	mm_perc+
11	root	20	0	0	0	0	I	0,0	0,0	0:00.00	rcu_tas+
12	root	20	0	0	0	0	I	0,0	0,0	0:00.00	rcu_tas+
13	root	20	0	0	0	0	I	0,0	0,0	0:00.00	rcu_tas+
14	root	20	0	0	0	0	S	0,0	0,0	0:00.03	ksoftir+
15	root	20	0	0	0	0	I	0,0	0,0	0:00.08	rcu_pre+
16	root	rt	0	0	0	0	S	0,0	0,0	0:00.00	migrati+

Рис. 10. Атака после настройки МЭ

Анализ трафика Wireshark также показывает, что атака не проходит, так как компьютер не пытается отправить в ответ пакеты АСК. Это видно на рис. 11:

1172	2.310723225	228.183.122.251	192.168.236.131	TCP	60	26085	- 80	[SYN]	Seq=0	Win=64	Len=0
1172	2.310768499	194.129.14.48	192.168.236.131	TCP	60	26086	- 80	[SYN]	Seq=0	Win=64	Len=0
1172	2.310768609	143.156.41.216	192.168.236.131	TCP	60	26087	- 80	[SYN]	Seq=0	Win=64	Len=0
1172	2.310827992	165.81.54.129	192.168.236.131	TCP	60	26088	- 80	[SYN]	Seq=0	Win=64	Len=0
1172	2.310828102	144.52.139.192	192.168.236.131	TCP	60	26089	- 80	[SYN]	Seq=0	Win=64	Len=0
1172	2.310864761	19.202.159.4	192.168.236.131	TCP	60	26090	- 80	[SYN]	Seq=0	Win=64	Len=0
1172	2.310864781	186.114.193.253	192.168.236.131	TCP	60	26091	- 80	[SYN]	Seq=0	Win=64	Len=0
1172	2.310934852	185.60.113.237	192.168.236.131	TCP	60	26092	- 80	[SYN]	Seq=0	Win=64	Len=0
1172	2.310934972	253.4.6.64	192.168.236.131	TCP	60	26093	- 80	[SYN]	Seq=0	Win=64	Len=0
1172	2.310966531	251.109.135.135	192.168.236.131	TCP	60	26094	- 80	[SYN]	Seq=0	Win=64	Len=0
1172	2.310966551	59.206.127.40	192.168.236.131	TCP	60	26095	- 80	[SYN]	Seq=0	Win=64	Len=0
1172	2.311043834	259.196.249.75	192.168.236.131	TCP	60	26096	- 80	[SYN]	Seq=0	Win=64	Len=0
1172	2.311043954	72.54.189.20	192.168.236.131	TCP	60	26097	- 80	[SYN]	Seq=0	Win=64	Len=0
1172	2.311043974	159.157.111.63	192.168.236.131	TCP	60	26098	- 80	[SYN]	Seq=0	Win=64	Len=0
1172	2.311044004	7.250.222.80	192.168.236.131	TCP	60	26099	- 80	[SYN]	Seq=0	Win=64	Len=0
1172	2.311173618	200.230.90.163	192.168.236.131	TCP	60	26100	- 80	[SYN]	Seq=0	Win=64	Len=0
1172	2.311173738	94.81.194.194	192.168.236.131	TCP	60	26101	- 80	[SYN]	Seq=0	Win=64	Len=0
1172	2.311219544	203.225.174.40	192.168.236.131	TCP	60	26102	- 80	[SYN]	Seq=0	Win=64	Len=0
1172	2.311219644	92.4.75.95	192.168.236.131	TCP	60	26103	- 80	[SYN]	Seq=0	Win=64	Len=0
1172	2.311289455	254.75.4.183	192.168.236.131	TCP	60	26104	- 80	[SYN]	Seq=0	Win=64	Len=0
1172	2.311289575	175.54.135.220	192.168.236.131	TCP	60	26105	- 80	[SYN]	Seq=0	Win=64	Len=0
1172	2.311379421	52.254.72.183	192.168.236.131	TCP	60	26106	- 80	[SYN]	Seq=0	Win=64	Len=0
1172	2.311379562	30.176.58.196	192.168.236.131	TCP	60	26107	- 80	[SYN]	Seq=0	Win=64	Len=0
1172	2.311393909	41.67.162.216	192.168.236.131	TCP	60	26108	- 80	[SYN]	Seq=0	Win=64	Len=0
1172	2.311393929	100.228.202.141	192.168.236.131	TCP	60	26109	- 80	[SYN]	Seq=0	Win=64	Len=0
1172	2.311472522	220.252.171.132	192.168.236.131	TCP	60	26110	- 80	[SYN]	Seq=0	Win=64	Len=0
1172	2.311472632	46.82.228.199	192.168.236.131	TCP	60	26111	- 80	[SYN]	Seq=0	Win=64	Len=0
1172	2.311484113	41.40.111.250	192.168.236.131	TCP	60	26112	- 80	[SYN]	Seq=0	Win=64	Len=0
1172	2.311505654	253.133.184.165	192.168.236.131	TCP	60	26113	- 80	[SYN]	Seq=0	Win=64	Len=0
1172	2.311545037	228.4.28.41	192.168.236.131	TCP	60	26114	- 80	[SYN]	Seq=0	Win=64	Len=0
1172	2.311552421	54.6.254.181	192.168.236.131	TCP	60	26115	- 80	[SYN]	Seq=0	Win=64	Len=0

Рис. 11. Анализ Wireshark после настройки МЭ

Таким образом, у нас получилось защититься от DoS-атаки с помощью настройки МЭ iptables, в котором мы добавили правила для доступа только для локальной подсети. Для защиты от DDoS-атак можно использовать куда более мощные межсетевые экраны с большим функционалом, однако, на сегодняшний день существуют некоторые проблемы, обусловленные необходимостью использовать на предприятиях только отечественные программно-аппаратные средства защиты, а также, зачастую, высокой ценой сертифицированных межсетевых экранов. Кроме того, необходимо правильно администрировать межсетевые экраны, обязательно с учетом политики безопасности предприятия, и только в случае, есть вероятность того, что тяжелых последствий DDoS-атак удастся избежать.

Библиографический список

1. «Hping3 Total Documentation» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.kali.org/tools/hping3/>.
2. «Атака SYN Flood» [Электронный ресурс]. URL: <https://ddos-guard.net/ru/terms/ddos-attack-types/syn-flood>.
3. «Wireshark Docs» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.wireshark.org/docs/>.
4. «Введение в Iptables» [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/articles/747616/>.
5. Vuletic Dejan V., Nojkovic Nemanja D. Realization of a TCP Syn Flood attack using Kali Linux.
6. Лиманова Наталия Игоревна, Третьяков Егор Юрьевич. IPTABLES для обеспечения безопасности информационных сетей на базе Linux.

© Лугманов А.М., Лисина Т.Е., Сенцова А.Ю., 2024

А.Д. МИХАНЬКО

mikhanko45@gmail.com

Науч. руковод. – д-р техн. наук., проф. **И.В. МАШКИНА**

Уфимский университет науки и технологий

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ В КРИПТОГРАФИИ И ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ: ТРЕНДЫ, ВЫЗОВЫ И НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ

Аннотация: эта статья призвана показать, какие направления исследований в области информационной безопасности сейчас актуальны. В ней рассказывается о влиянии новых технологий – квантового компьютера и искусственного интеллекта – на существующие системы, о целях и последствиях изменений в законодательстве, а также об интересных кибератаках и уроках, которые из них можно извлечь.

Ключевые слова: ключевое слово; ключевое слово. (не более 15 слов) информационная безопасность; квантовый компьютер; искусственный интеллект; кибератаки; законодательство; исследования; разработки; криптография.

Введение

В условиях активного внедрения цифровых технологий в повседневную жизнь вопросы обеспечения информационной безопасности приобретают особую значимость. С развитием цифровизации и переходом к цифровой экономике все больше бизнес-процессов переносится в онлайн-среду, что ведет к увеличению объема данных, обрабатываемых в сети. Это, в свою очередь, повышает риски для информационных систем и требует разработки новых подходов к обеспечению их безопасности.

Криптография, как фундаментальная основа защиты информации, выходит на первый план в контексте этих изменений. Ее развитие становится не просто актуальной задачей, но и насущной необходимостью для обеспечения безопасности информационных систем.

В последние два года мир столкнулся с рядом серьезных кибератак, которые поставили под сомнение надежность существующих мер защиты. Эти события подчеркнули необходимость пересмотра существующих подходов и разработки новых методов обеспечения безопасности данных. В то же время, возрастание роли искусственного интеллекта делает возможным более эффективное определение и предотвращение киберугроз, однако ставит перед обществом и новые вызовы.

Данная статья направлена на обобщение ключевых трендов в области криптографии и информационной безопасности, рассмотрение актуальных

изменений в нормативной базе и выделение значимых недавно произошедших кибератак. Основная цель статьи – предложить направления для будущих исследований студентов, способствуя их вовлечению в решение актуальных проблем данной области.

1. Постквантовое шифрование

Развитие информационных технологий не стоит на месте. Технический прогресс каждый год дает новые возможности для науки и бизнеса.

В 1960-х годах был введен первый суперкомпьютер. Обычный кластер с возможностью параллелизма процессов для ускорения вычислений. Прорыв своего времени, доступный только крупным предприятиям [1].

Компьютеры с возможностью параллельных вычислений начали активно развиваться в 90-х, когда в Японии начали вводить машины с тысячами процессоров. Спустя еще двадцать лет, скорость вычислений измерялась уже терафлопсами.

Суперкомпьютер представляется чем-то дорогим, доступный предприятиям или образовательным учреждениям. Но уже сегодня можно собрать кластер из компьютеров с 4-х ядерными процессорами за небольшие деньги. Например, raspberry pi zero 2w стоит от 2.5 тысяч рублей. За 50 тысяч вы получите кластер на 80 ядер и 20 GHz. Не самый производительный компьютер, но позволит подобрать множители для небольшого ключа RSA[2].

То есть, сегодня суперкомпьютер не считается какой-то роскошью, а значит квантовый компьютер, имеющий намного больше вычислительных способностей, не сегодня-завтра будет на полках магазинов, предоставив хакерам доступ к любой зашифрованной информации.

Для решения этой проблемы асимметричное шифрование, например, основанное на RSA, сменилось на «Шифрование, основанное на эллиптических кривых». Математический аппарат обоих направлений основан в 70-е гг. [3]. Оба метода являются асимметричными, однако, для эллиптических кривых используются более сложные математические задачи, на решение, которых, простой перебор займет больше времени. Для сравнения, 1024-битный ключ RSA будет взломан за то же время, что и 160-битный «эллиптический ключ» (ECC) [4].

По прогнозам 2048-битный ключ RSA будет взломан к 2030 году. Поэтому компании начали переходить на ECC.

Но, почему нельзя сразу отказаться от RSA и перейти на ECC?

Все дело в преемственности алгоритмов. Статья об RSA была опубликована в 1977 г., и была доступнее разработчикам, чем статья ECC, опубликованная в 1985, написанная в первую очередь для научного сообщества и дальнейшего развития алгоритма.

За время развития ECC, было разработано множество систем, основанных на RSA, и, чтобы заменить существующий негласный

стандарт на новый, потребуется провести тяжелую работу множеству программистов и математиков.

2. Нейросети в информационной безопасности.

Определение искусственного интеллекта (ИИ), из указа президента от 2019 года – это комплекс технических решений, имитирующих когнитивные способности человека, способные решать конкретные задачи и получать результат сопоставимый с результатом интеллектуальной деятельности человека [5].

Как инженер, я бы сказал, что ИИ – это тот механизм, который направлен на то, чтобы снять с человека некоторую рутинную задачу, без потери эффективности.

ИИ, машинное обучение (МЛ), а в частности генеративные модели переживают бум популярности, но в повседневной деятельности, а не профессиональной. Вместо написания поздравления, человек генерирует уникальную открытку на день рождения. Вместо поиска рецепта, человек пишет запрос в условный ChatGPT.

Развитие нейронных сетей позволило получать по запросу некоторое подобие творческих ответов.

Под определение из указа президента подходит обычный калькулятор, который еще 40 лет назад считался чудом. Возможно, через 40 лет и текущие генеративные модели будут обыденностью, а новые ИИ будут контролировать большую часть монотонных повседневных процессов нашей жизни.

В сфере информационной безопасности появляются компании, чьи продукты полностью полагаются на вычисления нейронных сетей, не смотря на осторожный выбор решений, и скрупулезную обработку данных.

В российском сегменте можно выделить InfoWatch, чьи DLP системы уже сегодня позволяют сгенерировать словарь, на основе информации в компании за несколько минут [6]. Провести ту работу, на которую у лингвиста уйдет не один день. Сгенерированную информацию придется проверить, но это займет значительно меньше времени, чем полное составление словаря.

Развитие продуктов, основанных на нейросетевых моделях, требует смелости от предприятия. Выделение огромных средств, которые, возможно не окупятся, создание новых отделов и внедрение в уже существующие корпоративные процессы. Риски велики.

В тоже время, компания Kaspersky нашла для себя новое направление использования ИИ. Продукт Kaspersky Antidrone. Это аппаратно-программный комплекс, способный обнаружить гражданский БПЛА, предугадать его направление и нейтрализовать не повреждая. Компания не раскрывает способы нейтрализации дронов, возможно, управление перехватывается. Так же, согласно демонстрации работы системы, Antidrone, определив БПЛА может вычислить и оператора [7].

3. Влияние изменений в нормативной базе.

В 2023 году вышло обновление стандарта ISO 27001 [8]. Группа стандартов ISO 270xx направлена на организацию менеджмента Системы обеспечения информационной безопасности. Стандарт ISO 27001 подробно рассказывает, что должно быть реализовано в системе информационной безопасности, в то время как 27000 [9] рассказывает, как это нужно реализовать.

Обновление 2023 года кардинально изменило стандарт.

Во-первых, изменилось название, теперь явно указано, что стандарт направлен на обеспечение «Информационной безопасности», «Кибербезопасности» и «Конфиденциальности».

Во-вторых, сократилось приложение А. Из справочника исчезли подгруппы, а групп оставили 4.

В-третьих, изменилось и тело стандарта.

Появилось требование учитывать изменения в потребностях заинтересованных сторон.

Отдельно вынесен пункт контроля влияния изменения климата, который должен учитываться в системе управления.

Основное на мой взгляд изменение – требование к «планированию изменений». Если организации требуется внести изменения в систему управления ИБ, эти изменения должны носить плановый характер. То есть необходимо явно продемонстрировать, что планируется изменить, в какие сроки, а главное, на что и как изменения повлияют.

Такое изменение в стандарт превращает изменения СОИБ из инструмента личной выгоды недобросовестных менеджеров, в средство улучшения и развития системы, направленное на благо всех ее участников.

Но как использовать эти изменения?

Изменения стандарта влекут за собой поправки и в Российской нормативной базе. Так, законы 149, устанавливающий правовую основу для внедрения СОИБ [10], и 152, требующий внедрения мер по обеспечению безопасности персональных данных [11], косвенно, но руководствуются целями и подходами, изложенными в ISO 27001.

Приказ ФСТЭК №17 [12], устанавливает требования к защищенности информации, которые могут быть реализованы по стандарту.

А значит, можно спрогнозировать, какие именно поправки примут для Российской нормативной базы. Можно заранее подготовить организацию к переменам.

Так же, анализируя изменения, можно догадаться, почему они были приняты. Неточные формулировки, размытые требования, открывали лазейки в законах. Человек, работающий с законами, постановлениями и стандартами, на которые опирается система его организации, может проанализировать и остальную нормативную базу, выявить слабые места, и заранее подготовиться к грядущим поправкам.

4. Противодействие кибератакам.

Системы, средства и методы информационной безопасности постоянно развиваются. Нормативная составляющая, новые технологии и переосмысление старых методов, заставляют киберпреступников тратить больше времени, как на подготовку, так и на сами деструктивные мероприятия.

Однако, все еще самым слабым местом в любой информационной обороне является человек. Хакеру не нужно искать эксплойт для сервера корпоративного сайта или внутреннего чата, если можно убедить сотрудника, предоставить ему доступ.

Фишинговые письма, спам-звонки подмена ссылок – вот тот инструментарий, который поможет в уничтожении инфраструктуры организации.

А в условиях кибервойны действия злоумышленников становятся более жестокими и точными, поэтому крайне важно быть готовым к распознаванию и отражению атак.

Так, в 2024 г. была атакована компания IPL Consulting [13], занимающаяся разработкой средств и систем управления информационной безопасностью. Российские оборонные предприятия являются клиентами этой организации, что сделало ее целью для вражеских группировок.

Подробности атаки еще засекречены, но что уже известно, так это то, что, при помощи фишинговых писем злоумышленники получили первоначальный доступ к почте сотрудников.

В результате были украдены финансовые данные, данные о клиентах и коммерческие секреты.

После обнаружения атаки и устранения последствий, компания инвестировала в обновление собственных систем безопасности, а так-же в обучение сотрудников.

На основе личного мнения, можно сказать, что знание основных правил гигиены в интернет-пространстве уже стало общепринятым среди пользователей. Очередной тренинг, наказание виновных влекут временных эффект. Бдительность ослабнет вместе с тревогой о последствиях. А значит требуется разработать новый подход, не столько к обучению, сколько в формирование привычки быть аккуратным в интернете.

Библиографический список

1. Сао-Цзе Ч. Совместное проектирование аппаратного и программного обеспечения мультимедийной SOC-платформы / Чен, Сао-Цзе; Лин, Гуан-Хьюи; Сюн, Пао-Энн; Ху, Ю-Хен // Springer Science+Business Media. 2009. С. 70–72.

2. Взломан самый сложный в мире ключ шифрования [Электронный ресурс]. URL: https://safe.cnews.ru/news/top/2019-12-09_vzloman_slozhnejshij_algorithm; дата обращения (02.11.2024).

3. Jeffrey Hoffstein. An introduction to mathematical cryptography / Jeffrey Hoffstein, Jill Pipher, Joseph H. Silverman // Springer. 2008. С. 524.

4. Elliptic Curve Cryptography: breaking security and a comparison with RSA [Электронный ресурс]. URL: <https://andrea.corbellini.name/2015/06/08/elliptic-curve-cryptography-breaking-security-and-a-comparison-with-rsa/>; дата обращения (03.11.2024).

5. Указ Президента РФ от 10 октября 2019 г. № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации» [Электронный ресурс]. URL <http://www.kremlin.ru/acts/bank/4473>; дата обращения (04.11.2024).

6. ГК InfoWatch представила разработку на основе искусственного интеллекта [Электронный ресурс]. URL: <https://www.infowatch.ru/company/presscenter/news/gk-infowatch-predstavila-razrabotku-na-osnove-iskusstvennogo-intellekta>; Дата обращения (04.11.2024).

7. Антидрон «Лаборатории Касперского» – экосистема мониторинга и защиты от дронов [Электронный ресурс. URL: <https://antidrone.kaspersky.com/ru/>; Дата обращения (04.11.2024).

8. ISO 27001 Информационные технологии - Методы защиты - Системы менеджмента информационной безопасности - Требования [Электронный ресурс] URL: <https://certgroup.org/wp-content/uploads/2023/06/iso-mek-27001-2013rus.pdf> ; Дата обращения (04.11.2024)

9. ISO 27000 Системы менеджмента информационной безопасности. Общий обзор и терминология [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200179675>; Дата обращения (04.11.2024)

10. Федеральный закон от 27.07.2006 г. № 149-ФЗ “Об информации, информационных технологиях и о защите информации» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/24157> (дата обращения; 04.11.2024).

11. Федеральный закон от 27.07.2006 г. № 152-ФЗ «О персональных данных» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/24154>; Дата обращения (04.11.2024)

12. Федеральная служба по техническому и экспортному контролю приказ от 11 февраля 2013 г. № 17 об утверждении требований о защите информации, не составляющей государственную тайну, содержащейся в государственных информационных системах [Электронный ресурс]. URL: <https://fstec.ru/dokumenty/vse-dokumenty/prikazy/prikaz-fstek-rossii-ot-11-fevralya-2013-g-n-17> (дата обращения: 04.11.2024).

13. Hackers from Ukraine's Defence Intelligence successfully attack Russian defence-related company [Электронный ресурс]. URL: <https://www.yahoo.com/news/hackers-ukraines-defence-intelligence-successfully-092911231.html> (дата обращения: 07.11.2024).

© Миханько А.Д., 2024

Р.А. МУДАРИСОВ*ramilmudarisov14@gmail.com*Науч. руковод. – канд. техн. наук, доцент **А.Ю. СЕНЦОВА***Уфимский университет науки и технологий***СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА, РЕАЛИЗУЕМЫХ В СРЕДСТВАХ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ**

Аннотация: в данной статье рассмотрены направления использования искусственного интеллекта (ИИ), включая машинное обучение, глубокие нейронные сети, автокодировщики, рекуррентные сети, и метод опорных векторов. Описаны их преимущества и ограничения, а также области применения: анализ логов, обнаружение вторжений, защита от фишинга, прогнозирование угроз и аутентификация.

Ключевые слова: информационная безопасность, кибербезопасность, машинное обучение, нейронная сеть, искусственный интеллект, интеллектуальная информационная система, модели, угрозы.

В современном мире с быстрым ростом объема цифровых данных и активным развитием интернет-инфраструктуры возрастает актуальность разработки более совершенных средств для защиты информационных систем. Согласно отчету компании «РТК-Солар» о кибератаках за первый квартал 2023 г. было зарегистрировано на 60 процентов больше событий информационной безопасности по сравнению с тем же периодом 2022 г. и на 3 процента больше 4 квартала 2022 г. (табл. 1). [1] Одним из самых перспективных направлений развития информационных технологий является создание искусственного интеллекта. В связи с тем, что киберугрозы становятся все более сложными, применение интеллектуальных систем может повысить эффективность их выявления и предотвращения.

Таблица 1

Динамика числа кибератак по кварталам (тыс. событий ИБ)

Период	1-й квартал 2022	2-й квартал 2022	3-й квартал 2022	4-й квартал 2022	1-й квартал 2023
Количество	180 тыс.	236 тыс.	214 тыс.	281 тыс.	290 тыс.

Задачи, стоящие перед специалистами информационной безопасности, как правило, включают в себя большое количество однообразных задач, которые требуют глубокого понимания и трудно алгоритмируются. Однако в свою очередь с этими задачами, хорошо справляется искусственный интеллект. Это достоинства позволяет использовать технологии искусственного интеллекта в информационной безопасности.

Искусственный интеллект включает в себя следующие направления: как

- обучение моделей на данных (машинное и глубокое обучение);
- анализ и понимание человеческой речи (обработка естественного языка);
- распознавание и интерпретация изображений и видео (компьютерное зрение).

В областях, в которых стоит задача обработки больших массивов данных, а также обеспечение безопасности этих данных, активно внедряется один из самых распространенных сегментов искусственного интеллекта – машинное обучение. Под машинным обучением понимается сфера искусственного интеллекта, в которой модели на основе опыта и анализа данных могут принимать решение без явного программирования [2]. Так как, одними из главных задач остается развитие новых методов обеспечения информационной безопасности и создание надежных инструментов защиты данных, возможность машинного обучения автоматизировать обнаружение и реагирование на угрозы привлекает многих специалистов и экспертов, а также делает его важной частью системы защиты.

В качестве источников данных для машинного обучения могут выступать: лог-файлы и

- данные сетевых журналов;
- сетевой трафик;
- данные о пользователях и устройствах;
- информация об инцидентах компаний.

Системы и средства защиты, использующие технологию машинного обучения, могут применять его для таких задач, как *анализ логов*. Для выявления аномалий, производится анализ журналов с данными о работе информационной системы, о работе пользователей этой системы и о различных событиях в корпоративной сети организации.

Системы обнаружения вторжений (СОВ). Данные системы анализируют сетевой трафик, выявляют аномальную активность, которая может указывать на потенциальные угрозы. Такой метод позволяет обнаруживать ранее неизвестные угрозы. Однако также существует риск ложных срабатываний.

Системы защиты от фишинга. Система анализирует различные элементы сообщения и, при обнаружении подозрительных программ или

слов, принимает решение о блокировке. Модель обучается на большом количестве тестовых сообщений, она проводит анализ содержания и определяет для каждого слова или фразы определенный показатель, который характеризует вероятность того, что сообщение может быть фишинговым. В связи с тем, что уловки фишинговых мошенников постоянно обновляются, важно иметь актуальную базу данных.

Система анализа поведения пользователей. В случае отклонения от нормы поведения работников такие системы сообщают о событии, которое может указывать на потенциальную угрозу утечки информации или несанкционированного доступа. Для адаптации алгоритмов под особенности организации и уменьшения количества ложных срабатываний необходимо детально изучить особенности работы организации и пользователей.

Системы анализа аутентификации и идентификации. Уже сейчас распространены методы аутентификации с использованием биометрических данных. Алгоритмы машинного обучения учитывают извлеченные особенности и сравнивают их с точными образцами поведения пользователей.

За счет использования машинного обучения системы защиты смогут **автоматизировано реагировать на обнаруженный угрозы** безопасности, например, отключать подозрительные устройства, блокировать доступ к зараженным ресурсам.

Системы прогнозирования угроз. Системы с помощью машинного обучения проводят поиск данных об инцидентах, информации об актуальных угрозах из открытых и закрытых источников, новостных каналов для обработки и дальнейшего предоставления полезной информации и прогнозирования будущих угроз.

В зависимости от конкретной задачи применяются различные модели машинного обучения:

Автокодировщики (Autoencoders) – это нейронные сети, используемые для обучения представлений данных. Они работают, сжимая информацию в компактное представление (кодировщик) и восстанавливая ее обратно (декодировщик). Их часто применяют для поиска аномалий.

В случаях, когда есть необходимость обработки данных с большим разнообразием нормального поведения модель работает менее эффективно, кроме этого, имеет высокую вычислительную сложность на больших данных.

Глубокие нейронные сети (DNN) – это многослойные нейронные сети, которые анализируют данные, выделяя сложные зависимости. Они применяются для классификации, распознавания образов, обработки текста, обнаружения аномалий и других задач. Главные преимущества – способность обучаться на больших объемах данных и высокая точность.

Недостатки глубоких нейронных сетей:

- требуют больших вычислительных ресурсов;
- долгое время обучения;
- риск переобучения без регуляризации.

Генеративно-состязательные сети (GAN). GAN используются для генерации изображений, создания синтетических данных и выявления аномалий. Возможность обучения на данных без присвоенных метрик, модель может снизить затраты на подготовку этих данных.

Однако синтетические данные, которые они генерируют, не всегда могут точно соответствовать реальным, что важно, например, в вопросах безопасности. Кроме того, модель требует значительных ресурсов и времени на обучение.

Градиентный бустинг (Gradient Boosting) – это метод машинного обучения, основанный на объединении множества слабых моделей (обычно деревьев решений) для создания сильной. Он работает путем последовательного исправления ошибок предыдущих моделей. Этот подход обеспечивает высокую точность, особенно на сложных данных, но требует тщательной настройки и значительных вычислительных ресурсов.

Рекуррентные нейронные сети (RNN) – это тип нейронных сетей, предназначенный для обработки последовательных данных. Они имеют память, которая позволяет учитывать предыдущие элементы последовательности. RNN применяются для анализа временных рядов, обработки текста, речи и предсказания событий. Недостатки: сложное обучение и склонность к исчезающим градиентам.

Сети долгой краткосрочной памяти (LSTM) – это улучшенный вид рекуррентных нейронных сетей, разработанный для работы с длительными зависимостями в данных. Они используют специальные механизмы для сохранения и забывания информации. LSTM применяются в задачах обработки текста, речи, временных рядов и видео. Недостатки: высокая вычислительная сложность и трудоемкость настройки.

Метод случайного леса (Random Forest) – это ансамблевый алгоритм машинного обучения, основанный на множестве деревьев решений. Он объединяет результаты отдельных деревьев для повышения точности и устойчивости к переобучению. Применяется для классификации, регрессии и анализа данных. Недостатки: высокая вычислительная сложность и медленное прогнозирование на больших данных.

Метод опорных векторов (SVM) – это алгоритм машинного обучения, используемый для классификации и регрессии. SVM эффективен для задач с четкими границами между классами, но плохо масштабируется на большие наборы данных и требует значительных вычислительных ресурсов.

Общая проблема для всех моделей данной технологии – это необходимость для предварительного обучения больших объемов обучающих данных, кроме того, необходимо убедиться в корректности

этих данных, так как даже незначительные ошибки могут значительно снизить точность результатов работы систем.

Подводя итог, можно сделать вывод, что уже сейчас искусственный интеллект широко применяется в различных системах защиты. Они помогают как оптимизировать использование человеческого труда, так и более эффективно анализировать, предупреждать, предотвращать компьютерные атаки. ИИ в информационной безопасности предлагает мощные инструменты для защиты от современных угроз, помогая организациям быть более гибкими и проактивными. Однако для эффективного использования ИИ требуется высококачественные данные, постоянное обновление моделей и учет возможных угроз, направленных против самих систем ИИ. Перспективы использования искусственного интеллекта в информационной безопасности весьма обещающие и многогранные. В будущем мы можем ожидать, что искусственный интеллект будет играть все более важную роль в автоматизации защиты, предсказании угроз, а также в принятии более быстрых и точных решений в реальном времени.

Библиографический список

1. Отчет Кибератаки на российские компании в I квартале 2023 года // rt-solar. URL: <https://rt-solar.ru/upload/iblock/ad3/3j9s24qws3lcnjmoilaowut9afff7jco/Otchet-Kiberataki-na-rossiyskie-kompanii-v-I-kvartale-2023-goda.pdf> (дата обращения: 21.10.2024).
2. Искусственный интеллект. Машинное обучение / Д. Картер – «Автор», 2024. (Искусственный интеллект)
3. Искусственный интеллект в информационной безопасности // Security Lab URL: <https://www.securitylab.ru/blog/personal/Morning/353714.php> (дата обращения: 10.11.2024).
4. Шелухин О.И., Осин А.В. Безопасность сетевых приложений / под ред. д-ра техн. наук О.И. Шелухина. М.: Горячая линия – Телеком, 2021. 224 с.: ил. (Серия «Интеллектуальные технологии информационной безопасности»; Вып. 2). ISBN 978-5-9912-0911-3.
5. Козлова Н.Ш., Довгаль В.А. Анализ применения искусственного интеллекта и машинного обучения в кибербезопасности // Вестник Адыгейского государственного университета. 2023. № 3. С. 326.
6. Чугунов В.В. Концепция средств защиты на основе применения искусственного интеллекта для обеспечения кибербезопасности государства / В.В. Чугунов, К.В. Найденова // Российский экономический интернет-журнал. 2023. № 1.
7. Евсеев В.И. Искусственный интеллект в современном мире: надежды и опасности создания и использования // Аэрокосмическая техника и технологии. 2023. Т. 1. № 1. С. 16–34.

© Мударисов Р.А., 2024

УДК 004.056

Н.А. ПЕРЕЛЫГИН, Л.Р. ГАФАРОВ

n-perelygin@inbox.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доцент **А.Ю. СЕНЦОВА**

Уфимский университет науки и технологий

РОЛЬ DLP-СИСТЕМЫ В ПРЕДОТВРАЩЕНИИ УТЕЧЕК ДАННЫХ

Аннотация: в статье рассматривается применение Data Leak Prevention (DLP) технологии для защиты конфиденциальной информации от утечки, виды системы и его основной функционал.

Ключевые слова: DLP-система; утечка данных; мониторинг пользователей; управление инцидентами; протоколирование событий; инсайдерские угрозы.

Введение

Предотвращение утечек (англ. Data Leak Prevention, DLP) – системы представляют собой комплексные программно-аппаратные решения, предназначенные для мониторинга, анализа и контроля за перемещением конфиденциальной информации в корпоративной сети.

За первые четыре месяца 2023 года произошло 75 утечек из российских коммерческих компаний и госорганизаций. Это в 1,5 раза больше по сравнению с аналогичным периодом прошлого года, когда зафиксировали 49 утечек. Основная часть утечек по-прежнему обусловлена не растущими возможностями киберпреступников, а действиями мотивированных инсайдеров. Согласно статистике компании СерчИнформ [1], 73 % корпоративных устройств содержат конфиденциальные данные, однако только 36 % организаций оснащены системами предотвращения утечек данных (DLP), что подчеркивает актуальность исследования данной проблемы.

Основной задачей DLP-систем является предотвращение утечек данных как от внешних угроз, так и от действий внутренних инсайдеров. Внутренние угрозы могут включать непреднамеренное раскрытие конфиденциальной информации, которое может произойти на рабочем месте сотрудника, если он не ознакомлен с политикой безопасности компании или не понимает уровня секретности информации. В то время как инсайдеры – это лица, имеющие доступ к конфиденциальным данным, которые намеренно распространяют их для личной выгоды, их основной целью является перемещение данных за пределы организации. Внешние угрозы, в свою очередь, исходят от злоумышленников, находящихся за пределами компании, которые с помощью вредоносного ПО или социальной инженерии могут получить доступ к конфиденциальной информации.

Основными функциями DLP-систем являются [2]:

1. Контроль передачи данных через сеть Internet.
2. Контроль передачи данных через e-mail.
3. Контроль сохранения информации на внешнем носителе и сетевом хранилище.
4. Работа со стек протоколов Transmission Control Protocol (TCP)/ Internet Protocol (IP).
5. Контроль аппаратных систем для вывода информации в бумажном виде.
6. Блокирование попыток сохранения, изменения, удаления перемещения, конфиденциальной информации.
7. Блокирование нежелательных электронных ресурсов на ПК сотрудников.
8. Соблюдение политик безопасности компании сотрудниками
9. Контроль телефонии.
10. Контроль над буфером обмена.

Целью DLP-системы является выявление утечек информации путем контроля и анализа корпоративной информации, а также минимизация рисков утечки информации, обеспечивая таким образом защиту конфиденциальных данных от несанкционированного доступа и распространения.

Виды DLP-систем.

DLP-системы подразделяются на три основные группы их работы:

1. Хостовые DLP-системы: одна из самых распространенных вариаций DLP-систем, в которой агенты устанавливаются на конечные точки. Самым главным плюсом данного типа является возможность реагирование на анализ данных, передаваемых по зашифрованным каналам, а также мониторинг рабочего стола компьютера и его периферии.
2. Серверные DLP-системы позволяют осуществлять полный мониторинг сетевых протоколов, включая стек TCP/IP, а также методы передачи данных в облачные хранилища. Однако основным ограничением контроля на сетевом уровне является невозможность анализа зашифрованного трафика.
3. Облачные DLP-системы представляют собой специализированные решения для защиты данных, хранимых и передаваемых через облачные сервисы. В отличие от традиционных DLP-систем, которые фокусируются на защите данных внутри корпоративной сети, облачные решения направлены на предотвращение утечек в условиях работы с данными в внешних, часто менее контролируемых средах.

Проблематика законности DLP-систем.

Несмотря на все перечисленные плюсы, одним из самых главных минусов является легализация DLP-системы в компании. Так как администратор DLP-системы имеет возможность присматривать всю

информацию на рабочей станции сотрудника, что исходя из статьи ст. 137 Уголовного Кодекса Российской Федерации [4] нарушает неприкосновенность частной жизни, а также по статье № 138 Уголовного кодекса Российской Федерации от 10.06.2024 [5] за нарушение тайны переписки, является незаконным. От данных ограничений в работе с DLP-системой можно избавиться, если тщательно подойти к оформлению трудового договора с сотрудником и прописать возможность использования DLP-системы для мониторинга событий информационной безопасности в Политике безопасности компании, а также взять согласие у сотрудника на использование DLP-системы на его рабочем месте.

Одним из преимуществ DLP-системы является возможность использовать обнаруженные с ее помощью инциденты в качестве доказательной базы для последующего судебного разбирательства. Однако для этого необходимо иметь полный перечень конфиденциальной информации, доказательства ее утечки, а также провести оценку степени серьезности нарушения.

Создание политик безопасности в DLP-системах.

Ключевым моментом работы с DLP-системами является создание политик безопасности. Их создание начинается с идентификации и классификации данных, которые необходимо защитить, а уже затем необходимо создать политики безопасности. В большинстве DLP систем имеются предустановленные производителем. Не нужно ими пренебрегать, так как благодаря ним, можно сразу начать работать с DLP-системой, а также предустановленные политики можно доработать для своей отрасли. Сами политики безопасности служат для уведомления администраторов о нарушениях этих же политик. Они отправляются при выявлении соответствия требованиям правила и факта нарушения.

Плюсом большинства DLP-систем является возможность работы с Active Directory и работать напрямую с группами лиц.

При создании правил дополнительно необходимо создать базы данных для дальнейшей работы с шаблонами и выявления сигнатур, таких как номера кредитных карт, идентификаторы, форматы документов, могут определять типы конфиденциальной информации. В дальнейшей работе с DLP-системой можно контролировать различные аспекты, связанные с конфиденциальной информацией или человеком, на чьем рабочем месте установлен программа-агент.

Политики также подразделяются на несколько видов:

1. Обычное правило, которое на основе комбинации условий поискового запроса. Также есть возможность использования логических операторов. Поисковые условия могут иметь различный вид поиска, например: ip-адрес отправителя, домен отправителя, время отправления, URL, процессы, статус документа.

2. Правила контроля по словарю предназначен для обнаружения слов в массиве перехваченных данных, принадлежащих заранее заготовленному словарю.

3. Статистическое правило уведомляет о сетевых событиях, произошедших за определенный промежуток времени.

4. Правила основанные на цифровом отпечатке срабатывает при обнаружении отправки файла с отслеживаемым файлом по цифровому отпечатку.

Некоторые DLP-системы поддерживают использование пользовательских скриптов для расширения функционала. Такие скрипты выполняются при срабатывании политики безопасности. Поддерживаются различные форматы скриптов, включая CMD (bat, cmd), EXE, PowerShell (ps1) и Python (py). Скрипты могут быть запущены напрямую с использованием соответствующего интерпретатора (например, powershell.exe или python.exe) с указанием пути к скрипту. Также возможно использование bat-файлов для запуска интерпретатора или приложения (например, PowerShell, Python) с заданными параметрами.

Мониторинг в DLP-системах.

DLP-системы позволяют эффективно осуществлять мониторинг действий пользователей и контроля данных в рамках организации и отправку его за пределы компании. Все произошедшие инциденты отображаются на панели самой DLP-системы, есть возможность уведомление на почту, а также благодаря скриптам, можно осуществить отправку уведомлений в любой мессенджер.

Также в некоторых DLP-системах присутствует функция аудио- и видеомониторинга. Данная функция предоставляет возможность наблюдать за действиями сотрудников на рабочем месте, а также отслеживать их переговоры, включая информацию о собеседниках и обсуждаемых темах.

При этом функционал «анализа рисков» представляет собой аналитическую систему, предназначенную для выявления аномальных и потенциально опасных для организации изменений в поведении сотрудников. Функционал заключается в моделировании поведения сотрудников с присвоением соответствующего уровня риска, информирования специалистов отдела безопасности о выявленных инцидентах и изменениях уровней риска, а также мониторинга изменений в поведении сотрудников.

Заключение

DLP-системы являются важным инструментом для защиты корпоративной информации, особенно в условиях растущих угроз со стороны инсайдеров. Несмотря на сложность настройки, в конечном результате можно получить хороший инструмент для информационной безопасности.

Библиографический список

1. Глобальное исследование уровня информационной безопасности в компаниях России и СНГ за 2023 год [Электронный ресурс]. URL: <https://searchinform.ru/survey/Moscow-organizations-2023/> (дата обращения: 18.11.2024).
2. DLP-системы и их роль в защите от утечек конфиденциальной информации [Электронный ресурс] cyberleninka. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/dlp-sistemy-i-ih-rol-v-zaschite-ot-utechek-konfidentsialnoy-informatsii> (дата обращения (18.11.2024)).
3. DLP-системы и тайна личных переписок [Электронный ресурс] cyberleninka. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/dlp-sistemy-i-taynalichnyh-pererisok> (дата обращения 19.11.2024).
4. Уголовный кодекс Российской Федерации: [федеральный закон от 13.06.1996 № 63-ФЗ] (последняя редакция от 10.06.2024). Статья 137 нарушение неприкосновенности частной жизни [Электронный ресурс] Консультант Плюс. URL: <https://www.consultant.ru/document/> (дата обращения 19.11.2024)/
5. Уголовный кодекс Российской Федерации: [федеральный закон от 13.06.1996 № 63-ФЗ] (последняя редакция от 10.06.2024). Статья 138 Нарушение тайны переписки, телефонных переговоров, почтовых, телеграфных или иных сообщений [Электронный ресурс] Консультант Плюс. URL: <https://www.consultant.ru/document/> (дата обращения 19.11.2024).
6. Возможности современных DLP-систем: как защитить внутренние данные компании от утечек [Электронный ресурс]. URL: https://www.anti-malware.ru/analytics/Technology_Analysis/Modern-DLP-systems-capabilities#part5 (дата обращения 19.11.2024).

© Перелыгин Н.А., Гафаров Л.Р., 2024

Р.Р. САБИТОВ, Е.Д. КОНДРОВ, А. Ю. СЕНЦОВА

rusya.sabitov.03@mail.ru, egor.kondrov@gmail.com,

sentsova.alina@yandex.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доцент **А.Ю. СЕНЦОВА**

Уфимский университет науки и технологий

ОБЗОР И СРАВНЕНИЕ СКАНЕРОВ БЕЗОПАСНОСТИ

Аннотация: в данной статье рассматриваются сканеры безопасности, как от отечественных производителей, так и от зарубежных, а также производится их сравнение. По результатам сравнения выявлено, насколько тот или иной сканер безопасности функционален.

Ключевые слова: сканер; MaxPatrol, RedCheck, Сканер-ВС, OpenVas, сравнение.

Введение

В наше время ИТ играет важную роль в нашей жизни. Благодаря им, мы получаем доступ к необходимой информации, общаемся с друг другом, упрощаем различные рабочие процессы на предприятиях. К сожалению, с развитием ИТ параллельно растет и количество угроз ИБ. В связи с этим необходимо использовать сканеры безопасности – программно-аппаратный инструмент, способный обнаруживать уязвимости.

Обзор сканеров

В рамках статьи проведен сравнительный анализ четырех современных продуктов для поиска уязвимостей системы:

1. Сканер ВС-6 от “Эшелон”.
2. MaxPatrol 10 (VM) от “Positive Technologies”.
3. RedCheck от “АЛТЭК-СОФТ”.
4. OpenVas от компании “Greenbone”.

Сканер ВС-6

Сканер ВС-6 содержит в себе множество инструментов, которые предназначены для комплексной оценки безопасности информационных систем. Он позволяет находить уязвимости ПО, проводить идентификацию ОС, сканировать сетевые узлы и сервисы, построить топологию сети, подключиться к узлу для сбора информации, проверить стойкость сетевых паролей.

Благодаря простому интерфейсу (рис. 1), принцип работы сканера реализован достаточно легко и представляет собой поэтапное выполнение действий, а именно:

1. Исследование сети, после которого найдутся все подключенные хосты;

2. Инвентаризация, после которой получаем информацию об узле;
3. Поиск уязвимостей, в которой находим наши “бреши”;
4. Создание отчета, где можно будет ознакомиться с результатами.

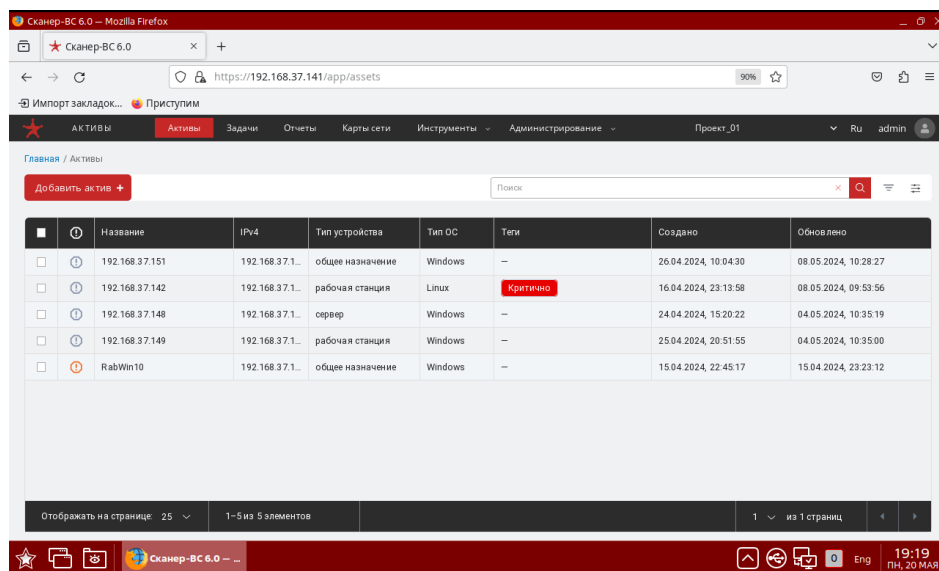


Рис. 1. Интерфейс сканера BC-6

MaxPatrol 10 (VM)

Представляет собой комплекс для обеспечения безопасности, куда входит сбор, хранение и анализ данных о событиях, происходящих в IT-инфраструктуре организации.

Основными функциями MaxPatrol 10 (VM) являются: инвентаризация активов, сбор данных о событиях, выявление и управление инцидентов ИБ на основе данных событий и визуализация данных и дальнейшее отображение их на веб-интерфейсе.

Интерфейс MaxPatrol 10 (VM) (рис. 2) содержит в себе большое количество дашбордов, которые показывают всю актуальную информацию для эффективной работы.

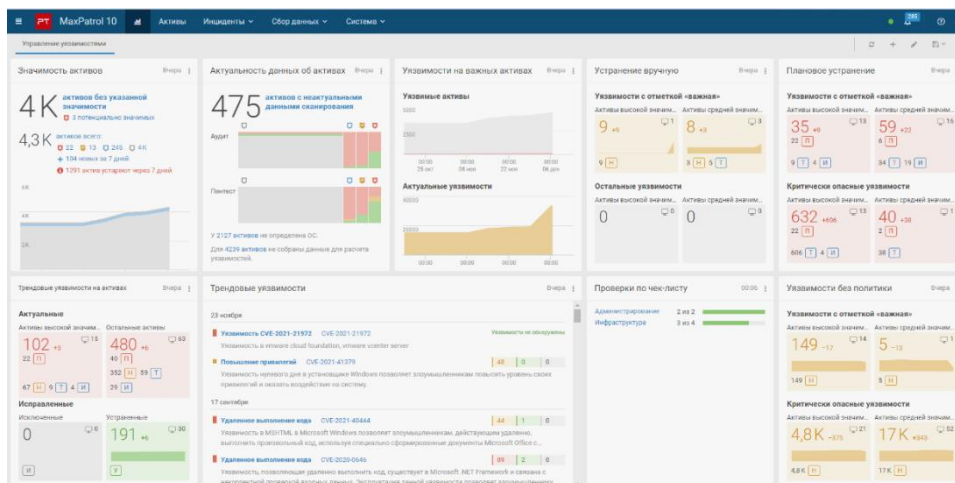


Рис. 2. Интерфейс MaxPatrol VM

Принцип работы основан на взаимодействии компонентов:

1. Сбор данных об IT-инфраструктуре организации. Этим занимаются MP 10 Collector и MP NAD.
2. Обработкой данных занимаются MP SIEM и MP 10 Core.
3. Используя Knowledge Base, компонент MP 10 Core рассчитывает уязвимости на активах.
4. Построением отчета занимается пользователь, который подключается к компоненту MP 10 Core через веб-интерфейс в соответствии с правами, которые назначены в РТ МС.
5. Данные об угрозах ИБ предоставляет РТ СР.
6. Для обновления Knowledge Base используется компонент РТ UCS.

RedCheck

Предлагает комплексный подход к анализу защищенности инфраструктуры предприятия. Позволяет обнаруживать хосты в сети и сканировать на наличие уязвимостей, проводить контроль конфигураций, аудит парольной политики, инвентаризацию, управлять обновлениями.

Интерфейс RedCheck (рис. 3) как и Max Patrol VM содержит в себе дашборды, но их значительно меньше.

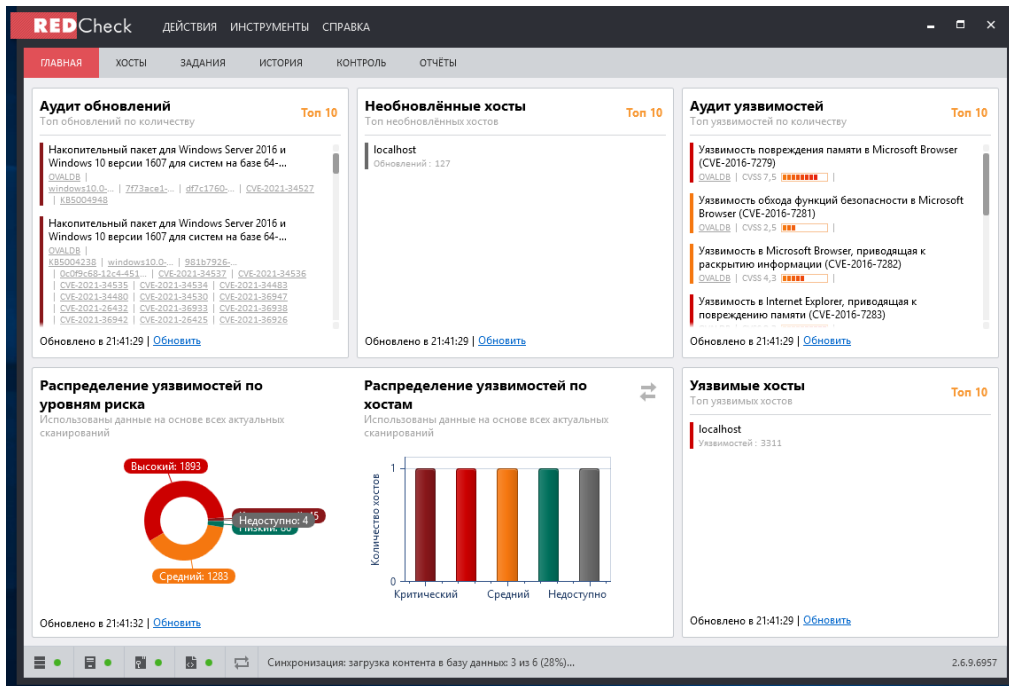


Рис. 3. Интерфейс RedCheck

Принцип работы в данном сканере заключается в следующем:

1. Сначала создается группа, куда вносится хост, который нужно просканировать;
2. В менеджер учетных записей вносится учетная запись с правами администратора от этого хоста;
3. Создается задание на сканирование и выбирается профиль;
4. С результатами сканирования можно ознакомиться во вкладке «История».

OpenVas

Сканер является бесплатным продуктом и позволяет сканировать хосты на наличие уязвимостей.

Интерфейс сканера (рис. 4) на первый взгляд воспринимается тяжело, что в последствии изначально ограничивает доступ к функциям и настройкам.

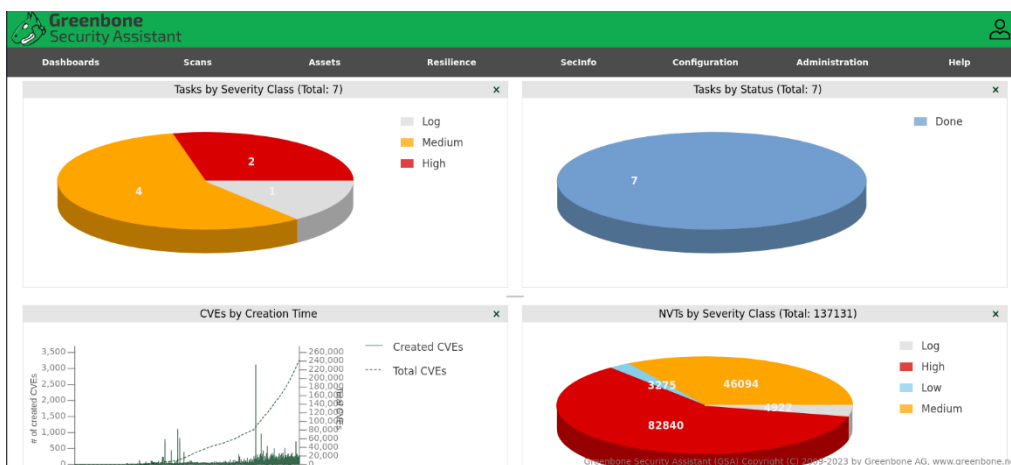


Рис. 4. Интерфейс сканера OpenVas

Принцип работы выглядит следующим образом:

1. Настраивается конфигурация сканирования
2. Проводится сканирование
3. Анализирование полученных данных
4. Построение отчета

Сравнение сканеров безопасности

Критерии

Для сравнения определили следующие критерии:

1. Возможность сканирования в режиме черного и белого ящика
2. Поддерживаемые ОС для сканирования
3. Безопасность АСУ ТП
4. Разнообразие баз
5. Поиск уязвимостей
6. Возможность приоритизации уязвимостей
7. Группировка активов
8. Возможность взаимодействия с другими системами ИБ

Подготовка

Взяты версии продуктов, а также был взят в качестве хоста Windows Server 2016.

Результаты

Таблица 1

Таблица сравнения сканеров

	Сканер BC 6	Max Patrol 10 (VM)	RedCheck Professional	OpenVas
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
1. Возможность сканирования в режиме черного и белого ящика	Только в режиме «Белого» ящика	Есть «Белый» и «Черный» ящик»	Есть «Белый» и «Черный» ящик	Только в режиме «Белого» ящика
2. Поддерживаемые ОС для сканирования	Windows, Linux, Unix	«РЕД ОС», Microsoft Windows Linux (Debian, Oracle, Ubuntu, Asta Linux SE, CE)	Microsoft Windows, Linux (Debian, Oracle, Ubuntu, CentOS)	Windows, Linux
3. Безопасность АСУ ТП	отсутствует	Есть при приобретении	Есть, но докупается как отдельный модуль (на 1 год 1 200 000 рублей)	отсутствует

1	2	3	4	5
4. Разнообразие баз	БДУ ФСТЭК России NVD NIST База Debian GNU/Linux Ubuntu	CVE, БДУ ФСТЭК России	БДУ ФСТЭК России NVD NIST CVE	CVE NVT
5. Поиск уязвимостей (в расчет берутся высокие и критические)	Было найдено 2197 уязвимостей	Было найдено 737 уязвимостей	Было найдено 1941 уязвимостей	Было найдено 99 уязвимостей
6. Приоритизация уязвимостей	Отсутствует	Есть	Отсутствует	Отсутствует
7. Группировка активов	Есть, с помощью проектов	Есть, с помощью групп	Есть, с помощью групп	Отсутствует
8. Интеграция с другими системами управления ИБ	Есть. Но только со своими продуктами, например, “Комрад-SIEM”	Есть. Но только со своими продуктами (MP 8 и MP SIEM)	Есть. Может интегрироваться с другими продуктами с такими как MaxPatrol SIEM и др.	Отсутствует

По результатам табл. 1 можно увидеть, как MaxPatrol и RedCheck являются схожими по характеристикам, отличия в функциональном наполнении этих сканеров минимальны, следом за ними идет Сканер ВС, который незначительно уступает своим отечественным конкурентам. Наиболее слабые результаты при сравнении показал сканер OpenVas, который значительно уступает отечественным продуктам, однако имеет несомненное достоинство – наличие бесплатной версии продукта.

Заключение

В рамках данной статьи были рассмотрены популярные продукты российского рынка сканеров безопасности, а также приведено их сравнение между собой и сравнение с зарубежным продуктом OpenVas. Результаты статьи могут быть использованы для выбора сканера безопасности для предприятия, при котором будут учитываться объективные факторы, а именно, технические характеристики данных сканеров.

Библиографический список

1. Руководство оператора Max Patrol VM / [Электронный ресурс] // ptsecurity.com: [сайт]. URL: https://www.ptsecurity.com/upload/corporate/ru-ru/products/mpvm/ptmpvm2.0_operatorguide_ru.pdf?clckid=32e78198 (дата обращения: 17.11.2024).
2. Справочный портал Max Patrol 10 / [Электронный ресурс] // ptsecurity.com: [сайт]. URL: <https://help.ptsecurity.com/ru-RU/projects/mp10/26.2/help/709049099?clckid=81b8efc8> (дата обращения: 17.11.2024).
3. Руководство администратора RedCheck / [Электронный ресурс] // docs.redcheck.ru: [сайт]. URL: <https://clck.ru/3AwPvz> (дата обращения: 17.11.2024).
4. Руководство пользователя Сканера-ВС 6 / [Электронный ресурс] // disk.yandex.ru: [сайт]. URL: <https://disk.yandex.ru/i/kC32AFacK0tEhA> (дата обращения: 17.11.2024).
5. Руководство пользователя OpenVas / [Электронный ресурс] // www.geeksforgeeks.org: [сайт]. URL: <https://www.geeksforgeeks.org/installing-openvas-on-kali-linux/?clckid=b189ef42> (дата обращения: 17.11.2024).
6. Статья “Сканеры уязвимостей – обзор мирового и российского рынков” / [Электронный ресурс] // www.anti-malware.ru: [сайт]. URL: https://www.anti-malware.ru/analytics/Market_Analysis/Vulnerability-scanners-global-and-Russian-markets?clckid=813fd3c2 (дата обращения: 17.11.2024).

© Сабитов Р.Р., Кондров Е.Д., Сенцова А.Ю., 2024

Р.Ф. СУЛЕЙМАНОВ, М.К. СМИЛЬГЯВИЧУС, Е.А. ГОСТЕНОВ

ramil.vakhitov.01@mail.ru, maximsmilgyavichus@yandex.ru,

gosten55@mail.ru

Науч. руковод. – ст. преп. каф. ВТиЗИ А.И. ЛУЦКОВИЧ

Уфимский университет науки и технологий

ПРИМЕНЕНИЕ АНТИФРОД-СИСТЕМ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ИНТЕРНЕТ-ТРАНЗАКЦИЙ

Аннотация: в статье рассматриваются основные методы и технологии антифрод-систем, их эффективность и примеры успешного применения в различных отраслях. Особое внимание уделяется проблемам и вызовам, с которыми сталкиваются антифрод-системы, а также рекомендациям для их преодоления. Исследование направлено на повышение осведомленности о важности антифрод-систем и их роли в обеспечении безопасности интернет-транзакций.

Ключевые слова: антифрод-системы, интернет-транзакции, мошенничество, анализ транзакций, киберугрозы, биометрическая аутентификация, многофакторная аутентификация, машинное обучение, искусственный интеллект, технологические ограничения, адаптация к мошенничеству.

Введение

В последние годы наблюдается стремительный рост числа интернет-транзакций и электронной коммерции. С развитием цифровых технологий и увеличением доступности интернета, все больше людей предпочитают совершать покупки, оплачивать услуги и управлять своими финансами онлайн. Этот тренд особенно усилился в условиях пандемии COVID-19, когда многие традиционные методы ведения бизнеса и личных финансов стали недоступными или менее удобными.

Однако, вместе с ростом объема интернет-транзакций, увеличивается и число угроз мошенничества и кибератак. Мошенники находят все новые способы обмана и кражи данных, что ставит под угрозу безопасность как отдельных пользователей, так и крупных компаний. Фишинг, скимминг, идентификационное мошенничество и другие виды киберпреступлений становятся все более изощренными и сложными для обнаружения.

В таких условиях антифрод-системы становятся критически важными для обеспечения безопасности интернет-транзакций. Эти системы предназначены для обнаружения и предотвращения мошеннических действий, защиты данных пользователей и минимизации финансовых потерь. Они используют различные методы и технологии, включая анализ

транзакций, биометрическую аутентификацию, многофакторную аутентификацию и анализ поведения пользователей.

Цель данного исследования – рассмотреть основные методы и технологии антифрод-систем, проанализировать их эффективность и рассмотреть примеры успешного применения в различных отраслях. Мы также обсудим проблемы и вызовы, с которыми сталкиваются антифрод-системы, и предложим рекомендации для их преодоления.

Таким образом, данная работа направлена на повышение осведомленности о важности антифрод-систем и их роли в обеспечении безопасности интернет-транзакций. Мы надеемся, что представленные материалы будут полезны как для специалистов в области информационной безопасности, так и для широкой аудитории, интересующейся вопросами защиты своих данных и финансов в цифровом мире.

Основные понятия и термины

Мошенничество в интернете – это неправомерные действия, направленные на обман пользователей с целью получения финансовой выгоды или доступа к конфиденциальной информации. Основные виды мошенничества включают:

1. Фишинг – метод мошенничества, при котором злоумышленники пытаются получить конфиденциальную информацию (например, пароли, номера кредитных карт) под видом доверенного лица или организации.

2. Скимминг – установка устройств для считывания данных с банковских карт, часто используемых в банкоматах и терминалах оплаты.

3. Идентификационное мошенничество – использование личных данных другого человека для совершения незаконных действий, таких как получение кредитов или совершение покупок.

4. Киберсквоттинг – регистрация доменных имен, похожих на известные бренды, с целью перенаправления пользователей на мошеннические сайты.

Антифрод-системы – это комплексные решения, предназначенные для обнаружения и предотвращения мошеннических действий в интернете. Основные функции антифрод-систем включают:

1. Анализ транзакций – мониторинг и анализ финансовых операций для выявления подозрительной активности.

2. Биометрическая аутентификация – использование уникальных биометрических данных (например, отпечатков пальцев, лицевой биометрии) для подтверждения личности пользователя.

3. Многофакторная аутентификация (MFA) – метод аутентификации, требующий подтверждения личности пользователя с помощью нескольких независимых факторов (например, пароль и одноразовый код, отправленный на мобильный телефон).

4. Анализ поведения пользователей – мониторинг и анализ поведения пользователей для выявления аномалий и подозрительной активности.

Антифрод-системы можно классифицировать по различным признакам:

1. По типу анализа:

– реальное время – анализ транзакций и поведения пользователей в момент их совершения;

– пост-транзакционный анализ – анализ данных после совершения транзакции для выявления мошеннических действий.

2. По используемым технологиям:

– машинное обучение и искусственный интеллект – использование алгоритмов для автоматического обнаружения и классификации мошеннических действий;

– биометрические технологии – использование биометрических данных для аутентификации пользователей;

– многофакторная аутентификация – использование нескольких факторов для подтверждения личности пользователя.

3. По области применения:

– банковский сектор – защита банковских операций и транзакций;

– электронная коммерция – защита онлайн-покупок и платежей;

– финансовые технологии (fintech) – защита инновационных финансовых сервисов и платформ.

Методы и технологии антифрод-систем

Анализ транзакций – это процесс мониторинга и анализа финансовых операций для выявления подозрительной активности. Основные методы анализа транзакций включают:

1. Реальное время и пост-транзакционный анализ:

– реальное время – анализ транзакций в момент их совершения, что позволяет мгновенно обнаруживать и предотвращать мошенничество;

– пост-транзакционный анализ – анализ данных после совершения транзакции для выявления мошеннических действий, которые могли быть пропущены в реальном времени.

2. Использование машинного обучения и искусственного интеллекта:

– машинное обучение – использование алгоритмов для автоматического обнаружения и классификации мошеннических действий на основе исторических данных;

– искусственный интеллект – применение сложных моделей и алгоритмов для анализа больших объемов данных и выявления сложных паттернов мошенничества.

Биометрическая аутентификация – это метод подтверждения личности пользователя на основе уникальных биометрических данных. Основные виды биометрической аутентификации включают:

1) лицевая биометрия – использование уникальных черт лица для подтверждения личности пользователя. Этот метод широко применяется в мобильных устройствах и системах безопасности;

2) голосовая биометрия – использование уникальных характеристик голоса для подтверждения личности пользователя. Этот метод часто применяется в системах телефонной аутентификации.

3) Поведенческая биометрия – анализ поведения пользователя, такого как способ набора текста, движения мыши или сенсорного экрана, для подтверждения личности. Этот метод позволяет выявлять аномалии в поведении и обнаруживать мошенничество.

Многофакторная аутентификация (MFA) – это метод аутентификации, требующий подтверждения личности пользователя с помощью нескольких независимых факторов. Основные виды MFA включают:

1) пароль и одноразовый код – пользователь вводит пароль и получает одноразовый код на мобильный телефон или через приложение для аутентификации;

2) биометрические данные и пароль – пользователь вводит пароль и подтверждает личность с помощью биометрических данных, таких как отпечаток пальца или лицевая биометрия;

3) физический токен и пароль – пользователь вводит пароль и использует физический токен (например, USB-ключ) для подтверждения личности.

Анализ поведения пользователей – это метод мониторинга и анализа поведения пользователей для выявления аномалий и подозрительной активности. Основные методы анализа поведения включают:

1. Моделирование нормального поведения

– создание моделей нормального поведения пользователей на основе исторических данных. Это позволяет выявлять отклонения от нормального поведения.

2. Обнаружение аномалий

– использование алгоритмов для обнаружения аномалий в поведении пользователей, таких как необычные транзакции, изменения в способе ввода данных или необычные временные паттерны активности.

Для повышения эффективности антифрод-систем часто используется интеграция различных методов и технологий. Например, комбинация анализа транзакций, биометрической аутентификации и многофакторной аутентификации позволяет создать многослойную защиту, которая значительно снижает риск мошенничества.

Примеры успешного применения антифрод-систем

Банковский сектор

Пример 1: Использование антифрод-систем в крупных банках.

Крупные банки, такие как JPMorgan Chase, Wells Fargo и HSBC, активно используют антифрод-системы для защиты своих клиентов и предотвращения финансовых потерь. Эти банки внедряют передовые технологии, включая машинное обучение и искусственный интеллект, для анализа транзакций в реальном времени.

– JPMorgan Chase использует системы, которые анализируют миллионы транзакций ежедневно, выявляя подозрительные операции и предотвращая мошенничество. Благодаря этому, банк смог значительно снизить уровень мошенничества и повысить уровень доверия клиентов.

– Wells Fargo внедрил многофакторную аутентификацию и биометрическую аутентификацию для повышения безопасности онлайн-банкинга. Эти меры позволили значительно снизить число случаев несанкционированного доступа к счетам клиентов.

Пример 2: Применение биометрической аутентификации.

Банки, такие как Bank of America, активно используют биометрическую аутентификацию для повышения безопасности. Например, Bank of America внедрил лицевую биометрию для аутентификации клиентов при входе в мобильное приложение. Это позволило значительно снизить риск мошенничества и упростить процесс аутентификации для клиентов.

Электронная коммерция

Пример 1. Использование антифрод-систем в интернет-магазинах.

Крупные интернет-магазины, такие как Amazon и eBay, активно используют антифрод-системы для защиты своих клиентов и предотвращения финансовых потерь. Эти платформы внедряют передовые технологии, включая анализ поведения пользователей и многофакторную аутентификацию.

– Amazon использует сложные алгоритмы машинного обучения для анализа транзакций и выявления подозрительной активности. Это позволяет компании быстро реагировать на попытки мошенничества и защищать своих клиентов.

– eBay внедрил многофакторную аутентификацию и анализ поведения пользователей для повышения безопасности. Эти меры позволили значительно снизить число случаев мошенничества и повысить уровень доверия клиентов.

Пример 2. Применение анализа поведения пользователей.

Интернет-магазины, такие как Zappos, активно используют анализ поведения пользователей для выявления аномалий и подозрительной активности. Например, Zappos внедрил системы, которые анализируют

поведение пользователей и выявляют отклонения от нормального поведения. Это позволило значительно снизить риск мошенничества и защитить клиентов.

Финансовые технологии (FinTech)

Пример 1. Использование антифрод-систем в стартапах.

Стартапы в области финансовых технологий, такие как Revolut и Stripe, активно используют антифрод-системы для защиты своих клиентов и предотвращения финансовых потерь. Эти компании внедряют передовые технологии, включая машинное обучение и искусственный интеллект.

– Revolut использует сложные алгоритмы машинного обучения для анализа транзакций и выявления подозрительной активности. Это позволяет компании быстро реагировать на попытки мошенничества и защищать своих клиентов.

– Stripe внедрил многофакторную аутентификацию и анализ поведения пользователей для повышения безопасности. Эти меры позволили значительно снизить число случаев мошенничества и повысить уровень доверия клиентов.

Пример 2. Применение биометрической аутентификации.

Компании, такие как PayPal, активно используют биометрическую аутентификацию для повышения безопасности. Например, PayPal внедрил лицевую биометрию для аутентификации клиентов при входе в мобильное приложение. Это позволило значительно снизить риск мошенничества и упростить процесс аутентификации для клиентов.

Проблемы и вызовы

Несмотря на значительные успехи в области антифрод-систем, существует ряд проблем и вызовов, которые необходимо учитывать и решать для повышения их эффективности.

Ложные срабатывания – это ситуации, когда антифрод-система ошибочно идентифицирует законную транзакцию как мошенническую. Это может привести к неудобствам для пользователей и снижению их удовлетворенности.

Проблема: ложные срабатывания могут вызвать задержки в обработке транзакций, что негативно сказывается на пользовательском опыте.

Решение: для минимизации ложных срабатываний необходимо использовать более точные алгоритмы машинного обучения и искусственного интеллекта, а также регулярно обновлять и калибровать системы на основе новых данных.

Соответствие нормативным требованиям – это необходимость соблюдения различных законодательных и регуляторных норм, которые могут варьироваться в зависимости от страны и отрасли.

Проблема: несоблюдение нормативных требований может привести к штрафам и санкциям, а также к потере доверия клиентов.

Решение: компании должны регулярно обновлять свои антифрод-системы в соответствии с новыми законодательными актами, такими как GDPR (General Data Protection Regulation) в Европе, и проводить регулярные аудиты для обеспечения соответствия.

Технологические ограничения – это ограничения текущих технологий, которые могут влиять на эффективность антифрод-систем.

Проблема: некоторые технологии могут быть недостаточно развиты для эффективного обнаружения и предотвращения мошенничества.

Решение: инвестиции в исследования и разработки новых технологий, таких как улучшенные алгоритмы машинного обучения и искусственного интеллекта, могут помочь преодолеть эти ограничения.

Управление данными – это процесс сбора, хранения и анализа данных, который является критически важным для эффективного функционирования антифрод-систем.

Проблема: неправильное управление данными может привести к утечкам информации и нарушению конфиденциальности пользователей.

Решение: Внедрение строгих мер безопасности данных, включая шифрование, анонимизацию и регулярные аудиты, может помочь защитить данные пользователей и обеспечить их конфиденциальность.

Адаптация к новым видам мошенничества – это способность антифрод-систем быстро реагировать на новые и изменяющиеся методы мошенничества.

Проблема: Мошенники постоянно разрабатывают новые методы обмана, что требует от антифрод-систем постоянной адаптации.

Решение: Регулярное обновление и обучение антифрод-систем на основе новых данных и трендов мошенничества, а также использование проактивных методов обнаружения мошенничества.

Баланс между безопасностью и удобством – это необходимость обеспечить высокий уровень безопасности без ущерба для удобства пользователей.

Проблема: слишком строгие меры безопасности могут сделать процесс аутентификации и транзакций слишком сложным и неудобным для пользователей.

Решение: Разработка удобных и интуитивно понятных методов аутентификации, таких как биометрическая аутентификация и многофакторная аутентификация, которые обеспечивают высокий уровень безопасности без ущерба для удобства пользователей.

Будущие тенденции и технологии

В будущем можно ожидать дальнейшего развития и усовершенствования антифрод-систем. Основные тенденции включают:

– улучшение алгоритмов машинного обучения и искусственного интеллекта: Разработка более точных и адаптивных алгоритмов для обнаружения и предотвращения мошенничества.

– интеграция новых биометрических технологий: Внедрение новых методов биометрической аутентификации, таких как анализ поведения и физиологических данных.

– развитие блокчейн-технологий: Использование блокчейна для повышения прозрачности и безопасности транзакций.

– интеграция с Интернетом вещей (IoT): Внедрение антифрод-систем в устройства IoT для защиты от киберугроз.

Влияние новых технологий на безопасность интернет-транзакций

Новые технологии, такие как квантовые вычисления, 5G и распределенные системы, могут значительно изменить ландшафт безопасности интернет-транзакций. Квантовые вычисления могут повысить скорость и точность анализа данных, что позволит более эффективно обнаруживать мошенничество. 5G-технологии обеспечат более быструю и надежную передачу данных, что улучшит реальное время анализа транзакций. Распределенные системы, такие как блокчейн, могут повысить прозрачность и безопасность транзакций, снижая риск мошенничества.

Таким образом, будущее антифрод-систем выглядит многообещающим, и их дальнейшее развитие будет способствовать повышению безопасности интернет-транзакций и защите данных пользователей.

Заключение

Исследование показало, что антифрод-системы играют критически важную роль в обеспечении безопасности интернет-транзакций. С ростом объема онлайн-операций и увеличением числа киберугроз, антифрод-системы становятся неотъемлемой частью инфраструктуры безопасности как для крупных компаний, так и для отдельных пользователей. Основные методы и технологии, такие как анализ транзакций, биометрическая аутентификация, многофакторная аутентификация и анализ поведения пользователей, позволяют эффективно обнаруживать и предотвращать мошенничество.

Примеры успешного применения антифрод-систем в банковском секторе, электронной коммерции и финансовых технологиях демонстрируют их высокую эффективность и способность значительно снижать уровень мошенничества. Однако, несмотря на достигнутые успехи, существуют проблемы и вызовы, такие как ложные срабатывания, соответствие нормативным требованиям, технологические ограничения, управление данными, адаптация к новым видам мошенничества и баланс между безопасностью и удобством.

Библиографический список

1. Методика обеспечения безопасности банковских интернет-транзакций на основе антифрод системы [электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-obespecheniya-bezopasnosti-bankovskih-internet-tranzaktsiy-na-osnove-antifrod-sistemy/viewer>.
2. Алгоритм автоматической блокировки диапазонов мошеннических и спамовых телефонных номеров [электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/algoritm-avtomaticheskoy-blokirovki-diapazonov-moshennicheskikh-i-spamovyh-telefonnyh-nomerov/viewer>.
3. Анализ развития мошенничества с цифровой рекламой [электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-razvitiya-moshennichestva-s-tsifrovoy-reklamoy/viewer>.
4. Усовершенствование алгоритмов антифрод-системы на основе использования методов Graph Representation Learning и сетей CycleGAN [электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/usovershenstvovanie-algoritmov-antifrod-sistemy-na-osnove-ispolzovaniya-metodov-graph-representation-learning-i-setey-cyclegan/viewer>.
5. Особенности и перспективы реализации банковских систем противодействия мошенничеству на технологии блокчейн [электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-i-perspektivy-realizatsii-bankovskih-sistem-protivodeystviya-moshennichestvu-na-tehnologii-blokcheyn/viewer>.
6. Применение технологии BIG DATA для обнаружения мошенничества в финансовых операциях [электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-tehnologii-big-data-dlya-obnaruzheniya-moshennichestva-v-finansovyh-operatsiyah/viewer>.
7. Инновационные технологии в сфере кибербезопасности [электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/innovatsionnye-tehnologii-v-sfere-kiberbezopasnosti/viewer>.

© Сулейманов Р.Ф., Смильгявичус М.К., Гостенов Е.А., 2024

И.М. ХАФИЗОВ

iskakhaf17@gmail.com

Науч. руковод. – канд. юрид. наук, доцент **Н.Д. АНДРЕЕВ**

Уфимский университет науки и технологий

ВОПРОСЫ СЕТЕВОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В КОММЕРЧЕСКИХ ОРГАНИЗАЦИЯХ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Аннотация: рассматриваются ключевые проблемы сетевой безопасности в коммерческих организациях. Приводятся статистические данные о росте числа инцидентов, а также примеры использования вредоносного ПО, методов социальной инженерии и кражи персональных данных. Рассматриваются предложения по улучшению киберустойчивости организаций, включая технические и организационные меры защиты.

Ключевые слова: информационная безопасность, сетевая безопасность, кибератаки, вредоносное программное обеспечение, социальная инженерия, похищение учетных данных, киберустойчивость, коммерческие организации, фишинг, многофакторная аутентификация.

Вопрос сетевой безопасности становится одним из ключевых аспектов защиты современных коммерческих организаций. В условиях глобальной цифровизации и усиленной зависимости бизнеса от информационных систем, коммерческие структуры сталкиваются с новыми угрозами, включая вымогательские программы, атаки на цепочки поставок, а также похищение данных. В числе наиболее уязвимых сфер – здравоохранение, финансовый сектор и критически важные объекты инфраструктуры, что подтверждается рядом громких инцидентов.

Злоумышленники адаптируются к новым методам защиты, используя все более сложные атаки. Основной задачей бизнеса становится защита от внешних угроз и минимизация рисков, связанных с человеческим фактором. В статье рассматриваются ключевые проблемы сетевой безопасности в коммерческих организациях, сравниваются данные 2024 года с предыдущими, а также предлагаются решения для предотвращения атак и повышения киберустойчивости.

В 2024 г. наблюдался рост числа кибератак на коммерческие организации. Наиболее частыми видами атак являются атаки с использованием вредоносного программного обеспечения (ВПО), похищение учетных данных и конечно социальная инженерия. По данным исследования Positive Technologies, крупнейшей российской компании в области информационной безопасности, в III квартале 2024 г. количество инцидентов увеличилось на 15 % по сравнению с III кварталом 2023 и

незначительно уменьшилось (на 4 %) по сравнению с предыдущим кварталом. Вредоносное ПО остается главным оружием злоумышленников: оно применялось в 65 % успешных атак на организации, чаще всего использовалось ВПО для удаленного управления (44 %) и шифровальщики (44 %). Социальная инженерия использовалась в 50 % случаев. Более чем в половине успешных атак на организации (52 %) произошли утечки конфиденциальных данных [1].

Атаки с использованием ВПО

Атаки с использованием вредоносных программ остаются одной из основных угроз информационной безопасности. Это связано с тем, что злоумышленники могут легко создавать вредоносное ПО и распространять его с минимальными затратами. Такие возможности открывают путь к широкому использованию подобных программ в зависимости от целей, которые преследуют правонарушители. Злоумышленники часто выбирают человеческий фактор как самое слабое звено. Недостаточная осведомленность людей в области информационной безопасности приводит к тому, что они становятся жертвами фишинговых писем или посещения небезопасных веб-сайтов. Существует множество типов вредоносных программ, но наиболее часто используемые из них – это программы-вымогатели, шпионские программы и программы удаленного управления.

1. Вымогательское ПО (ransomware) – программы для блокировки доступа пользователей к данным путем шифрования отдельных файлов или файловой системы в целом. Обычно доступ возвращается после выплаты злоумышленникам выкупа.

2. Шпионское ПО (spyware) – средства для скрытного отслеживания действий пользователей и кражи различной конфиденциальной информации.

3. ВПО для удаленного управления (remote access trojan, RAT) – программы для управления устройством, на которое они были установлены. Такие программы умеют скрытно записывать экран пользователя и определять его местоположение, регистрировать ввод данных с клавиатуры [2].

Чтобы лучше понять, какими возможностями обладает ВПО, рассмотрим несколько популярных техник, которые могут выполнять вредоносные программы:

1. ВПО имеет возможность собирать данные о конфигурации сети, например, сколько устройств подключено к тому или иному сетевому устройству, IP-адреса устройств, порты, маршруты и другие параметры.

2. Вредоносные программы могут анализировать процессы, происходящие на устройствах. В дальнейшем это поможет при выборе стратегии для атаки жертвы.

3. ВПО может отключить или перегрузить систему. Вредоносное ПО может инициировать процесс завершения работы операционной системы, что приводит к ее выключению или же перегрузить систему, чтобы вызвать сбой в работе системы или скрыть следы атаки, например, путем скрытного рестарта устройства, чтобы избежать обнаружения.

Таким образом, вредоносное ПО остается одним из ключевых инструментов, используемых современными хакерами.

Атаки с применением социальной инженерии

Социальная инженерия – это метод манипулирования людьми с целью получения доступа к конфиденциальной информации или системам. В ходе таких атак злоумышленник выбирает не прямое воздействие на систему, а концентрируется на самом уязвимом звене – человеке [3]. Примером такой атаки может служить ситуация, когда сотрудники компании получают электронное письмо, якобы отправленное IT-отделом, с просьбой подтвердить свои учетные данные на новом портале. Однако содержащаяся в письме ссылка ведет на поддельный сайт, созданный злоумышленниками с целью кражи паролей.

В отличие от традиционных технических атак, в которых хакеры ищут уязвимости в программном обеспечении или инфраструктуре, социальная инженерия сосредоточена на психологических аспектах взаимодействия людей. Большинство атак этого типа подразумевают непосредственный контакт злоумышленника с жертвой. Этапы таких атак позволяют преступникам выстраивать доверительные отношения и эффективно обманывать пользователя. Социальная инженерия, как правило, включает несколько основных фаз. Сперва злоумышленник собирает данные о жертве или группе людей, с которой она контактирует. Затем правонарушитель начинает устанавливать контакт и завоевывать доверие, анализируя уязвимости жертвы. Как только злоумышленник получает необходимую информацию, он исчезает [3].

В 2024 г. примером социальной инженерии стал целевой фишинг. В рамках этих атак злоумышленники используют личные данные для создания более правдоподобных мошеннических схем. Киберпреступники могут, например, выдавать себя за руководителей компании, чтобы запросить срочные финансовые переводы или конфиденциальную информацию. Также участились атаки на высокопоставленных лиц, и наблюдается рост числа случаев смс-фишинга (смишинг) и телефонного фишинга (вишинг). Подобные атаки существенно повышают риски утечек данных и финансовых потерь, что подчеркивает растущую сложность методов социальной инженерии [4].

Похищение учетных данных

Похищение учетных данных остается одной из ключевых угроз для сетевой безопасности коммерческих организаций в 2024 году, и такие атаки составляют около 45 % всех киберинцидентов. Атакующие активно

используют фишинг, социальную инженерию и уязвимости в системах для кражи логинов и паролей. Как правило, злоумышленники затем применяют украденные учетные данные для обхода систем безопасности, что значительно осложняет обнаружение вторжений.

Недостаточное внедрение многофакторной аутентификации (MFA) – одна из причин роста кибератак. Хотя MFA может значительно снизить риск успешного использования украденных учетных данных, только около 35 % компаний внедряют ее для всех своих сотрудников, что оставляет уязвимости в системах безопасности, особенно при удаленной работе [5].

Кроме того, обнаружение атак, на основе украденных учетных данных может занимать много времени. Компания, работающая в сфере информационной безопасности, «Лаборатория Касперского», утверждает, что в большинстве случаев решающее значение имеют первые 72 часа после утечки данных [6]. Компания не сможет мгновенно выявить утечку и решить этот вопрос. Это позволит злоумышленникам оставаться в сети организации длительное время и получать доступ к конфиденциальной информации, увеличивая как стоимость, так и длительность атаки.

Одним из заметных примеров крупной кибератаки в 2024 году стал взлом индийской страховой компании «Star Health and Allied Insurance», специализирующейся на медицинском страховании. В результате атаки была украдена информация 31 миллиона клиентов [1].

Пути решения

Компания «Positive Technologies» предоставила рекомендации для защиты от вредоносных программ [2]. В числе технических мер выделяются такие средства, как межсетевые экраны нового поколения (NGFW) и системы предотвращения вторжений (IPS), которые блокируют доступ к вредоносным сайтам и выполняют роль первой линии защиты. Кроме того, системы EDR (Endpoint Detection and Response) помогают защищать конечные устройства и способны обнаруживать угрозы, которые могут оставаться незамеченными другими инструментами, например, вредоносные вложения в мессенджерах.

Для обнаружения вредоносного ПО можно использовать системы анализа сетевого трафика (NTA), такие как PT NAD, которые выявляют подозрительные действия в сети. Не менее важно регулярно тестировать почтовые средства защиты с помощью сервисов, например, PT Knockin, для имитации атак и оценки уязвимости.

Для организационных мер необходимо разработать политики информационной безопасности, включающие правила безопасного использования почты, мессенджеров и сети. Регулярное обучение сотрудников помогает повысить осведомленность и снизить риски, связанные с фишинговыми атаками и открытием вредоносных вложений [2].

Компания «Лаборатория Касперского» [3] предоставила рекомендации о том, как избежать атак с использованием социальной

инженерии, говоря о важности следовать нескольким ключевым принципам:

1. Не переходить по ссылкам в письмах, проверять URL вручную. Использовать многофакторную аутентификацию и надежные пароли, избегать раскрытия личной информации.

2. Отключать доступ к основной Wi-Fi сети для незнакомцев, использовать VPN для защиты данных и анонимности. Защищать устройства, подключенные к сети.

3. Использовать комплексное антивирусное ПО, блокировать экран устройств и не оставлять их без присмотра. Устанавливать обновления программного обеспечения для предотвращения уязвимостей.

4. Регулярно проверять учетные данные на наличие утечек через специализированные сервисы [3].

Компания «Лаборатория Касперского» также перечислила действия, которые можно предпринять [6], чтобы свести к минимуму вероятность утечки персональных данных с личных и рабочих устройств:

1. Использовать надежные пароли и настроить многофакторную аутентификацию: создавать пароли длиной 10-12 символов, используя буквы, цифры и символы, регулярно обновляя их.

2. Своевременно обновлять программное обеспечение.

3. Регулярно создавать резервные копии данных.

4. Проверять управление доступом: ограничивать доступ к системам только необходимыми правами.

5. Обучать сотрудников: проводить тренинги по кибербезопасности и реагированию на утечки.

Исходя из полученных рекомендаций, можно сделать вывод, что для реализации оптимальной защиты от сетевых угроз и вредоносного ПО в коммерческих организациях необходимо использовать комплексный подход, включающий технические и организационные меры, а также постоянное обучение сотрудников. Внедрить использование систем мониторинга и анализа трафика, межсетевых экранов, регулярное обновление программного обеспечения помогут предотвратить и обнаружить атаки на ранних стадиях.

Библиографический список

1. Positive Technologies. Актуальные киберугрозы: III квартал 2024 года [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ptsecurity.com/ru-ru/research/analytics/aktualnye-kiberugrozy-iii-kvartal-2024-goda/>.

2. Positive Technologies. Вредоносное ПО: исследование поведения и каналов распространения [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ptsecurity.com/ru-ru/research/analytics/malware-behavior-and-distribution-channels/>.

3. Kaspersky. Что такое социальная инженерия? [Электронный ресурс]. URL: <https://www.kaspersky.ru/resource-center/definitions/what-is-social-engineering>.

4. Aura. The 12 Latest Types of Social Engineering Attacks (2024) [Электронный ресурс]. URL: <https://www.aura.com/learn/types-of-social-engineering-attacks>.

5. Berkshire Hathaway company. Report: Credential Attacks Are on the Rise as Traditional MFA Falls Short for Most Organizations [Электронный ресурс]. URL: <https://www.businesswire.com/news/home/20220208005023/en/Report-Credential-Attacks-Are-on-the-Rise-as-Traditional-MFA-Falls-Short-for-Most-Organizations>.

6. Kaspersky. Что делать, если произошла утечка персональных данных [Электронный ресурс]. URL: <https://www.kaspersky.ru/resource-center/preemptive-safety/personal-privacy-breach>

© Хафизов И.М., 2024

А.Ф. ШАЙМАРДАНОВ, Д.И. ЗАГИДУЛЛИН

arturkrasav@yandex.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. **В.Е. КЛАДОВ**

Уфимский университет науки и технологий

МОДЕЛИРОВАНИЕ КИБЕРАТАК: УЧЕБНЫЕ ПОЛИГОНЫ И MITRE CALDERA

Аннотация: в современном мире, где наполнение цифровыми технологиями уже, казалось бы, достигло предела, несмотря на это продолжает свое развитие. Создание уязвимой виртуальной инфраструктуры помогает будущим специалистам на практике изучить векторы действий злоумышленников. В статье раскрываются основные принципы создания таких полигонов, их цель и функциональные возможности MITRE Caldera как ключевого инструмента.

Ключевые слова: Caldera, MITRE, киберполигон, Sysmon, SIEM, Wazuh, ESXi, расследование, кибератака.

В этом случае учебные киберполигоны, в которых есть возможность провести контролируемую атаку, становятся незаменимы в процессе обучения. Они представляют собой копии реальных инфраструктур, исполненные на платформах виртуализации, где студенты могут изучать современные методы защиты информации, проводить различные сценарии атак и анализировать их последствия.

Виртуальная инфраструктура состоит из сетевых устройств, серверов, рабочих станций, устройств безопасности и других компонентов. Для создания такой инфраструктуры используются гипервизоры, которые обеспечивают гибкость и масштабируемость системы.

Для создания виртуальной инфраструктуры одной из лучших решений является платформа виртуализации ESXi. Она предоставляет возможность управлять виртуальными машинами и их сетевым взаимодействием. Используя ESXi можно построить большую топологию сети с различными хостами, необходимыми при моделировании различных атак.

Важной частью инфраструктуры являются операционные системы и сервисы, которые являются целями атак. Необходимо выбрать наиболее разнообразный набор узлов и приложений, для того чтобы студенты могли изучить особенности защиты информации в представленных средах.

Для эффективного повышения навыков в реагировании на киберинциденты необходимо подробно изучать логи с узлов. Возникает необходимость внедрять в системы инструменты мониторинга и сбора телеметрии, которые помогают отслеживать все события, происходящие в системе.

Наиболее популярным и удобным инструментом является Wazuh – система мониторинга безопасности, которая позволяет собирать, агрегировать и анализировать данные безопасности. Wazuh позволяет удобно настроить правила обнаружения подозрительной активности и может работать вместе с другими средствами защиты информации

Sysmon (System Monitor) – еще один важный инструмент, который устанавливается на конечные точки. Он позволяет регистрировать более подробную информацию, а именно создание процессов, изменения в файловой системе, сетевые подключения и подобные события. Эти данные являются ценным источником информации при расследовании инцидентов и позволяют студентам видеть артефакты, оставленные злоумышленником.

MITRE Caldera – это платформа с открытым исходным кодом, разработанная для автоматического моделирования действий злоумышленников. Она основана на базе знаний MITRE ATT&CK, которая систематизирует тактики и техники, используемые при реальных кибератаках. Caldera позволяет создавать сценарии атак, которые максимально приближены к действиям реальных злоумышленников.

Преимуществом использования Caldera является ее способность автоматически выполнять последовательность действий на системах через установленные агенты. Это дает возможность моделировать сложные многоэтапные атаки, включающие в себя сбор тактики и техники MITRE ATT&CK.

Начальным шагом в работе с Caldera является установка платформы на выделенном сервере или виртуальной машине. После необходимо развернуть агентов на целевых машинах киберполигона. Эти агенты будут выполнять команды, отправляемые с сервера Caldera, и передавать обратно результаты выполнения.

Через веб-интерфейс Caldera преподаватели и студенты могут создавать сценарии атак, выбирая из обширного списка доступных тактик и техник. Сценарии строятся под конкретные цели обучения.

С помощью Caldera студенты могут пронаблюдать каким образом строится атака, какие этапы из матрицы MITRE есть в сценарии, так же можно проследить какие артефакты остаются в системе после атаки.

Так же студенты могут предлагать свои атаки и проводить их в киберполигоне без страха того, что в результате их действий инфраструктура полностью сломается. Таким образом можно понять как думает злоумышленник при своих противоправных действиях.

После успешно проведенной атаки студенты могут изучить логи с затронутых систем с помощью инструментов мониторинга и форензики. В данном случае можно приобрести опыт в реагировании на инциденты, выявлении слабых мест инфраструктуры и выработать способность давать корректные рекомендации по устранению уязвимостей.

Так же во время проведения киберучений вырабатывается командная работа, так как студенты взаимодействуют друг с другом с целью решения поставленной задачи и поиска оптимальных способов в поиске артефактов и способов выявления уязвимых мест. Так же преподаватель может направлять участвующих в нужную сторону, обращая внимание на ключевые моменты и поясняя сложные части атак.

Преимуществами создания киберполигона являются:

1. Практический опыт: студенты могут применить полученные знания на практике, что дает более глубокое понимание процессов пентестинга и мониторинга.

2. Безопасная среда: вся активность проходит в виртуальных средах, что исключает безвозвратную поломку атакуемого оборудования

3. Актуальность обучения: можно построить инфраструктуру и вектор атаки, соответствующие актуальным вопросам кибербезопасности.

4. Подготовка к реальной работе: после прохождения сценариев развернутых в киберполигоне студенты более подготовлены к условиям работы в сфере информационной безопасности.

В связи с постоянно меняющимся ландшафтом угроз подготовка качественных кадров в области кибербезопасности является важной задачей. С помощью киберполигонов можно решить данную проблему, так как такой подход способствует закреплению теоретических знаний на практике, обеспечивая всестороннюю подготовку будущих специалистов.

Библиографический список

1. MITRE Corporation. MITRE Caldera: Overview and Capabilities. [Электронный ресурс]. URL: <https://caldera.mitre.org/> (дата обращения: ноябрь 2024).

2. ATT&CK Knowledge Base. MITRE ATT&CK for Enterprise. [Электронный ресурс]. URL: <https://attack.mitre.org/> (дата обращения: ноябрь 2024).

3. Wazuh Documentation. Comprehensive Security Monitoring and Analysis. [Электронный ресурс]. URL: <https://documentation.wazuh.com/>. (дата обращения: ноябрь 2024).

4. ESXi Documentation. Virtual Environment Setup and Configuration Guide. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.vmware.com/> (дата обращения: ноябрь 2024).

5. Sysmon - System Monitor. Windows Sysinternals. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.microsoft.com/en-us/sysinternals/downloads/sysmon>. Дата обращения: ноябрь 2024.

© Шаймарданов А.Ф., Загидуллин Д.И., 2024

Д.Р. ЗАГИТОВ, Т.В. ШАРАПОВ, Р.А. МУДАРИСОВ

zagitov.danieel@mail.ru, sharapov.team@yandex.ru,

ramilmudarisov14@gmail.com

Науч. руковод. – канд. техн. наук, проф. **А.М. ВУЛЬФИН**

Уфимский университет науки и технологий

РОЛЬ СОЦИАЛЬНОЙ ИНЖЕНЕРИИ В РЕАЛИЗАЦИИ СЕТЕВЫХ АТАК

Аннотация: в данной статье описано понятие социальной инженерии, этапы ее реализации. Также рассмотрены методы социальной инженерии и способы защиты от подобных атак.

Ключевые слова: социальная инженерия, сетевая атака, кибератака, фишинг, информационная безопасность.

Социальная инженерия – это набор методов воздействия на людей с целью получения секретной информации, доступа к системам или выполнения действий в интересах злоумышленников. Главная задача любой кибератаки – достичь определенного результата, будь то кража денежных средств, доступ к конфиденциальным данным или установление контроля над системой жертвы. Социальная инженерия позволяет обходить технические средства защиты, используя слабости человеческого фактора. Вместо сложного взлома, например, банковского шифрования, мошенники убеждают человека передать деньги добровольно. Хотя финансовые махинации – лишь одна из целей, этот пример хорошо демонстрирует эффективность подобных подходов.

Как и другие виды киберугроз, атаки социальной инженерии разнообразны по формам и методам. Основой защиты от таких атак является понимание их механизмов, ведь слабое звено системы безопасности всегда становится уязвимостью. Даже крупные компании, вкладывающие значительные ресурсы в защиту инфраструктуры, часто упускают из виду обучение сотрудников, полагая, что риски невелики. Однако на практике излишняя самоуверенность работников нередко становится причиной успешных атак.

Социальная инженерия далеко не всегда направлена на прямую атаку основной цели. Злоумышленники могут выстраивать сложные многоступенчатые схемы, комбинируя приемы манипуляции и использование вредоносного ПО, а затем тщательно скрывать следы своего присутствия в системе.

Понятие социальной инженерии стало широко известным благодаря бывшему хакеру Кевину Митнику в 1990-х годах. Позже он перешел на сторону информационной безопасности. Митник подчеркивал, что никакой программный код не способен сравниться по эффективности с психологическим влиянием, которое преступники используют для управления действиями людей. Несмотря на развитие технологий, социальная инженерия остается одним из самых результативных методов кибератак. Более того, правоохранители отмечают рост комбинированных атак, где социальная инженерия сочетается с применением вредоносного ПО.

Социальная инженерия проходит через четыре основных этапа:

1. **Сбор информации** – изучение жертвы через соцсети, звонки, письма и другие источники.
 2. **Установление доверия** – использование полученных данных для создания иллюзии легитимности взаимодействия.
 3. **Манипуляция** – получение конфиденциальных данных, таких как пароли или финансовая информация.
 4. **Завершение** – прекращение контакта и осуществление атаки.
- Сложность атаки определяет ее длительность: от нескольких дней до месяцев.

Существует множество методов социальной инженерии, каждый из которых нацелен на использование человеческого фактора для достижения цели. Вот наиболее распространенные из них:

1. **Фишинг** – злоумышленники создают поддельные веб-сайты, письма или сообщения, имитирующие легитимные организации, чтобы обманом заставить жертву раскрыть личные данные, такие как пароли, номера карт или другую конфиденциальную информацию.
2. **Angler-фишинг** – атаки через социальные сети, где мошенники маскируются под службы поддержки популярных брендов. Жертву убеждают передать личные данные или совершить действия, под предлогом решения проблемы.
3. **Шпионский фишинг** (spear phishing) – целенаправленная атака на конкретного человека или организацию. Атакующие используют детально изученную информацию о жертве для создания доверительных писем или сообщений.
4. **Мошенничество с генеральным директором** (CEO fraud) – злоумышленники представляются топ-менеджерами компании и через электронные письма или звонки требуют от сотрудников перевода денег или передачи важных данных.
5. **Scareware** – использование поддельных сообщений о вирусах, угрожающих безопасности устройства. Жертве предлагают купить «антивирус» или оплатить «устранение проблемы», чтобы обезопасить свои данные.

6. **Спам** – массовая рассылка электронных писем или сообщений с вредоносными ссылками, фальшивыми предложениями или вложениями, которые могут загрузить вирусы или похитить данные.

7. **Медовая ловушка** – злоумышленники создают фиктивные романтические или дружеские отношения, чтобы манипулировать жертвой, добиваясь передачи денег или информации.

8. **Компрометация деловой электронной почты** (Business Email Compromise, BEC) – мошенники взламывают или подделывают бизнес-аккаунты для отправки сообщений, кажущихся легитимными, с целью обмана сотрудников или партнеров.

9. **DNS-подмена** – атака на DNS-серверы, перенаправляющая жертву на поддельные веб-сайты, где похищаются ее данные, включая логины, пароли или банковские реквизиты.

10. **Взлом электронной почты** – получение доступа к почтовым учетным записям для рассылки от лица жертвы писем с вредоносным содержимым или для сбора ее личных данных.

Каждый из этих методов опирается на психологическое давление, доверие или незнание, что делает их эффективным инструментом в руках злоумышленников.

Для защиты активов компании необходим комплексный подход:

1. **Обучение сотрудников.** Регулярные тренинги помогают осознать ценность информации и понять возможные риски. Специалист по информационной безопасности должен проводить семинары, инструктажи и занятия, чтобы донести важные знания до сотрудников. Обучение должно быть регулярным, чтобы сотрудники не забывали информацию и обновляли свои навыки.

2. **Разработка нормативных документов.** Политики и инструкции компании должны четко регламентировать правила работы с информацией. Однако, как отмечал Кевин Митник, правила «никогда не...» могут требовать исключений для решения реальных рабочих задач. Поэтому важно учитывать гибкость при их разработке.

3. **Разграничение доступа.** Каждый сотрудник должен иметь доступ только к той информации, которая необходима для выполнения его обязанностей. Избыточный доступ увеличивает риски, поэтому важно минимизировать объем данных, доступных сотрудникам без необходимости.

Социальная инженерия остается мощным инструментом злоумышленников, так как часто основывается на ошибках или доверчивости людей. Одного взломанного компьютера может быть достаточно, чтобы запустить цепочку событий, приводящих к масштабной атаке, распространению вредоносного ПО и утечке данных.

Ярким примером является инцидент с The Ubiquiti Networks в 2015 году. Компания потеряла 40 миллионов долларов из-за обмана, не

связанного с взломом систем. Мошенники, выдавая себя за топ-менеджера, отправили письмо с просьбой перевести деньги на их счет. Сотрудники компании, не заподозрив подвоха, выполнили запрос. Ошибка стала очевидной, когда деньги уже были утеряны. Этот случай наглядно показывает, как уязвимость человеческого фактора может стоить компании огромных потерь.

Количество киберпреступлений ежегодно растет. Лидируют массовые фишинговые атаки, часто маскирующиеся под актуальные темы, например, связанные с пандемией коронавируса. На фоне таких атак сложные схемы социальной инженерии остаются незаметными. Это приводит к тому, что жертвы недостаточно информированы о методах и рисках, с которыми могут столкнуться, что только упрощает работу злоумышленникам.

Библиографический список

1. Янгаева М.О. Методы (техники) социальной инженерии, используемые при совершении преступлений в сфере компьютерной информации // Криминалистика: вчера, сегодня, завтра. 2021. Т. 18. № 2. С. 145–151. DOI 10.24412/2587-9820-2021-2-145-151.

2. Лисичкин А.Р. Проблема разработки комплекса мер по противодействию атакам направления «социальная инженерия» / А.Р. Лисичкин, Д.С. Булгакова. Текст: непосредственный // Молодой ученый. 2018. № 46 (232). С. 20–22. URL: <https://moluch.ru/archive/232/53863/> (дата обращения: 22.11.2024).

3. Курдюков Д.С. СОЦИАЛЬНАЯ ИНЖЕНЕРИЯ КАК ОДИН ИЗ ОСНОВНЫХ И СЛОЖНЫХ В ОБНАРУЖЕНИИ МЕТОДОВ АТАКИ НА ОБЪЕКТЫ ИНФОРМАТИЗАЦИИ НА ПРЕДПРИЯТИЯ // Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet». 2021. № 4.

4. Использование социальной инженерии в комплексных атаках на автоматизированные системы // Хабр. URL: <https://habr.com/ru/articles/599145/> (дата обращения: 21.11.2024).

5. Санина Л.В. Деструктивная социальная инженерия как угроза экономической безопасности: масштабы явления и меры предотвращения / Л.В. Санина, О.А. Чепинога, Э.А. Ржепка, О.Ю. Палкин. DOI: 10.17150/2411-6262.2021.12(2).14 // Baikal Research Journal. 2021. Т. 12, № 2.

6. Социальная инженерия в цифровой эпохе: анализ методов манипуляции человеческим фактором в целях кибератак // Cyberleninka. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sotsialnaya-inzheneriya-v-tsifrovoy-epohe-analiz-metodov-manipulyatsii-chelovecheskim-faktorom-v-tselyah-kiberatak/viewer> (дата обращения: 21.11.2024).

7. Социальная инженерия как аспект информационной безопасности // Cyberleninka. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sotsialnaya-inzheneriya-kak-aspekt-informatsionnoy-bezopasnosti/viewer> (дата обращения: 21.11.2024).

© Шарапов Т.В., Загитов Д.Р., Мударисов Р.А., 2024

СЕКЦИЯ 5.5 ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

УДК 004.94.000

М.Р. АМИНОВ

mark1209@yandex.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доцент **А.Ф. АТНАБАЕВ**

Уфимский университет науки и технологий

РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ ДОСТАВКИ ДЛЯ САЙТА-АГРЕГАТОРА ТОВАРОВ

Аннотация: в статье рассматривается проект по разработке модуля доставки для сайта-агрегатора товаров. Он использует API популярных компаний доставки, например Почта России, СДЭК и DPD, для взаимодействия с поставщиками. Модуль решает следующие задачи: расчет стоимости доставки, сроков доставки, выбор перевозчика, отображения информации на карте. Описаны этапы реализации проекта, функциональные возможности и перспективы развития, ожидаемые результаты.

Ключевые слова: модуль доставки; агрегатор товаров; API; СДЭК; почта России; ДПД; расчет стоимости; выбор перевозчика; карта.

1. Введение

В современном цифровом бизнесе важной частью опыта пользователя является интерфейс сайта и автоматизация процесса работы с ним. И у сайта-агрегатора товаров Росдекс есть потребность в создании модуля доставки товаров. Такой модуль должен решать задачи расчета стоимости, сроков доставки и выбор компании доставки. Он особенно важен для улучшения удобства взаимодействия пользователя с сайтом, расширения функционала и автоматизации процессов. Поэтому в рамках этого проекта разрабатывается модуль доставки, который работает с API крупных компаний доставщиков, таких как Почта России, СДЭК и DPD.

2. Цели и задачи проекта

Цель проекта – разработать модуль, позволяющий выбирать способ доставки, видеть расчеты стоимости и сроков. Этот модуль будет получать по внешним API. Задачи решаемые модулем доставки:

Расчет стоимости в зависимости от габаритов, массы и места назначения.

Анализ времени доставки товара.

Обеспечить пользователя возможностью выбора перевозчика и тип доставки.

Отображение точек на карте с координатами отправления и получения товара.

Интеграция с API различных компаний-поставщиков.

3. Технологический стек

Для реализации модуля используется фреймворк Vue.js, который лежит в основе всего сайта. На сайте уже используется внутренний API. С его помощью модуль доставки получает данные о товаре. Для взаимодействия с API компаний поставщиков используется механизм HTTP-запроса. В качестве ГИС инструмента будет использована стандартная библиотека обработки пространственных данных, например, OSM.

4. Функциональные возможности

Модуль доставки сможет предложить данные функциональные возможности:

Расчет стоимости и времени доставки: пользователи смогут быстро узнать стоимость доставки и время товара в пути в зависимости от выбранной компании доставщика.

Выбор способа доставки: пользователи смогут выбрать предпочитаемого перевозчика из нескольких вариантов (Почта России, СДЭК, DPD).

ГИС: Модуль отобразит координаты точек отправления и доставки на карте.

Интерактивный интерфейс: пользователи смогут изменять параметры доставки, такие как тип доставки и компанию, и результаты будут автоматически обновляться.

5. Реализация и тестирование

API-интеграция

На этапе разработки модуля доставки особое внимание было уделено интеграции с внешними API популярных компаний-поставщиков. Были протестированы запросы к API СДЭК, DPD и Почты России, чтобы получить актуальные данные о стоимости и сроках доставки товара. Для этого используются стандартные HTTP-запросы, обеспечивающие гибкость и масштабируемость модуля. Одной из ключевых задач является корректное отображение полученных данных в интерфейсе сайта, что требует внимательной обработки данных полученного JSON-ответа.

Тестирование.

Для обеспечения стабильности работы модуля будут выполнены следующие виды тестирования:

- Интеграционные тесты – проверка правильности взаимодействия с API перевозчиков.
- Проверка пользовательского интерфейса – тестирование удобства работы с интерфейсом, проверка корректности отображения данных о стоимости и времени доставки.

– Тестирование на устойчивость к ошибкам – обработка некорректных данных от пользователей, проверка реакции на некорректные запросы от API.

Данные способы тестирования помогут не только выявить возможные проблемы на ранних этапах, но и обеспечат стабильную работу модуля при дальнейшей эксплуатации.

6. Перспективы развития

В будущем модуль доставки товаров может быть расширен следующими функциями:

– поддержка новых перевозчиков: на данный момент поддерживаются только несколько крупных перевозчиков, но в дальнейшем планируется подключение других компаний;

– интерфейс отслеживания: добавление возможности отслеживания статуса доставки, включая точку нахождения посылки в реальном времени;

– оптимизация маршрутов: интеграция с системами для оптимизации маршрутов доставки с учетом времени и стоимости.

7. Ожидаемые результаты

Ожидается, что модуль доставки товаров значительно улучшит опыт взаимодействия с сайтом Росдекс. Пользователи смогут не только найти нужный товар, но и сразу узнать стоимость, время и способы доставки. Это сэкономит время пользователей и повысит удобство работы с интерфейсом сайта. В конечном итоге, внедрение модуля улучшит общий пользовательский опыт и приведет к росту числа довольных клиентов.

8. Заключение

Модуль доставки для сайта *Росдекс* представляет собой важный шаг к улучшению пользовательского опыта и расширению функционала агрегатора товаров. Он решает важные задачи, такие как расчет стоимости доставки, выбор перевозчика и отображение информации на карте, что делает процесс покупки более удобным и понятным для пользователей.

Библиографический список

1. Басаргин А.А. Методы искусственного интеллекта: учебное пособие / А.А. Басаргин. Новосибирск: СГУГиТ, 2022. 164 с.
2. Князев А.В. Vue.js. Быстрый старт: учебное пособие / А.В. Князев. М.: Бином, 2021. 112 с.
3. Котов Д.И. Практика разработки веб-приложений на Vue.js: руководство / Д.И. Котов. СПб.: Питер, 2020. 216 с.
4. Карасев В.С. Современные SPA с Vue.js и Vuex: пособие для разработчиков / В.С. Карасев. Екатеринбург: УРФУ, 2022. 148 с.

Е.Н. БОРИСОВ

zhenyabor2003@mail.ru

Уфимский университет науки и технологий

РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТА В BLENDER 3D ДЛЯ АНАЛИЗА ГЕОСРЕЗОВ И ВИЗУАЛИЗАЦИИ СКЛОНА

Аннотация: геосрезы представляют собой важный инструмент в геологии, позволяющий визуализировать и анализировать структуры земной почвы. Они предоставляют уникальную возможность изучать слои пород, разломы и другие геологические особенности, которые редко заметны на поверхности. В данной работе рассматривается значимость геосрезов, а также представляется новый инструмент для разрезания 3D-моделей на две части.

Ключевые слова: Blender 3D, геосрезы, геоданные, анализ склона, моделирование рельефа, интерпретация данных.

Расшифруем термин Геосрез. Геологический разрез (Геологический профиль) – геологическое обнажение и схематическое изображение геологического строения верхней части земной коры в вертикальном сечении, которое имеет легенду и масштаб сходные с геологической картой.¹

Поперечный разрез верхних слоев земной коры в вертикальной плоскости, в котором показано положение горных пород, разломов и прочих геологических структур, лежащих под поверхностью Земли.

Статья посвящена разработке инструмента, который позволяет пользователям легко разделять 3D-модель на части через веб-интерфейс. Это упростит процесс анализа и визуализации. В данной статье рассмотрим подробный план разработки нового инструмента.

Основной алгоритм деления 3D-модели включает следующие шаги:

Импорт 3D-модели в формате glb (он нужен для загрузки в WebGL).

1. Алгоритм деления модели пополам, который разрезает модель по заданной плоскости.

2. Сохранение двух половинок модели в формате, поддерживаемом WebGL (а именно расширение gltf).

3. Интеграция с веб-интерфейсом.

Для интеграции инструмента с веб-интерфейсом нужно выполнить следующие действия:

¹ Геологический разрез – взято из ru.wikipedia.org.

Чтобы создать пользовательский интерфейс, нужно написать HTML/CSS код для создания кнопки и области отображения 3D-модели на странице.

Написать код на JavaScript для обработки нажатия кнопки и выполнения разделения модели.

Чтобы отобразить результат, для этого будем использовать библиотеку «Three.js» для отображения разделенной модели в веб-браузере.

Рассмотрим пример реализации инструмента на основе вышеописанных шагов:

Пояснение к коду:

Создание новой сцены и камеры:

```
const scene = new THREE.Scene();
const camera = new THREE.PerspectiveCamera(75, window.innerWidth /
window.innerHeight, 0.1, 1000);
```

Загрузка модели:

```
const loader = new THREE.GLTFLoader();
loader.load('path/to/model123.glb', function (gltf) {
  scene.add(gltf.scene);
});
```

Обработка нажатия кнопки:

```
document.getElementById('splitButton').addEventListener('click',
function () {
  // Код для разделения модели
});
```

Рендеринг сцены и запуск:

```
function animate() {
  requestAnimationFrame(animate);
  renderer.render(scene, camera);
}
animate();2
```

Заключение

Геосрезы являются мощным инструментом для изучения и анализа геологических структур. Их применение в научных исследованиях, инженерных проектах, добыче полезных ископаемых и экологическом мониторинге делает их незаменимыми в современной геологии и географии.

Разработка инструмента для геологических разрезов 3D-моделей открывает новые варианты в визуализации и анализе внутренних структур

² Код взят из официальной библиотеки Three.js

земной почвы. Этот инструмент значительно улучшит наши знания о геологии, а также позволит применять знания на практике для решения различных задач и проблем.

Библиографический список

1. Современный учебник JavaScript. URL: <https://learn.javascript.ru/>.
2. Учебник HTML и CSS для новичков. URL: <https://code.mu/ru/markup/book/prime/>.
3. Официальная документация THREE.js. URL: <https://threejs.org/docs/>.

© Борисов Е.Н., 2024

А.А. ГАЛИМОВ

Arthur.galimov@mail.ru

Науч. руковод. – д-р геогр. наук, доц. **Д.Ю. ВАСИЛЬЕВ**

Уфимский университет науки и технологий

ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА НА ТЕРРИТОРИИ ЮЖНОГО УРАЛА

Аннотация: в статье рассматриваются практические аспекты использования геоинформационных технологий для мониторинга состояния растительного покрова на основе данных дистанционного зондирования по территории Южного Урала.

Ключевые слова: пространственные данные, вегетационный сезон, индекс вегетационной разности, спутниковое зондирование.

NDVI (от англ. Normalized Difference Vegetation Index – нормализованный индекс вегетационной разности) – это индекс, используемый для оценки состояния растительности формируемый на основе данных дистанционного зондирования (далее – ДДЗ). Является одним из самых популярных и применяемых индексов используемых для решения задач

Впервые возможность использования спутниковых технологий для мониторинга растительности была рассмотрена в статьях [1, 2]. Впервые подчеркнулась важность применения дистанционного зондирования для изучения состояния и динамики вегетации. Такой мониторинг позволяет собирать данные о распределении видов, сезонных изменениях и влиянии климатических факторов, а также оценить роль воздействия человека на экосистемы. Указанная работа сделала акцент на потенциале спутникового мониторинга, как инструмента для устойчивого управления земельными ресурсами и защиты окружающей среды, предполагая, что с помощью таких технологий можно осуществлять комплексный и точный подход к изучению и охране растительности.

Дальнейшее развитие подхода и формирование оригинального концепт использования индекса NDVI были изложены в статье [3]. Ключевой идеей стало использование относительных различий в отражательной способности растительности в измеряемой двух диапазонах спектра для оценки биологического состояния и продуктивности растительного покрова. В этой же статье была описана методика положенную в основу современных способов расчета индекса NDVI.

Дальнейшее изучение результатов расчетов, а также накопление данных спутниковых снимков позволяют использовать индекс NDVI в широком спектре направлений, например,:

– изучение поведения диких животных через анализ состояний растительности [4];

– анализ взаимосвязи между изменениями NDVI и изменениями в климатических условиях, что позволяет оценить фенологические изменения в растительности [5];

– анализ влияния климатических изменений на динамику растительности на сельскохозяйственных землях с использованием NDVI [6];

– анализ и прогнозирование урожайности сельскохозяйственных культур [7], [8] и др.

Индекс NDVI вычисляется по следующей формуле:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}, \quad (1)$$

где NIR – отражение в ближней инфракрасной области спектра; RED – отражение в красной области спектра.

Согласно этой формуле, плотность растительности (NDVI) в определенной точке изображения равна разнице интенсивностей отраженного света в красном и инфракрасном диапазоне, деленной на сумму их интенсивностей.

В качестве источников данных для расчета индекса NDVI выбраны показатели NIR и RED так как они являются наиболее независимыми от других факторов. Максимуму поглощения солнечной радиации хлорофиллом высших сосудистых растений соответствует красная область спектра (0,6–0,7 мкм). В свою очередь максимальное отражение клеточных структур листа можно наблюдать в инфракрасной области спектра (0,7–1,0 мкм). То есть высокая фотосинтетическая активность (связанная, как правило, с густой растительностью) ведет к меньшему отражению в красной области спектра и большему в инфракрасной. Таким образом используя отношение, указанное в формуле 1 можно с высокой степенью достоверности отделять и анализировать объекты растительности от иных объектов земной поверхности. Дополнительно точность измерений можно повысить путем нормализации разности между min и max значениями отражений, что так же позволит снизить влияние внешних факторов, не связанных с предметом измерения (например, освещенность, облачность, радиационный фон, солнечная активность и др.)

Для расчета и визуализации индекса NDVI разработано портативное десктоп приложение (далее – Приложение), концептуальная схема которого представлена на рис. 1.

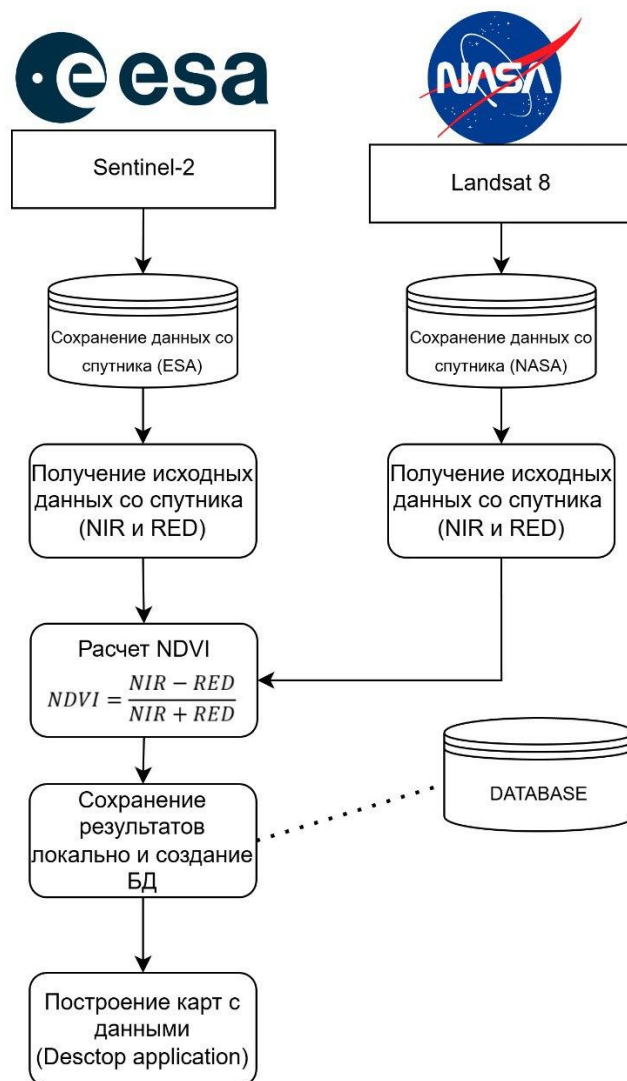


Рис. 1. Концептуальная схема работы разработанного приложения

В своей работе система использует результаты дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), полученные от двух спутников:

Sentinel-2, предоставляемого Европейским космическим агентством (ESA), и Landsat 8, разработанного Национальным управлением по авионавтике и исследованию космического пространства США (NASA). Доступ к исходным базам данных измерений организован через общедоступный программный интерфейс приложения (API), что позволяет удобно получать необходимые данные для анализа.

Запрос к указанным базам данных возвращает не только значения спектральных индексов, NIR (ближний инфракрасный диапазон) и RED (красный диапазон), но и информацию о географических координатах, где были произведены измерения. Кроме того, каждый набор данных включает привязку ко времени измерений, что является критически важным для пространственно-временного анализа изменений в экосистемах или сельскохозяйственных угодьях.

После получения этих данных приложение отсеивает не используемые для региона Южный Урал территории и выполняет расчет показателя NDVI в двух вариантах, основываясь на данных каждого из спутников по отдельности.

Для дальнейшей визуализации результатов выполненных расчетов необходимо на следующем шаге выбрать источник информации для визуализации (данные Sentinel-2 или данные Landsat 8).

После получения результатов визуализации приложение позволяет выбрать конкретную дату измерений. Это особенно полезно для исследований изменений растительности в динамике, что дает возможность выявлять тренды и делать выводы на основе собранных данных. Таким образом, разработанное приложение – это удобный инструмент для анализа экосистемы и мониторинга изменений окружающей среды территории Южного Урала в зависимости от времени года и географического расположения изучаемой территории.

Библиографический список

1. Rouse J.W., Haas R.H., Deering D.W., & F karma, J.W. (1974). "Monitoring the vegetation of the United States with satellite data.
2. Rouse J.W., Haas R.H., Schell J.A. et al. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS // NASA SP-351. 1974. P. 309–317.
3. Tucker C.J. (1979). Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment*, 8(2), 127–150.
4. Pettorelli N., et al. (2014). The normalized difference vegetation index (NDVI): a novel framework for the assessment of animal behavior. *Ecology and Evolution*, 4(24), 4984–4992.
5. Zhang Y., et al. (2003). Monitoring vegetation phenology based on NDVI and climate data // *International Journal of Remote Sensing*, 24(11), 2257–2281.
6. VINTR V., & Verma V. (2021). Impact of climate change on vegetation dynamics in marginal farmland using NDVI // *Journal of Sustainable Agriculture*, 45(2), 143–167.
7. Савин И.Ю., Бартаев С.А., Лупян Е.А., Толпин В.А., Хвостиков С.А. Прогнозирование урожайности сельскохозяйственных культур на основе спутниковых данных: возможности и перспективы // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2010. Т. 7. № 3. С. 275–285.
8. Xiao X., et al. (2006). Mapping paddy rice agriculture in southern China using multi-temporal MODIS images // *Remote Sensing of Environment*, 106(2), 392–404.

© Галимов А.А., 2024

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

РЕАЛИЗАЦИЯ ИНТЕРАКТИВНОГО КОНСТРУКТОРА МАРШРУТОВ В ГИС «ГЕОПАРКИ РБ»

Аннотация: Научная статья посвящена разработке интерактивного конструктора маршрутов для геоинформационной системы «Геопарки РБ», предназначенной для управления природными и туристическими объектами. Описан процесс создания системы, выбор сервиса для построения маршрутов, его особенности. Рассматриваются методы построения маршрутов, структура базы данных, взаимодействие с интерфейсом и другие возможности.

Ключевые слова: геопарк; геоинформационные системы; ГИС; интерактивный конструктор маршрутов; туристические маршруты.

Введение

В настоящее время геоинформационные системы (ГИС) играют важную роль в управлении и развитии природных и туристических зон. Особенно актуально их использование в геопарках, где они помогают не только эффективно представлять природные ресурсы, но и организовывать туристические маршруты и взаимодействовать с посетителями.

ГИС «Геопарки РБ» направлена на то, чтобы объединить эти функции в одной интерактивной платформе для всех категорий пользователей: туристов, исследователей или сотрудников геопарка. Среди ключевых функций ГИС можно выделить картографирование территории, отображение природных и культурных объектов, анализ данных о природных объектах на территории геопарка и инструменты для планирования туристической деятельности [1].

Одной из наиболее полезных функций является интерактивный конструктор маршрутов, который позволяет туристам, исследователям и сотрудникам создавать и изучать маршруты по территории геопарка, учитывая интересы и цели поездки. Функция построения маршрутов является востребованной, так как для посетителей геопарка важно иметь возможность самостоятельно планировать маршруты, ориентируясь на свои предпочтения и физические возможности, а также получать актуальную информацию о состоянии троп и достопримечательностей в режиме реального времени.

Для построения маршрутов в ГИС могут использоваться различные методы, такие как алгоритмы кратчайшего пути, эвристические методы и алгоритмы на основе сетевых топологий. В качестве инструмента реализации интерактивного конструктора выбран сервис OpenRouteService, который строит маршруты, используя алгоритм оптимального построения маршрута на основе графов. Этот подход обеспечивает высокую точность и дает возможность адаптировать маршрут под конкретные потребности пользователя. [3]

Для реализации интерактивного конструктора маршрутов в ГИС «Геопарки РБ» необходимо использовать методы и технологии, которые обеспечат точное и быстрое построение маршрутов, интеграцию с внешними сервисами и удобство взаимодействия с пользователями.

Методы и технологии разработки интерактивного конструктора маршрутов

Рассмотрим основные особенности выбранного инструмента построения маршрутов. OpenRouteService (ORS) – это система маршрутизации, основанная на открытых данных из OpenStreetMap, с использованием библиотеки Java для построения маршрутов. На данный момент сервис предоставляет следующие функции: служба навигации, которая предлагает построение маршрутов и навигацию для различных типов передвижения, с возможностью учитывать предпочтения пользователя; служба поиска для нахождения различных мест, товаров и услуг; сервис изохрон, позволяющий рассчитывать доступную зону вокруг точки, до которой можно добраться за заданное время; геокодирование; настройка зон исключения; загрузка GPS-треков; информация о покрытии и уклоне дорог. [3]

Несомненно, система имеет достоинства и недостатки ее применения. К достоинствам данного сервиса относятся разнообразие геосервисов через единый API, индивидуальное планирование маршрутов с учетом различных видов транспорта и частые обновления данных. Недостатком является замедление работы при обработке больших объемов данных, что требует использования офлайн-решений или разделения данных на части. Данный недостаток не является критичным для разрабатываемой системы и может быть упущен. Интеграция системы с ORS происходит с использованием технологии API, позволяющей отправлять запросы на построение маршрутов и другим сервисам.

Хранение данных о маршрутах организовано в базе данных согласно инфологической модели, представленной на рисунке 1. Ключевыми таблицами, для построения маршрутов являются таблицы: маршрут, точка маршрута, геообъект. Таблица «точка маршрута» содержит в себе идентификатор маршрута и объекта, что позволяет связывать объекты геопарка с конкретным маршрутом. Более детально модель данных представлена на рис. 1.

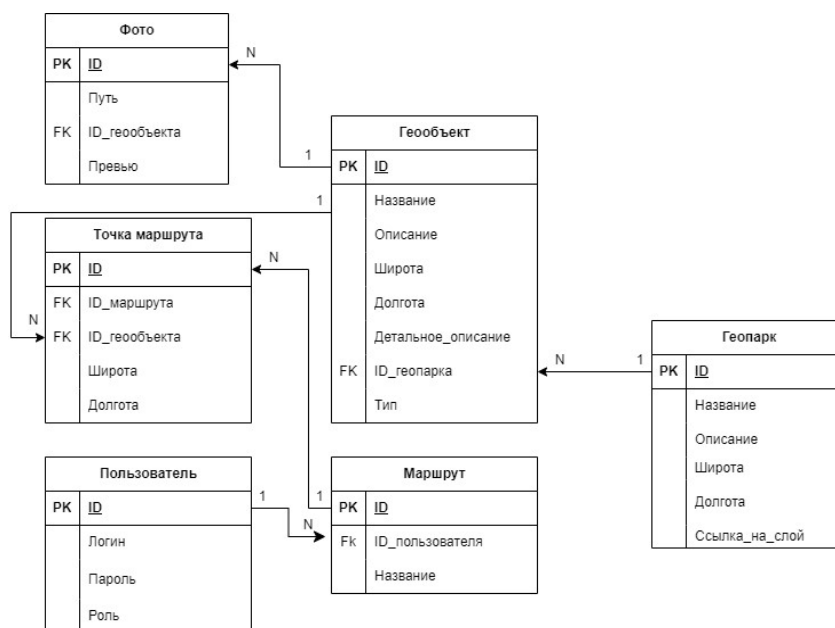


Рис. 1. Модель данных интерактивного конструктора маршрутов

Реализация интерактивного конструктора маршрутов

Алгоритм построения маршрутов в ГИС учитывает потребности пользователей в выборе различных параметров маршрута, таких как тип передвижения, время в пути, длина маршрута. Блок-схема алгоритма, показывающая последовательность действий от выбора точек до отображения маршрута, представлена на рис. 2.

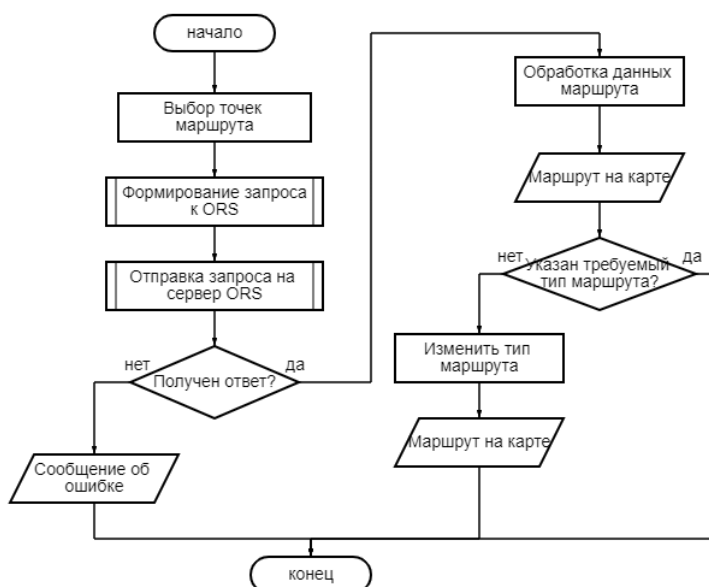


Рис. 2. Блок-схема алгоритма построения маршрута в ГИС

Для демонстрации результата работы алгоритма на рис. 3 приведен пример построенного маршрута с указанием различных профилей (пеший, автомобильный, велосипедный).

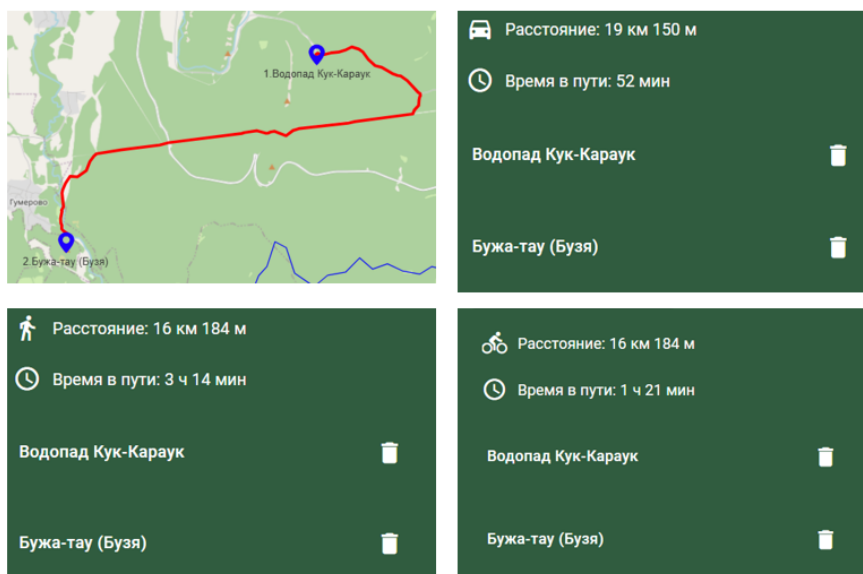


Рис. 3. Пример работы функции построения маршрута

Как было отмечено ранее, интерфейс конструктора маршрутов позволяет указывать начальную и конечную точки маршрута, добавлять более 2 точек, учитывать продолжительность и протяженность маршрута, изменять профиль маршрута. Также, для пользователей предоставлена функция сохранения маршрутов, что позволяет получить доступ к списку собственных маршрутов в любой момент.

Кроме того, в системе присутствует список уже созданных маршрутов, которые включают в себя объекты, находящиеся в пешей или транспортной доступности. Для удобной работы со списком маршрутов предусмотрены критерии сортировки и фильтрации, например, по времени в пути. Эти функции позволяют пользователю находить маршруты, которые соответствуют его потребностям и возможностям.

Заключение

Интерактивный конструктор маршрутов в ГИС «Геопарки РБ» – это инструмент, который создан для того, чтобы удовлетворить потребности пользователей. Система позволяет учитывать индивидуальные запросы пользователей и предоставляет гибкий инструмент для создания маршрутов по геопаркам. Помогает не только находить оптимальные пути, но и анализировать, сортировать и сохранять маршруты для дальнейшего использования.

Использование OpenRouteService в качестве базы для маршрутизации обеспечивает точность построения маршрутов, учитывает множество параметров и интегрируется с другими геоинформационными сервисами. Возможность установки различных профилей маршрутов, таких как пешеходные или велосипедные, делает систему универсальной для туристов с разными предпочтениями.

Таким образом, разработанный конструктор маршрутов представляет собой удобный инструмент для организации туристических маршрутов и

управления ресурсами геопарков. В будущем система может быть расширена с учетом новых требований и интегрирована с дополнительными модулями, что сделает ее еще более полезной и универсальной.

Библиографический список

1. Гончар А.Д., Нигматуллин А.В., Зверева Н.Н. Анализ и концептуальное проектирование геопортала» Янган-Тау. Автоматизация и моделирование в проектировании и управлении. сборник научных статей Всероссийской конференции. Курск, 2023. С. 98–102 (дата обращения: 05.11.2024).

2. Martynov V.V., Filsova E.I., Zvereva N.N.. Computer Technologies for Modeling the Competencies of Employees of Industrial Enterprises as Part of a Digital Twin of a Person, 2023. International Seminar on Electron Devices Design and Production, SED 2023, – Proceedings. 2023. С. 911–915 (дата обращения: 05.11.2024).

3. Expanding Disaster Management Capabilities with openrouteservice / [Электронный ресурс] // GIScience Blog: [сайт]. URL: <https://giscienceblog.uni-heidelberg.de/2023/09/07/expanding-disaster-management-capabilities-with-openrouteservice/> (дата обращения: 05.11.2024).

© Гончар А.Д., Нигматуллин А.В., 2024

А.П. ГОРЧАКОВА

nastyu.gorch@mail.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. **А.Х. АБДУЛЛИН**

Уфимский университет науки и технологий

СРАВНЕНИЕ API ПОСТРОЕНИЯ МАРШРУТОВ

Аннотация: в данной статье проведено сравнение различных API для построения маршрутов, предоставляющих разработчикам возможность интеграции функционала маршрутизации в свои приложения. Рассматриваются наиболее популярные API, такие как Яндекс Карты API, 2ГИС API, Mapbox API.

Ключевые слова: API; маршруты; геолокационные сервисы; Яндекс Карты API; 2ГИС API; Mapbox API.

В 21 веке технологии развиваются со стремительной скоростью, все больше людей выбирают комфорт, пользуясь различной техникой, а именно мобильными устройствами и компьютерами. В наше время весь поиск информации происходит в интернете, также он помогает в решении задач. Есть много популярных направлений, но одними из самых востребованных являются геолокационные сервисы. Проложить оптимальный маршрут, найти место, узнать ситуацию на дороге – с этим всем помогают именно геолокационные сервисы.

Факторы востребованности геолокационных систем:

1. Универсальность, ведь быстрый и легкий поиск нужной информации, без траты времени на изучение карт, важен в наше время.

2. Персонализация. Для каждого человека геолокационные сервисы становятся индивидуальными, так как они анализируют запросы и адаптируются под пользователя.

3. Интеграция. Все популярные приложения интегрированы с геолокационными сервисами, ведь это позволяет расширить функционал, а следовательно, привлечь новых клиентов.

Немаловажную роль в геолокационных сервисах играют API, именно благодаря им можно создать и оптимизировать многие функции. API для построения маршрутов предоставляет широкий набор функций для их построения. Есть возможность задавать начальную и конечную точки маршрута, указывать промежуточные остановки, выбирать несколько вариантов маршрутов и оптимизировать их по различным критериям.

Главные возможности API для построения маршрутов:

1. Построение оптимальных маршрутов на основе различных критериев (кратчайший путь, оптимизация по времени или расстоянию).
2. Учет пробок и других факторов дорожного движения для актуального определения времени в пути.
3. Возможность выбора нескольких вариантов маршрутов с разными параметрами.
4. Автоматическое построение и обновление маршрутов в режиме реального времени.
5. Встроенное определение географических объектов (улиц, домов и других мест) [1].

Если использовать именно API для построения маршрутов в проектах, то можно получить существенные преимущества, такие как:

1. Упрощение процесса разработки. Будут предоставлены готовые функции и методы, которые можно легко интегрировать с приложением. Это упростит процесс разработки и позволит сосредоточиться на создании запоминающегося функционала, который выделит проект среди конкурентов.

2. Повышение качества. Использование функций API, которые протестированы много раз, снижает возможность ошибок в работе приложения.

3. Масштабируемость. Благодаря API для построения маршрута есть возможность масштабировать приложение, добавив новые функции, без необходимости изменения основного кода.

Исходя из сказанного выше, можно сделать вывод, что API для построения маршрутов дают возможность закрыть любые потребности потребителя при использовании геолокационных сервисов. Также они упрощают разработку проектов, связанных с данными сервисами, а также минимизируют риск ошибок при разработке.

Самые популярные API для построения маршрутов в России – Яндекс Карты API, 2ГИС API, Mapbox API.

Яндекс Карты API

API Яндекс Карт – это набор сервисов, благодаря которым есть возможность использовать пространственные данные, а также новейшие технологии Яндекса в своих проектах. При покупке ключа, а также при использовании пробной версии, есть возможность получить доступ к большим возможностям Яндекс Карт, а именно: к подробным схемам городов, карте мира, а также спутниковым снимкам.

Возможности API Яндекс Карт – карты (JavaScript API, MapKit SDK, Static API, Tiles API), ввод адресов и поиск мест (геокодер, геосаджест, потск по организациям), маршруты и навигация (матрица расстояний, получение деталей маршрута, NaviKit SDK), геолокация, а именно локатор [2].

2ГИС API

2ГИС API – это большой набор различных функций, благодаря которым разработчики могут интегрировать всевозможные карты, а также справочную информацию 2ГИС в свои проекты. У данного сервиса большое количество различных API, связанные именно с построением маршрутов изображены на рис. 1.

Навигация		
Routing API New Прокладывайте маршрут на карте для разного транспорта	Directions API Прокладывайте маршрут на автомобиле, пешком, велосипеде или грузовике с учётом пробок	Pairs Directions API Прокладывайте несколько маршрутов за раз
Truck Directions API Прокладывайте маршрут на карте для грузового транспорта	Public Transport API Прокладывайте маршрут проезда на общественном транспорте	Distance Matrix API Получите информацию о расстоянии и времени в пути между точками на карте
TSP API Постройте кратчайший по времени или расстоянию маршрут обхода указанных точек	Isochrone API Получите область на карте, которая достижима от начальной точки за указанное время пешком, на автомобиле или велосипеде	Map Matching API Постройте маршрут для автомобиля из набора точек, записанных транспортным средством
Radar API Получите геопозицию устройства в условиях слабого сигнала GPS		

Рис. 1. Маршрутные API 2ГИС [3]

Mapbox API

Mapbox – это зарубежный сервис онлайн-карт. Они сконцентрированы именно на интеграции своего сервиса с различными приложениями, путем API. С его помощью появляется возможность интегрировать интерактивные карты с собственными проектами.

В данном сервисе многие функции схожи с Яндекс Карты и 2ГИС, но есть ключевое преимущество – возможность создания собственного стиля карт. Благодаря этому, есть возможность как выбрать из множества готовых тем, так и создать собственную, что позволяет интерпретировать карты под нужды конкретного проекта.

Mapbox также предоставляет доступ к актуальным данным о пробках, дорожных событиях и другой полезной информации, которая может быть интегрирована в проекты для улучшения пользовательского опыта.

Если сервисы Яндекс.Карты и Mapbox создавались как сервисы, предоставляющие пространственную информацию, то 2ГИС, в свою очередь, изначально предоставлял пользователю лишь справочную информацию о различных местах в определенной территории. Но,

постоянно развиваясь, данные сервисы смогли стать справочно-навигационными продуктами, без которых многие люди не могут представить свою жизнь.

В табл. 1 представлено сравнение ключевых характеристик рассматриваемых сервисов.

Таблица 1

Сравнительная характеристика Яндекс Карты API, 2ГИС API, Mapbox API

Характеристика	Яндекс Карты API	2ГИС API	Mapbox API
Языки программирования	Node.js, Python, Go, Java, C#, PHP, R.1.	Python, Go, Java, C#, PHP	JavaScript, Python, Ruby, PHP, Swift, Kotlin, Go
Документация по использованию	Подробное описание всех функций и возможностей сервиса	Примеры, статьи и справочники API	Примеры запросов, справочник по оптимизации
Условия для бесплатного использования	Использование только в проектах с открытым доступом. Запрет на сохранение или изменение данных, полученных API. Нет возможности API для мониторинга и диспетчеризации	Использование только в проектах с открытым доступом. Нет возможности построения маршрутов. Нет возможности API для мониторинга и диспетчеризации	Только для некоммерческого использования. Пользователи должны предоставить атрибуцию Mapbox на всех картах и в приложениях, использующих Mapbox. Запрещается модифицировать, переупаковывать или использовать данные
Запросы при пробном периоде	1 000 запросов в сутки	10 запросов в секунду или 10 000 в месяц	25 000 загрузок карт в месяц

В данной статье я рассмотрела и сравнила несколько популярных API для построения маршрутов, включая 2ГИС API, Mapbox API и Яндекс Карты API. Каждый из этих сервисов предлагает уникальные функции и возможности, которые могут быть полезны в зависимости от конкретных потребностей вашего проекта.

2ГИС API предоставляет обширные возможности для построения маршрутов, включая пешеходные, автомобильные и велосипедные маршруты, а также интеграцию с другими сервисами 2ГИС. Mapbox API

предлагает высокую гибкость и настраиваемость маршрутов, а также поддержку различных типов карт и стилей. Яндекс Карты API, в свою очередь, предоставляет бесплатные лимиты использования для некоммерческих проектов и поддерживает широкий спектр типов маршрутов.

Выбор определенного API зависит от требований к точности, функциональности и финансовым возможностям. Если нужны мощные инструменты для маршрутизации, то 2ГИС API может быть отличным выбором. Если же в первую очередь важна гибкость и настраиваемость, то Mapbox API предоставляет больше возможностей для изменения интерфейса. Яндекс Карты API, в свою очередь, с бесплатными лимитами, может быть хорошей возможностью для некоммерческих проектов с ограниченными бюджетами.

Библиографический список

1. Яндекс – маршрутизация API – новинки и возможности для лучшего планирования маршрутов. Текст: электронный // logists : [сайт]. URL: <https://logists.by/blog/yandeks-marshrutizatsiya-api-novinki-i-vozmozhnosti-dlya-luchshego-planirovaniya-marshrutov> (дата обращения: 06.12.2024).

2. Используйте API Яндекс Карт для решения ваших задач / [Электронный ресурс] // API Яндекс Карты: [сайт]. URL: <https://yandex.ru/maps-api/products> (дата обращения: 10.11.2024).

3. Документация / [Электронный ресурс] // 2ГИС: [сайт]. URL: <https://docs.2gis.com/ru> (дата обращения: 11.11.2024).

© Горчакова А.П., 2024

Е.И. ЕМАШЕВ

thbmmm@gmail.com

Науч. руковод. – старший преподаватель **С.Ю. МАКАРОВА**

Уфимский университет науки и технологий

СИСТЕМА ДЛЯ МОНИТОРИНГА ДЕФОРМАЦИЙ ЗЕМЛИ С ПОМОЩЬЮ РАДАРНЫХ ДАННЫХ

Аннотация: в статье описана разработка информационной системы для мониторинга изменений земной поверхности с использованием данных радарной интерферометрии. Система предназначена для автоматизированного анализа деформаций, оценки состояния объектов инфраструктуры и раннего выявления потенциально опасных зон. Рассматриваются методы интеграции данных дистанционного зондирования и алгоритмы обработки интерферограмм. Предложенное решение позволяет эффективно обрабатывать большие объемы данных, визуализировать результаты анализа и прогнозировать возможные изменения поверхности. Это обеспечивает принятие обоснованных решений в области геомониторинга и инфраструктурной безопасности.

Ключевые слова: радарная интерферометрия; мониторинг деформаций; автоматизация анализа; инфраструктурная безопасность; прогнозирование изменений; информационные системы; обработка интерферограмм; визуализация данных; геотехнический мониторинг.

Современные технологии дистанционного зондирования открывают новые возможности для мониторинга изменений земной поверхности, связанных с природными и техногенными процессами. Одним из наиболее точных методов является радарная интерферометрия (InSAR), позволяющая с высокой точностью определять смещения земной коры. Однако применение этого метода требует сложной обработки данных и интеграции с информационными системами.

Основная цель данной работы – разработка информационной системы, которая автоматизирует обработку данных радарной интерферометрии и упрощает доступ к результатам анализа для пользователей. Система ориентирована на использование в задачах геомониторинга, таких как контроль деформаций грунта, оценка устойчивости инфраструктуры и предупреждение аварий.

Информационная система включает следующие компоненты:

1. Модуль сбора данных

Импорт данных с радиолокационных спутников, их предварительная фильтрация и структурирование.

2. Модуль обработки интерферограмм

Автоматизированная обработка данных с использованием алгоритмов радарной интерферометрии. Этот этап включает:

- генерацию интерферограмм;
- устранение ошибок (выравнивание фаз, фильтрация шума);
- расчет вертикальных смещений.

3. Модуль анализа и визуализации

- Построение карт смещений с использованием GIS-инструментов.
- Графики изменения поверхности с временной шкалой.

4. Интерфейс пользователя

Интуитивно понятный интерфейс для доступа к результатам анализа, позволяющий пользователю задавать параметры мониторинга и получать отчеты.

Алгоритмы обработки базируются на и включают следующие этапы:

- генерация интерферограмм
- создание интерферограмм из пар радиолокационных снимков для выявления изменений высоты.
- устранение ошибок и фильтрация
- применение адаптивного фильтра, устраняющего шумы и выравнивающего сигнал.
- вычисление смещений

Все этапы обработки более подробно представлены ниже.

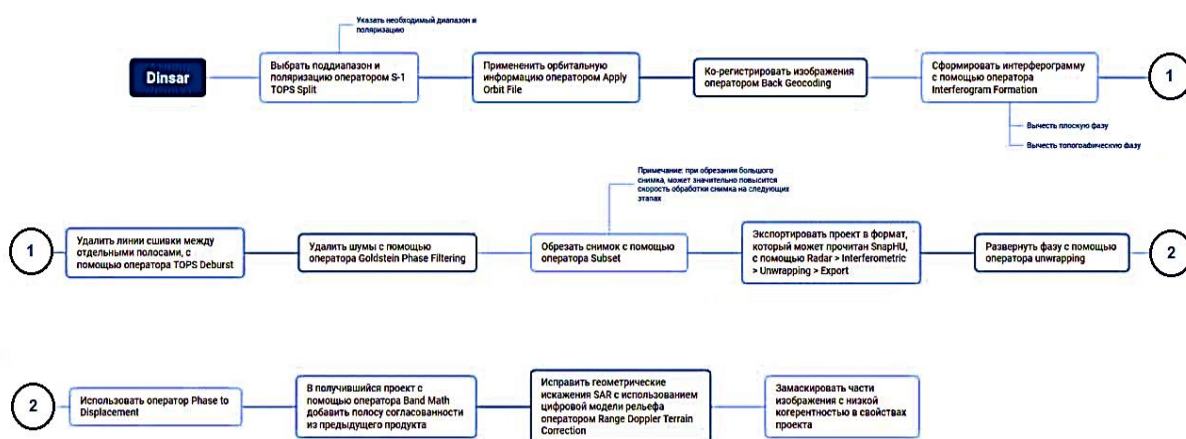


Рис. 1. Алгоритм обработки снимков

Результаты и обсуждение

В ходе тестирования системы на данных Sentinel-1 алгоритм позволил выявить зоны деформации земной поверхности, на примере землетрясения в Турции в 2020 г.

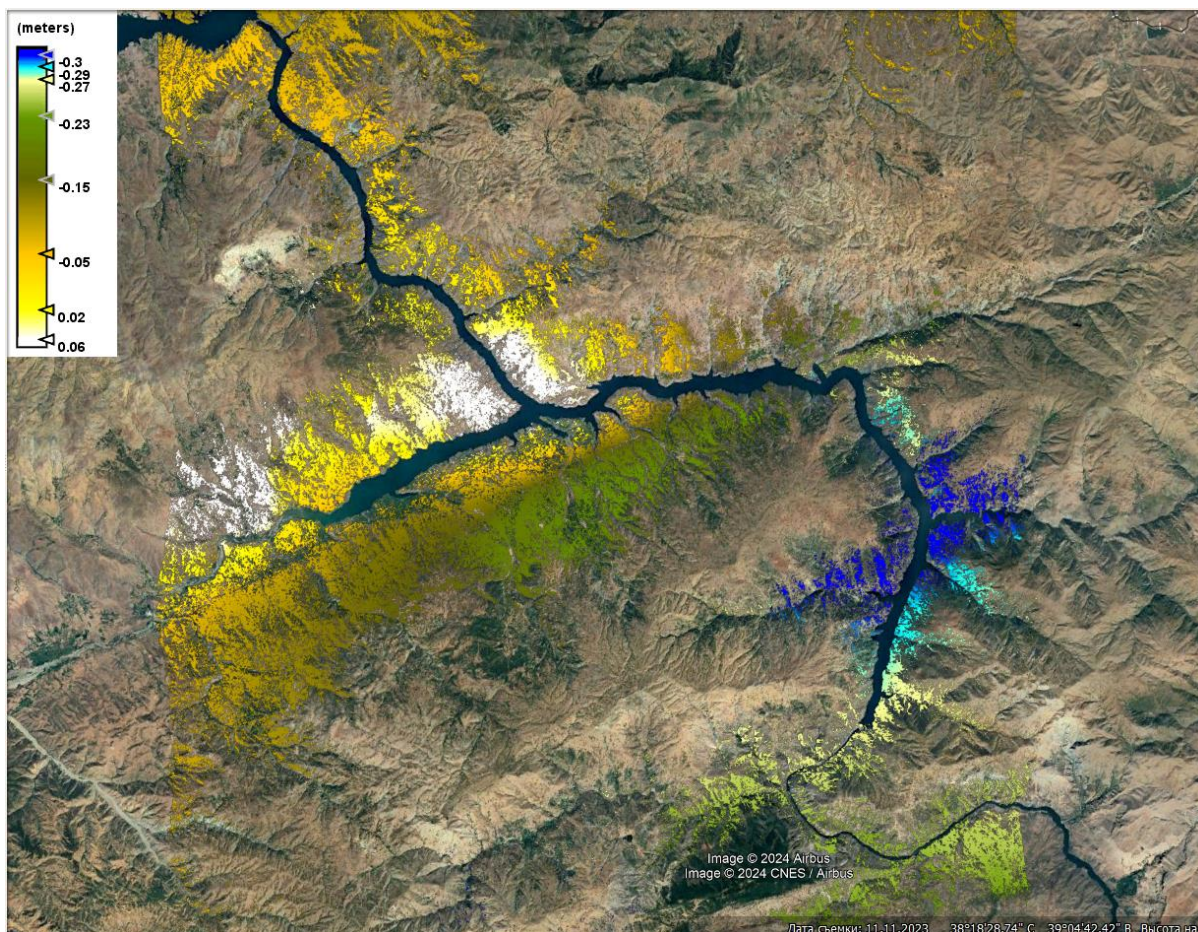


Рис. 2. Пример работы метода Dinsar с использованием снимков до и после землетрясения в Турции (2020 г.)

Предложенная информационная система обеспечивает автоматизированный мониторинг земной поверхности и интеграцию данных радарной интерферометрии. Это позволяет снизить затраты на обработку данных, улучшить качество прогнозов. Система может быть адаптирована для использования в различных отраслях: строительстве, добыче полезных ископаемых, управлении природными ресурсами.

Библиографический список

1. Hanssen R.F. Radar Interferometry: Data Interpretation and Error Analysis. Springer Science & Business Media, 2001.
2. Ferretti A., Prati C., Rocca F. Permanent Scatterers in SAR Interferometry. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2001.
3. Lanari R., et al. A Small-Baseline Approach for Investigating Deformations on Full-Resolution Differential SAR Interferograms. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2004.
4. SNAP Documentation. ESA. URL: <https://step.esa.int/main/doc/>.

© Емашев Е. И., 2024

С.А. ЗАДОРЖНЫЙ

zadorozhniy.serg10@gmail.com

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доцент **А.Ф. АТНАБАЕВ**

Уфимский университет науки и технологий

СОВРЕМЕННОЕ НАПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЯ ГИС: ОТ ЛОКАЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ К ОБЛАЧНЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ И ИСПОЛЬЗОВАНИЮ BIM

Аннотация: в статье рассматривается направление развития географических информационных систем (ГИС), а также использование локальных приложений, таких как ArcMap и ArcGIS Pro. Описана интеграция информационного моделирования зданий (BIM) в ГИС, проанализированы преимущества и недостатки различных платформ для данной задачи. Приводится анализ совместимости, доступности данных, рассмотрены перспективы использования BIM -моделей в управлении инфраструктурой зданий и так же при анализе и проектировании объектов.

Ключевые слова: геоинформационные системы; BIM; ГИС; ArcMap; ArcGIS Pro; облачные платформы; десктопные решения; пространственные данные.

Введение

Географическая информационная система (ГИС) является эффективным инструментом, активно применяемым для обработки и анализа геопространственной информации в таких областях, как городское планирование, транспортное проектирование, экология и управление городской инфраструктурой. Ранние ГИС-решения были ориентированы на пространственные приложения, предоставляя пользователям мощные аналитические возможности для обработки и визуализации данных.

Однако с развитием технологий и ростом объема пространственных данных, а также необходимостью их быстрой обработки возникли новые задачи. Эти проблемы способствовали переходу от настольных приложений к облачным платформам, которые предлагают расширенные инструменты для анализа, совместной работы и доступа к данным.

Еще одной заметной тенденцией стало внедрение BIM (информационная архитектура зданий) в ГИС, благодаря чему расширяются возможности системы и становится возможным моделировать и анализировать инфраструктурные здания с высокой степенью детализации. Современные инструменты ГИС активно интегрируют модели BIM, создавая новые решения для проектирования, управления и анализа данных.

Особенности работы локальных ГИС. Программа ArcMap в составе мощного аналитического пакета ArcGIS от компании ESRI служит наиболее распространенным инструментарием для работы с разнообразными пространственными данными, обладает большим функционалом для создания географических карт, выполнения пространственного анализа и обработки геоданных. Применение ArcMap в качестве локальной ГИС имеет нижеперечисленные преимущества и недостатки.

Основные преимущества локальных ГИС заключаются в их автономности и наличии локального хранилища. Автономность позволяет работать без подключения к сети Интернет, а локальное хранилище данных снижает риск утечки информации и позволяет пользователю эффективно управлять данными.

Недостатками локальных решений являются высокие системные требования для работы с большими объемами данных и проблемы с коммуникацией из-за сложных процессов передачи данных между группами

Облачные платформы и их применение. ArcGIS Pro является примером программы, которая объединяет в себе локальные и облачные ГИС. Главными преимуществами перед локальными ГИС является гибкость и устойчивость системы, что позволяет ей обрабатывать большие объемы данных с помощью распределенных вычислений, возможность работы с данными в любом месте где есть подключение к Интернету, а также поддержка синхронизации и обмена данными между участниками проекта для упрощения работы в команде. Недостатки облачных решений заключаются в зависимости от подключения к Интернету, низкой безопасности данных в облаке и дополнительных тратах за использование облачных сервисов.

Использование BIM в пространственном анализе и преимущества интеграции BIM в облачные ГИС

Модели BIM предоставляют подробные изображения зданий и инфраструктуры, включая информацию о строительных материалах и инженерных планах. Интеграция BIM в ГИС позволяет объединить пространственные и атрибутивные данные, что значительно улучшает управление инфраструктурой зданий и помогает при анализе и проектировании объектов. Основными преимуществами объединения BIM с облачными ГИС, является наличие точной информации о внутренней структуре зданий, подключение BIM моделей к онлайн-сервисам, которое упрощает реализацию проектов для команд разработчиков, объединение данных BIM и ГИС, позволяет создавать более качественных цифровых двойников для мониторинга и планирования, а также мобильность системы, возможен доступ к BIM моделям через интернет браузеры и мобильные приложения

На рис. 1 показана одна из ключевых возможностей BIM – организация данных по слоям. Это позволяет пользователям шаг за шагом анализировать детали: от внешнего вида объекта до его инженерных систем, таких как электрические сети, трубы и вентиляция. Эта классификация упрощает управление проектами, помогает выявить ошибки на ранней стадии и повышает точность анализа, особенно в сочетании с ГИС.



Рис. 1. Возможность разбивки BIM-модели по слоям

Заключение

Переход от локальных ГИС к облачным значительно расширяет возможности работы с пространственными данными. Тем не менее, выбор между настольными и облачными решениями остается зависимым от специфики задач, особенностей инфраструктуры и требований безопасности. Перспективы развития облачных платформ предполагают их дальнейшее упрощение и доступность, а углубленная интеграция с BIM и другими передовыми технологиями обеспечит создание инновационных инструментов для анализа, проектирования и управления пространственными данными.

Библиографический список

1. Мавлютов А.Р. Модуль объединения пространственных баз геоданных для ARCMAP / А.Р. Мавлютов, А.Ф. Атнабаев, Р.К. Ильметов // Вестник науки и образования. 2017. № 1(25). С. 21-23. EDN XICDZD.

2. Объединение возможностей технологий BIM и GIS / Л.И. Райкин, М.В. Стефанова, Н.С. Беленкова, А.А. Заплата // КОГРАФ – 2020: сборник материалов 30-й Всероссийской научно-практической конференции по графическим информационным технологиям и системам, Нижний Новгород, 13–16 апреля 2020 года. Нижний Новгород: Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, 2020. С. 261–265. DOI 10.46960/43791586_2020_261. – EDN QFGOBC.

© Задорожный С.А., 2024

УДК 004.

А.А. ЗАМАНОВ

zamanoffazamat@yandex.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доцент **Н.Н. ЗВЕРЕВА**

Уфимский университет науки и технологий

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЯХ: СОЗДАНИЕ КАРТЫ ДОСТОПРИМЕЧАТЕЛЬНОСТЕЙ ГОРОДА

Аннотация: в статье рассматриваются методы использования геоинформационных технологий в мобильных приложениях на примере интеграции «Яндекс.Карт» для отображения достопримечательностей города. Описан процесс создания интерактивной карты с поддержкой кластеризации меток, что позволяет эффективно визуализировать крупные массивы географических данных. Также подробно разобрана реализация построения маршрутов для удобного перемещения между объектами. Работа направлена на демонстрацию практических решений, повышающих пользовательский опыт и функциональность современных мобильных картографических сервисов.

Ключевые слова: геоинформационные технологии; мобильные приложения; карта; Яндекс.Карты; кластеризация; построение маршрута; интерактивные карты.

Введение

Современные мобильные технологии развиваются с быстрой скоростью, и вместе с ними улучшаются методы интеграции геоинформационных сервисов в мобильные приложения. Геоинформационные технологии в настоящее время играют одну из основных ролей во многих сферах, включая транспорт, логистику, туризм и городское планирование. В мобильных приложениях они позволяют пользователям не только получать актуальную информацию о геолокации, но и находить интересные места, строить маршруты и делиться данными с другими людьми.

Особенно привлекает внимание использование интерактивных карт, которые дают богатые функциональные возможности для работы с пространственными данными. Одним из примеров таких решений является библиотека Яндекс.Карты, которая предоставляет удобные инструменты для разработки приложений с поддержкой отображения географических объектов, маршрутизации и кластеризации данных. Эти инструменты позволяют разработчикам создавать интерактивные и визуально привлекательные карты, которые обеспечивают высокий уровень пользовательского взаимодействия.

В этой статье описываются основные аспекты использования Яндекс.Карт для создания карты достопримечательностей города. Рассматриваются методы добавления меток для отображения ключевых туристических объектов, а также подходы к организации кластеризации, построению маршрутов.

Использование ЯНДЕКС.КАРТ в мобильном приложении

Главной частью нашего мобильного приложения стала удобная и многофункциональная карта, созданная на основе Яндекс.Карт. Данное решение было выбрано за его быструю работу и богатый набор функций. В приложении доступно масштабирование: можно увидеть общий план улиц и районов города или рассмотреть отдельные дома, достопримечательности и даже узкие переулки с высокой детализацией.

Яндекс.Карты предоставляют доступ к актуальной информации о ситуации на дороге, включая данные о пробках, дорожных работах и временных ограничениях. Благодаря мощной инфраструктуре, обеспечивающей мгновенную загрузку картографических данных, пользователи могут не беспокоиться о задержках при навигации даже в плотных городских условиях или при слабом интернет-соединении.

Функциональность карты адаптируется к конкретным требованиям пользователя. Приложение поддерживает различные слои, которые можно включать и выключать в зависимости от потребностей: стандартный слой с дорогами и строениями, слой с информацией о достопримечательностях, а также слой с рекомендациями по посещению интересных мест. Такой подход позволяет создавать кастомизированные виды карты, что особенно полезно для путешественников или исследователей, планирующих маршрут по городу.

Карта обеспечивает плавное перемещение камеры с анимацией, что делает использование приложения интуитивно понятным и приятным. Интеграция с геолокационными сервисами позволяет пользователю получать точные данные о своем местоположении в реальном времени, а также строить маршруты с учетом перемещений. Например, если пользователь отклоняется от маршрута, приложение оперативно предлагает скорректированный путь, чтобы вернуть его на нужный маршрут без значительных задержек.

Кроме того, приложение предлагает функции управления картой, такие как изменение угла наклона и поворота карты для более полного восприятия пространственной информации. Это особенно удобно при планировании пути через сложные дорожные развязки или при необходимости уточнить детали маршрута. Интерфейс приложения спроектирован таким образом, чтобы быть доступным и простым, даже если пользователь впервые взаимодействует с системой. Современный дизайн и оптимизированная навигация помогают без труда переключаться между функциями.

Реализация кластеризации точек

Для реализации кластеризации точек на карте в приложении были проанализированы широкие возможности, предоставляемые Яндекс.Картами. Основная задача заключалась в том, чтобы сделать отображение большого количества достопримечательностей наглядным. Если все точки отображать по отдельности карта становится перегруженной и пользователю сложно ориентироваться. По этой причине было принято решение использовать кластеризацию меток, которая автоматически объединяет близко расположенные точки в одну группу с указанием их общего количества.

Первым шагом определен радиус, в пределах которого точки будут объединяться в кластеры, и установлен минимальный уровень масштабирования, при котором начинает работать функция кластеризации плейсмарков (рис. 1).



Рис. 1. Кластер на карте

После этого на карту добавлены все достопримечательности, загруженные в виде плейсмарков с помощью встроенного метода `addPlacemark`. Каждый плейсмарк получил уникальную иконку, чтобы выделять отдельные точки. Кластеры, в свою очередь, были настроены так,

чтобы отображать общее количество объединенных объектов в виде метки (рис. 2).

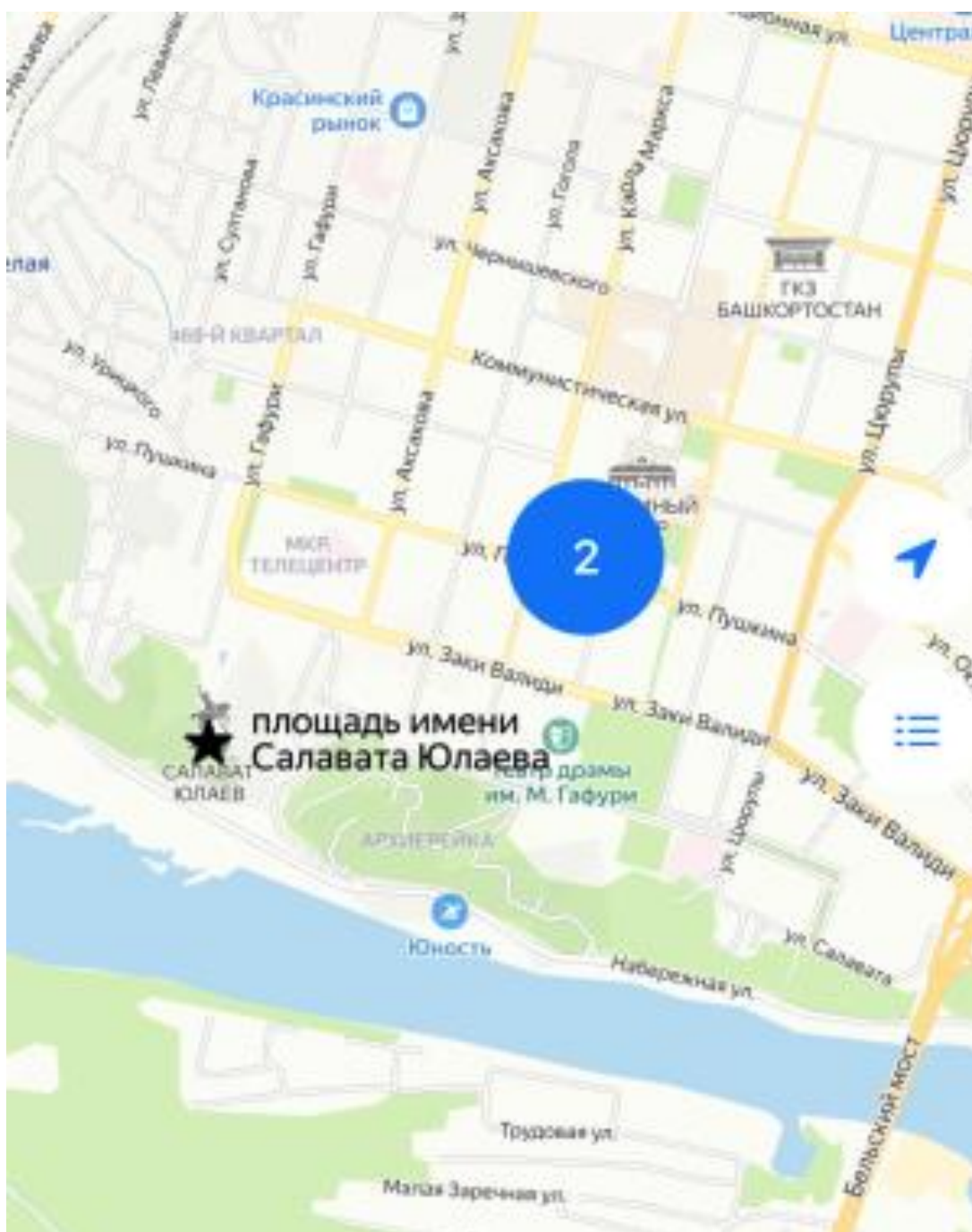


Рис. 2. Распад кластера на плейсмарки

Построение маршрута между двумя точками

Для начала было настроено получение геолокации пользователя с использованием встроенной службы определения местоположения. Это позволяет отслеживать текущие координаты и использовать их для расчета маршрута. Когда пользователь выбирает достопримечательность, приложение создает запрос для построения маршрута, используя координаты начальной и конечной точек.

После получения маршрута на основе вычисленной геометрии маршрута добавляется полилиния на карту, которая отображает путь (рис. 3).

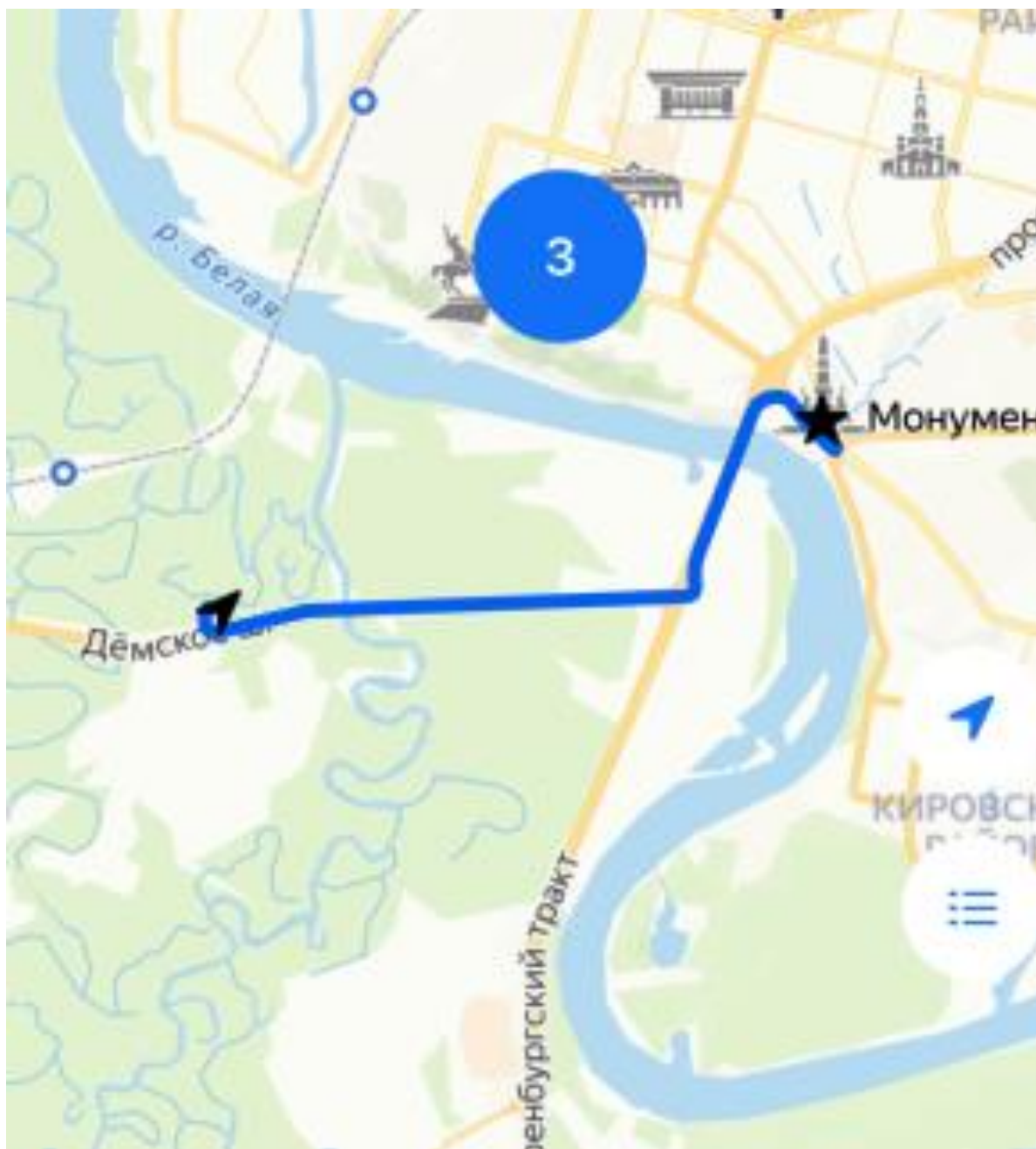


Рис. 3. Построенный маршрут

Для улучшения восприятия маршрута пользователю предоставляется плавная анимация перемещения камеры, что делает процесс навигации интуитивно понятным и удобным.

Заключение

Использование геоинформационных технологий в мобильных приложениях открывает новые возможности для пользователей, особенно в сфере туризма и городской навигации. Реализация кластеризации

позволяет эффективно управлять большими объемами географических данных, упрощая восприятие информации и улучшая пользовательский опыт. В то время как построение маршрутов обеспечивает удобное и интуитивно понятное передвижение по городу, что особенно важно для туристов.

Решения, представленные в статье, демонстрируют возможности приложения Яндекс.Карты в контексте мобильных приложений, и могут быть полезны разработчикам, создающим геоинформационные сервисы, а также специалистам, внедряющим современные ГИС-технологии в сфере туризма и городского планирования. Внедрение таких технологий способствует улучшению функциональности приложений, а также повышению их эффективности и удобства для пользователей. В итоге использование геоинформационных технологий позволяет создавать инновационные решения, которые делают городские карты и маршруты более доступными, понятными и удобными для всех пользователей.

Библиографический список

1. Яндекс. «Яндекс. Карты: Документация», 2024.
2. Martynov V.V., Filosoza E.I., Zvereva N.N. Computer Technologies for Modeling the Competencies of Employees of Industrial Enterprises as Part of a Digital Twin of a Person, 2023 International Seminar on Electron Devices Design and Production, SED 2023. Proceedings. 2023. С. 444–498.

© Заманов А.А., 2024

Р.Р. ИЛЬЯСОВ

rustam.iljasov2015@yandex.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. **С.В. МАКСИМОВ**

Уфимский университет науки и технологий

ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО РАСПОЗНАВАНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ И ОЦЕНКИ ЗАНЯТОСТИ ПАРКОВОЧНЫХ МЕСТ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ

Аннотация: данная статья посвящена разработке и применению программного модуля для автоматического распознавания автомобилей и оценки занятости парковочных мест с использованием технологии компьютерного зрения. Наиболее значимым является выбор алгоритма и метода обработки изображений, позволяющих в реальном времени анализировать видеопоток с камер наблюдения, определять наличие автомобилей и фиксировать свободные и занятые парковочные места. В статье рассматриваются различные методы компьютерного зрения, представлены результаты исследования, подтверждающие эффективность предложенной системы.

Ключевые слова: программный модуль; компьютерное зрение; система автоматизации; распознавание автомобилей; YOLO.

Введение

Современные города сталкиваются с постоянно растущей необходимостью автоматизации процессов управления парковочным пространством. С увеличением числа автомобилей и плотности городской застройки организация парковки становится сложной задачей, влияющей на транспортные потоки и экологическую ситуацию. Особую актуальность приобретают интеллектуальные системы мониторинга, которые с использованием компьютерного зрения и геоинформационных технологий способны предоставлять оперативные данные о состоянии парковок и занятости мест в реальном времени.

Существующие методы контроля парковочных мест, такие как инспекционные обходы или использование датчиков, часто требуют значительных ресурсов и не всегда обладают достаточной точностью. В связи с этим возрастает интерес к применению компьютерного зрения, что позволит эффективно и с высокой точностью определить местоположение автомобилей на парковках, а также интегрировать эту информацию в городские информационные системы.

Разработка программного модуля для автоматического распознавания автомобилей и оценки занятости парковочных мест на основе технологии компьютерного зрения призвана повысить уровень автоматизации управления парковочным пространством и улучшить доступность информации для пользователей города Уфы.

Технологии компьютерного зрения при распознавании объектов

Для распознавания объектов в режиме реального времени используются различные технологии, каждая из которых имеет свои особенности:

1. YOLO (You Only Look Once) – модель, разработанная для быстрого и точного распознавания объектов на изображении. Основным преимуществом YOLO является ее способность обрабатывать кадры в режиме реального времени, что делает ее оптимальной для задач мониторинга парковок. YOLO проводит распознавание, обрабатывая все изображение за один раз, что позволяет минимизировать задержки и повышать производительность системы.

2. SSD (Single Shot Multibox Detector) – еще один метод для определения объектов, способный обрабатывать изображения с высокой скоростью. SSD также подходит для работы в реальном времени, однако уступает YOLO по точности в сложных условиях (например, при недостаточной освещенности). Тем не менее, SSD является популярным выбором для мобильных и встроенных систем из-за его компактности и скорости.

3. Faster R-CNN (Region Convolutional Neural Network) – метод, обеспечивающий высокую точность, но работающий медленнее, чем YOLO и SSD. Faster R-CNN чаще используется там, где важна точность распознавания, например, для анализа статичных изображений с детализированной информацией. Для задач мониторинга парковок Faster R-CNN может применяться в системах, где важнее точность, чем скорость.

В данной работе была выбрана технология YOLO v.8, которая обеспечивает оптимальное сочетание точности и производительности для обработки видеопотока в реальном времени.

Реализация программного модуля

Программный модуль был реализован с использованием Python и библиотеки OpenCV, которая обеспечивает доступ к обширным возможностям для обработки изображений. Применена модель YOLO, специально обученная для распознавания автомобилей, целью которого является определение и классификация объектов на изображениях.

Алгоритм включает в себя следующие этапы:

1. Загрузка и обработка изображения. Изображение, полученное с камеры наблюдения, загружается и масштабируется для ускорения обработки. Затем выполняется анализ XML-файла с разметкой

парковочных мест, что позволяет модулю понимать, какие области на изображении следует отслеживать.

2. Прогнозирование с помощью YOLO. YOLO загружает предварительно обученную модель для распознавания автомобилей. После этого изображение передается в модель, которая выделяет каждый обнаруженный объект, присваивая им метку класса и степень уверенности в предсказании.

3. Идентификация парковочных мест. Каждое парковочное место проверяется на наличие автомобилей. Координаты и центр объекта используются для проверки пересечения с координатами парковочных зон, что позволяет выявить занятые и свободные места. Свободные места выделяются красным цветом, а занятые – зеленым. В финальной версии изображения также выводится количество свободных парковочных мест.

4. Визуализация результатов. Готовое изображение с отображением занятости парковочных мест отображается с помощью библиотеки Matplotlib, что позволяет наглядно продемонстрировать работу системы.

Оценка результатов исследования

Крайне важно, чтобы результаты исследования были наиболее точны. Разработанный программный модуль демонстрирует высокую эффективность и удовлетворяет требованиям реального времени для задач мониторинга парковочных зон.

На вход модуль принимает изображение и соответствующую XML-разметку парковочных зон. Изображение предварительно масштабируется, а разметка преобразуется в массив координат зон парковки. YOLOv8 используется для предсказания объектов на изображении с заданным порогом уверенности. Далее анализируется совпадение координат предсказанных объектов с парковочными зонами. Свободные места визуализируются с помощью прямоугольников, занятые – точками внутри зон. Итоговое изображение отображает количество свободных мест, интегрируя информацию в удобный для пользователя формат.

На рис. 1 представлен результат мониторинга парковочных мест и оценки их занятости.



Рис. 1. Результат определения парковочных мест

На изображении отображаются свободные парковочные места, отмечены автомобили, стоящие на парковке. Информативно отображается общее количество мест и число занятых.

Заключение

Таким образом, в ходе исследования разработанный программный модуль на основе YOLO показал, что успешно справляется с задачами обнаружения автомобилей и определения статуса парковочных мест. Использование компьютерного зрения позволяет достичь достаточной точности и быстродействия при минимальных затратах, что делает данный подход перспективным для широкой интеграции с городскими информационными системами.

Библиографический список

1. Редмон Дж., Диввала С., Гиршик Р., Фархади А. (2016). «YOLO: Единое, реал-таймовое обнаружение объектов». Труды IEEE Конференции по компьютерному зрению и распознаванию образов (CVPR), 779–788.
2. Лю В., Ангелов Д., Эрхан Д., Сегеди Ч., Рид С., Фу Ч.-Й., Берг А.С. (2016). «SSD: Детектор с одиночным проходом для обнаружения объектов». Труды Европейской конференции по компьютерному зрению (ECCV), 21–37.
3. Рен С., Хе К., Гиршик Р., Сун Дж. (2015). «Faster R-CNN: К реальному времени обнаружения объектов с использованием сетей предложений областей». Конференция по обработке нейронной информации (NeurIPS), 91–99.

4. Лазарев П.А., Сидорова Е.Л. (2020). «Применение нейронных сетей для мониторинга парковочных мест в реальном времени». Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики, 20(5), 724–730.

5. Михайлов В.И., Козлова Т.Ю. (2019). «Интеллектуальные парковочные системы на основе технологии IoT и компьютерного зрения». Современные информационные технологии и IT-образование, 15(1), 85–92.

© Ильясов Р.Р., 2024

Р.Р. ИЛЬЯСОВ

rustam.iljasov2015@yandex.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. **А.Ф. АТНАБАЕВ**

Уфимский университет науки и технологий

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ КЛАССИФИКАЦИИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ОБЪЕКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Аннотация. Данная статья посвящена анализу методов классификации для выделения различных типов объектов на снимках, полученных в результате применения дистанционного зондирования. Наиболее значимым является процесс правильного соотнесения различных объектов к определенному классу для их дальнейшего изучения. В статье рассматриваются метод максимального подобия, неконтролируемая классификация изокластеров и метод главных компонент на основе функционала программного обеспечения ArcMap.

Ключевые слова: классификация, анализ данных, дистанционное зондирование, снимок, диагностирование.

Введение

Одним из основных способов использования данных дистанционного зондирования является разделение объектов на поверхности Земли на различные категории или типы. Этот процесс заключается в определении принадлежности каждого пикселя изображения к определенному классу или типу объекта на земле, такому как леса, водоемы, города, сельскохозяйственные угодья и тому подобное. Использование различных методов классификации позволяет учесть разнообразие типов объектов и достичь более полного охвата на изображении.

Более того, различные подходы к классификации могут дополнять друг друга: один метод может улучшить результаты другого метода. Например, методы максимального сходства и главных компонент могут взаимно дополняться и помочь выделить различные особенности объектов на изображении [1].

Классификационные методы

При определении принадлежности объектов к определенному классу применяют различные методики. Среди наиболее широко используемых можно выделить методы максимального сходства объектов, метод опорных векторов, обучение без учителя с использованием изокластеров

(кластеризация по изофлотам), деревья принятия решений и метод главных компонент. В данной статье мы рассмотрим именно метод главных компонент, обучение без учителя на основе изокластеров и метод максимального сходства объектов.

Метод максимального подобия основывается на предположении о том, что объекты одного и того же класса имеют схожие характеристики, отличающие их от объектов других классов. Основная идея данного метода заключается в увеличении вероятности того, что наблюдаемые данные принадлежат к определенному классу. Этот метод обеспечивает статистически обоснованную классификацию на основе вероятностных моделей и позволяет эффективно работать с различными типами данных и применяться для классификации как небольших выборок данных также крупных объемов данных. Однако стоит помнить о том, что для классификации по методу максимального сходства необходимы точные знания о распределении данных и модели классов. Это может быть сложной задачей в случае неясных и запутанных данных. Кроме того, этот метод чувствителен к выбору признаков и параметров модели, что может привести к неоптимальным результатам классификации.

Рассмотрим метод неконтролируемой классификации изокластеров. Он основан на идее объединения объектов в разные группы на основе их сходства без пересечения между группами. Этот метод не требует заранее известной информации о классах объектов, что позволяет выявить внутреннюю структуру данных и делает его полезным для анализа больших объемов данных без необходимости разметки объектов как относящихся к определенным классам. Изокластеризация также способна обнаруживать скрытые шаблоны и структуры в данных, которые могут быть незаметны при использовании других методов классификации. Иногда этот подход не может однозначно классифицировать данные на понятные категории, особенно при работе со смешанными или зашумленными данными. Результаты могут быть субъективными и зависеть от выбора метрик сходства и количества кластеров.

Еще одним задействованным методом является метод главных компонент. Он помогает уменьшить размерность данных путем преобразования исходных признаков в новое пространство признаков. В этом новом пространстве признаков они становятся ортогональными и упорядочены по убыванию дисперсии. Применение этого метода позволяет сократить размерность данных за счет удаления лишней информации и упрощает дальнейший анализ. Кроме того, он может выделить наиболее информативные признаки для улучшения работы классификаторов. Недостатками могут быть потеря части информации при сжатии данных в более низкую размерность и непостоянная эффективность для данных с нелинейными связями или неоднородными классами [3].

Оценка результатов исследования

Крайне важно, чтобы результаты исследования имели максимально достижимую точность. Классификация изображения выполнялась с помощью программного обеспечения ArcMap и соответствующего модуля, который содержит различные методы классификации. Каждый из рассматриваемых методов показал определенные результаты. Их совместное использование позволило увидеть более полную картину и повысить точность исследования. На рис. 1-4 показаны результаты классификации на основании четырех классов.

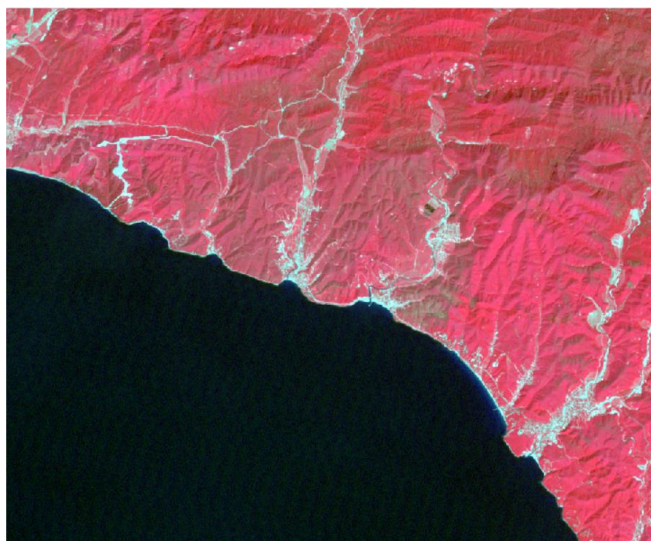


Рис. 1. Исходное изображение

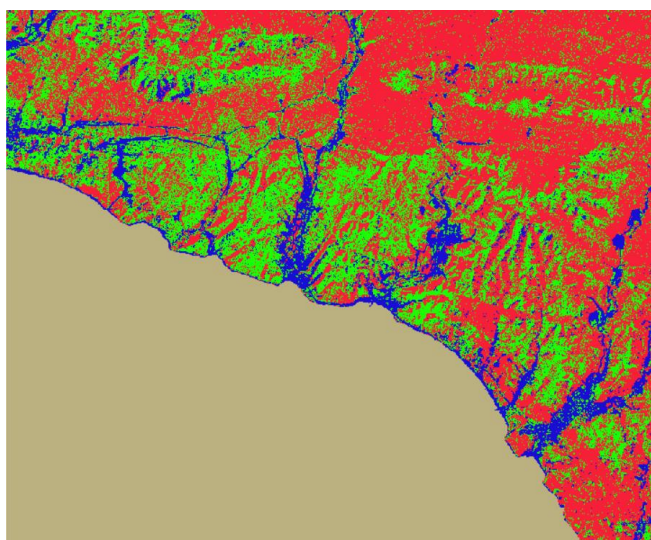


Рис. 2. Классификация по методу максимального подобия

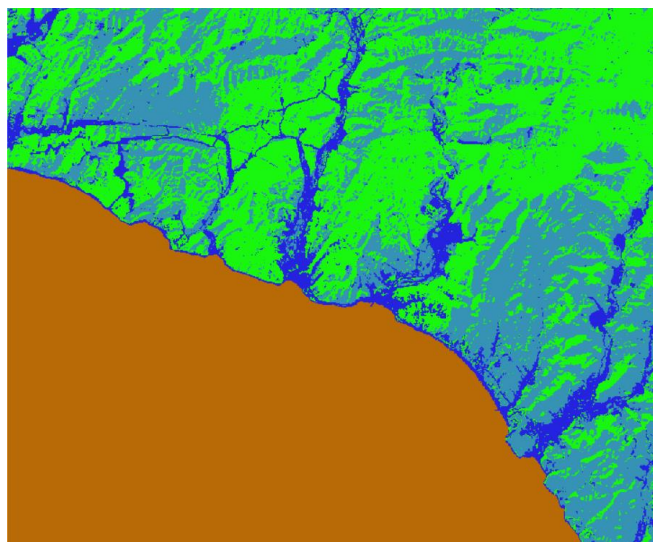


Рис. 3. Неконтролируемая классификация изокластеров



Рис. 4. Классификация по методу главных компонент

Заключение

Таким образом, в ходе исследования были рассмотрены методы классификации изображений для определения различных типов объектов на снимке. Анализ данных показал, что данные методы дают схожие результаты. Безусловно, результаты подвержены определенной погрешности, но комбинация методов позволяет учесть, а также устранить возможные искажения, связанные с этой погрешностью и помочь в качественном анализе и дальнейшем использовании полученных данных.

Библиографический список

1. Earth Engine от Google – уникальная платформа для анализа больших геоданных / Хабр (habr.com).
2. Дистанционное зондирование Земли – Российские космические системы (russianspacesystems.ru).

3. Хабаров Д.А., Адиев Т.С., Попова О.О., Чугунов В.А., Кожевников В.А. «Анализ современных технологий дистанционного зондирования Земли» // Московский экономический журнал. 2009. № 1.

4. Асылгареев Н.Р., Атнабаев А.Ф., Орлов Н.С. «Верификация результатов дешифрирования космических снимков низкого разрешения MODIS для мониторинга схода снежного покрова»//Сборник «Геоинформационные технологии в проектировании и создании корпоративных информационных систем». Уфа, 2015. С. 30–35.

© Ильясов Р.Р., 2024

Е.А. КАДЫРОВА

katyakadr099@gmail.com

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. **Е.И. ФИЛОСОВА**

Уфимский университет наук и технологий

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ УЧЕТА ОБРЕЗКИ ЗЕЛЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ ВБЛИЗИ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

Аннотация: статья описывает процесс разработки информационной системы, предназначенной для оптимизации процессов обрезки зеленых насаждений вблизи линий электропередач. В системе должны быть учтены требования безопасности, эффективность выполнения работ и соблюдение природоохранных норм. Основное внимание уделено функциональности, структуре и моделированию целей системы.

Ключевые слова: обрезка зеленых насаждений, линии электропередач, цели автоматизации; автоматизация функций; информационная система.

С развитием инфраструктуры и увеличением числа линий электропередач возрастает необходимость в уходе за зелеными насаждениями, которые могут угрожать электросетям. Соблюдение дистанций и поддержание здоровья деревьев и кустарников требует системного подхода и современных технологий. Разработка эффективной информационной системы позволяет не только повысить безопасность, но и снизить затраты на обслуживание.

Зеленые насаждения вблизи линий электропередач играют важную роль в экосистемах и обеспечении эстетичного вида территорий. Однако, они также представляют собой потенциальную угрозу для электросетей, особенно в периоды сильных осадков или бурь. В связи с этим возникает необходимость регулярной обрезки и контроля за состоянием зеленых насаждений. Информационная система будет служить инструментом для мониторинга, планирования и организации этих работ.

Один из ключевых аспектов в этой области - создание четкого и оптимизированного плана работ по обрезке деревьев и зеленой растительности с учетом географического распределения линий электропередач. Эта задача требует тщательной обработки и анализа обширного объема информации, включая данные о росте растительности, геопрограмственной структуре энергетической инфраструктуры, а также прогнозы развития зеленых зон.

Основные функции системы:

1. Регистрация зеленых насаждений. Система позволит создавать и хранить учетные записи зеленых насаждений, включая:

Описание видов (деревья, кустарники и т. д.).

Местоположение (координаты и адрес).

Характеристики (возраст, высота, состояние здоровья).

История обрезки (даты, методики, выполненные работы).

2. Мониторинг состояния зеленых насаждений. Процесс мониторинга включает:

Периодическую оценку здоровья насаждений (инструменты визуального и инструментального контроля).

Сигналы тревоги о потенциальных угрозах (болезни, вредители, риск падения).

Геоинформационные данные для упрощения анализа местоположения и состояния насаждений.

3. Определение графиков обрезки. Система управляет планированием обрезки на основе:

Состояния насаждений (по результатам мониторинга).

Сезонных особенностей (рекомендуемые сроки для обрезки определенных видов).

Нагрузок на электросети (периоды высокой нагрузки).

4. Анализ данных после выполнения работ. Аналитическая функция включает:

Сбор статистики по обрезке (количество выполненных работ, затраты ресурсов).

Оценку состояния обрезанных насаждений в динамике.

Сравнительный анализ с предыдущими периодами.

5. Оценка эффективности выполненных работ. Эффективность будет оцениваться на основе:

Критериев безопасности (количество инцидентов после обрезки).

Экономических показателей (сравнение затрат и результатов).

Качества работы (удовлетворенность пользователей, соответствие нормативам).

Служебные функции:

1. Подготовка отчетов. Система будет автоматически генерировать отчеты, включая:

Общие сведения о зеленых насаждениях.

Анализ выполненных работ (графики и таблицы).

Выводы и рекомендации по улучшению процессов.

2. Контроль за соблюдением мер безопасности. Функция контроля будет включать:

Отслеживание соблюдения норм по охране труда и экологии.

Запуск оповещений в случае нарушения процедур безопасности.

Аудит выполнения мер безопасности после обрезки.

Комплекс функций, реализуемый информационной системой и выполненный в виде модели «Function Tree» в методологии ARIS [1], отображен на рис. 1.

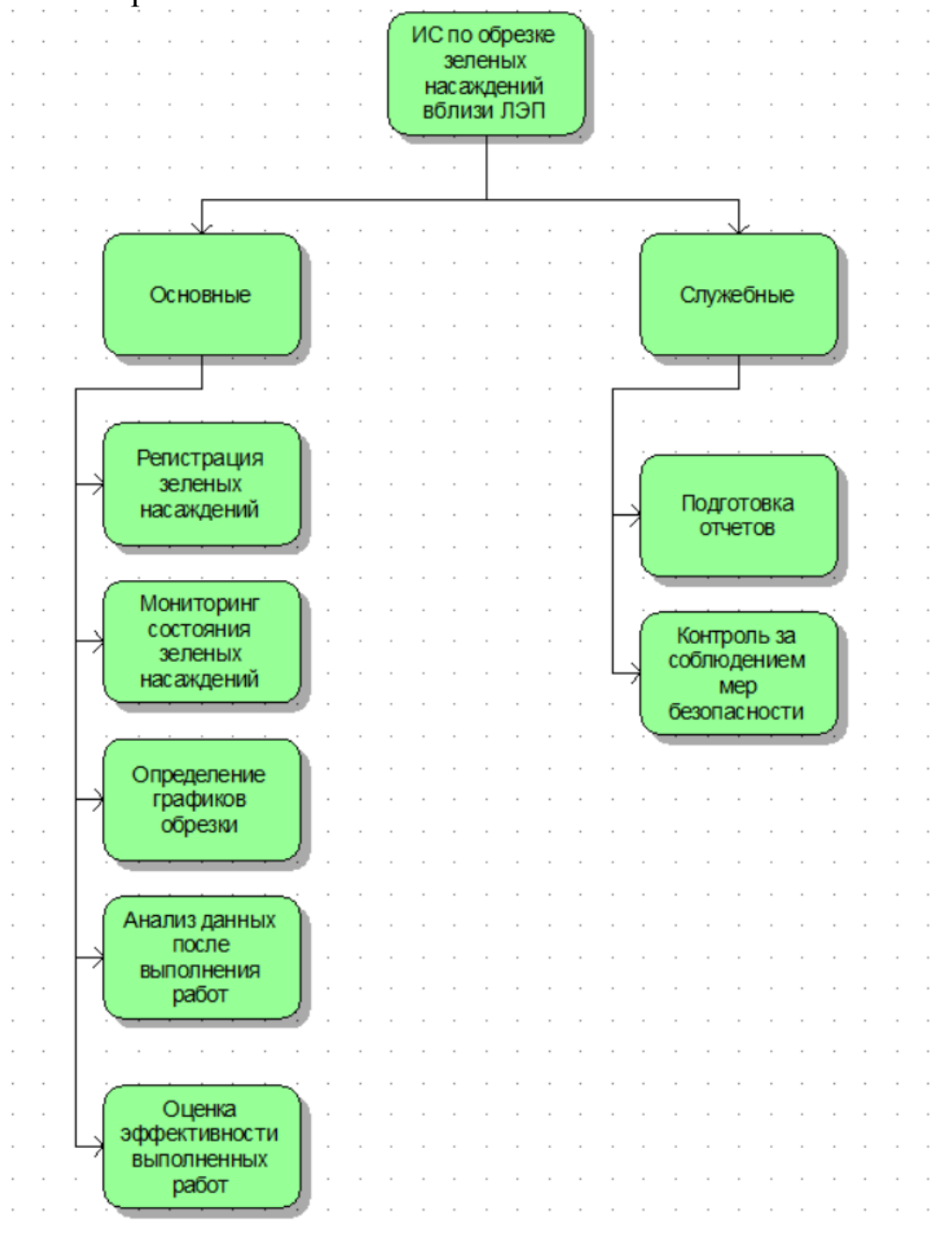


Рис. 1. Дерево функций

Выделение целей автоматизации обрисовывают комплексный подход к разработке информационной системы для обрезки зеленых насаждений вблизи линий электропередач. Ожидается что внедрение данной системы приведет к значительному повышению уровня безопасности, улучшит здоровье растений и обеспечит эффективное использование ресурсов. В конечном итоге, это будет способствовать созданию более устойчивой и безопасной городской инфраструктуры.

Ниже изображена Диаграмма целей автоматизации, рассматриваемых в создаваемой ИС. Она представлена в виде модели «OD-Objective diagram» в методологии Арис [2] (рис. 2).

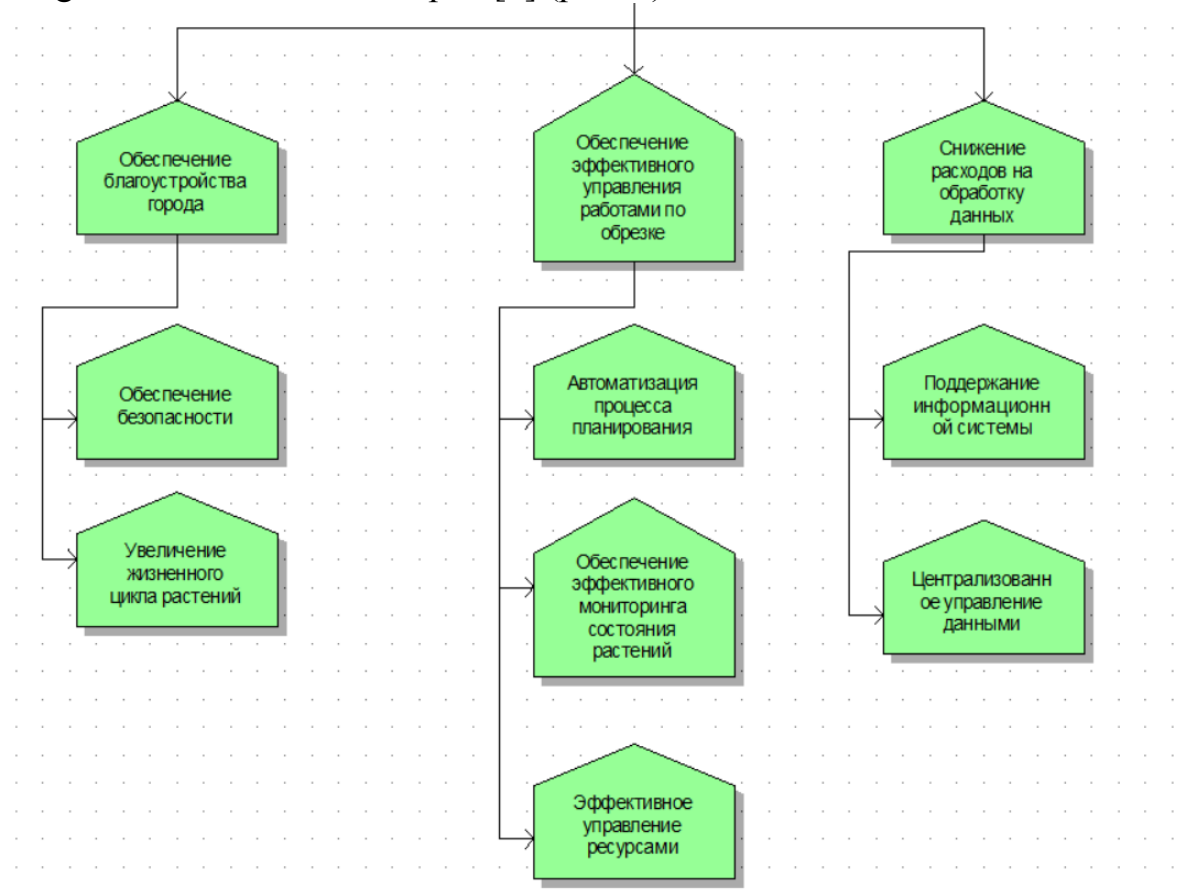


Рис. 2. Диаграмма целей автоматизации.

С помощью данной ИС будут усовершенствованы следующие функции:

1. Обеспечение безопасности, что включает в себя:

Снижение рисков аварий: Система должна минимизировать угрозы, связанные с падением деревьев или ветвей на электросети, предотвращая тем самым несчастные случаи и повреждения оборудования.

Информирование работников: Система будет предоставлять работникам актуальные данные о состоянии насаждений и потенциальных рисках, помогая им принимать обоснованные решения при проведении обрезки.

Контроль соблюдения норм безопасности: Автоматические уведомления и отчеты о соблюдении норм охраны труда и безопасности во время выполнения работ.

Увеличение жизненного цикла растений через:

Профилактическое обслуживание: Регулярная обрезка и уход за растениями помогут предотвратить заболевания и ухудшение состояния, что способствует их долголетию.

Оптимизация условий роста: Информация о состоянии растений позволит принимать меры по улучшению условий их роста, включая правильный выбор момента для обрезки.

Мониторинг здоровья насаждений: Система будет сохранять и анализировать данные о здоровье каждого растения, что поможет вовремя реагировать на проблемы.

2. Автоматизация процесса планирования:

Система будет автоматически создавать графики работ на основе состояния насаждений, их видов и погодных условий.

Благодаря автоматизации сократится время на администрирование процессов, что позволит работникам сосредоточиться на выполнении задач, а не на планировании.

3. Обеспечение эффективного мониторинга состояния растений:

Периодический мониторинг состояния насаждений с использованием датчиков.

4. Эффективное управление ресурсами:

Оптимизация распределения рабочей силы для выполнения работ по обрезке.

Система будет учитывать затраты на материалы и рабочую силу, обеспечивая целенаправленное использование средств.

5. Поддержание информационной системы.

6. Централизованное управление данными:

База данных для хранения информации о зеленых насаждениях, их состоянии и проведенных работах обеспечит удобный доступ к данным.

Обмен данными.

Разработка информационной системы для обрезки зеленых насаждений вблизи линий электропередач позволит повысить надежность и безопасность эксплуатации электросетей. Эта система обеспечит не только более точное и обоснованное управление зелеными насаждениями, но и улучшит взаимодействие между различными службами, что позволит сократить затраты и минимизировать риски.

Библиографический список

1. 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.

2. Инюшкина О.Г. Проектирование информационных систем. Екатеринбург: «Форт-Диалог Исеть», 2014. 159 с.

© Кадырова Е.А., 2024

А.И. КАРАЧУРИН

artemkar3002@gmail.com

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. **Е.И. ФИЛОСОВА**

Уфимский университет науки и технологий

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ УСТАНОВКИ ВЕТРОГЕНЕРАТОРОВ

Аннотация: статья описывает процесс разработки информационной системы, которая позволяет автоматизировать процесс определения оптимальных мест установки ветрогенераторов и расчета выработки электроэнергии. Система позволяет упростить процесс анализа ветровых условий и повысить эффективность использования ветровых ресурсов. В статье описываются функциональные возможности системы и особенности ее использования.

Ключевые слова: ветрогенераторы, оптимизация установки, автоматизация функций, информационная система, ветроэнергетика.

В последние годы во многих секторах российской экономики значительно участились случаи использования возобновляемых источников энергии. Программа «Цифровая экономика Российской Федерации» интенсифицирует работы по цифровизации всех сторон экономической деятельности России [1]. Непрерывно растет сложность используемых информационных систем и технологий, особенно в сфере применения промышленной концепции Industry 4.0 [2], появляются новые запросы на интеграцию технологий, включая киберфизические системы, объединяющие реальные объекты с виртуальными процессами через информационные сети или Интернет, а также на гибридные вычислительные среды и открытые архитектурные решения. Эти подходы находят применение, в том числе и в области ветроэнергетики.

Одной из ключевых задач современного производства является энергосбережение. Постоянное совершенствование технологий приводит к увеличению потребления электроэнергии, что, в свою очередь, повышает себестоимость выпускаемой продукции. В условиях высокой конкуренции компании стремятся понизить энергозатраты и повысить энергоэффективность своих процессов. Одним из перспективных подходов к рациональному использованию энергоресурсов является применение ветрогенераторов для обеспечения предприятий электроэнергией.

Ветроэнергетика – это отрасль которая занимается производством электроэнергии с использованием ветровых ресурсов. Ветрогенераторы

устанавливаются в местах с высокой ветровой активностью, чтобы максимально эффективно использовать ветровые ресурсы. Оптимизация установки ветрогенераторов включает в себя анализ ветровых условий, топографии местности и других факторов, влияющих на производительность ветрогенераторов. На рис. 1. можно увидеть некоторые требования к выбору места для установки.

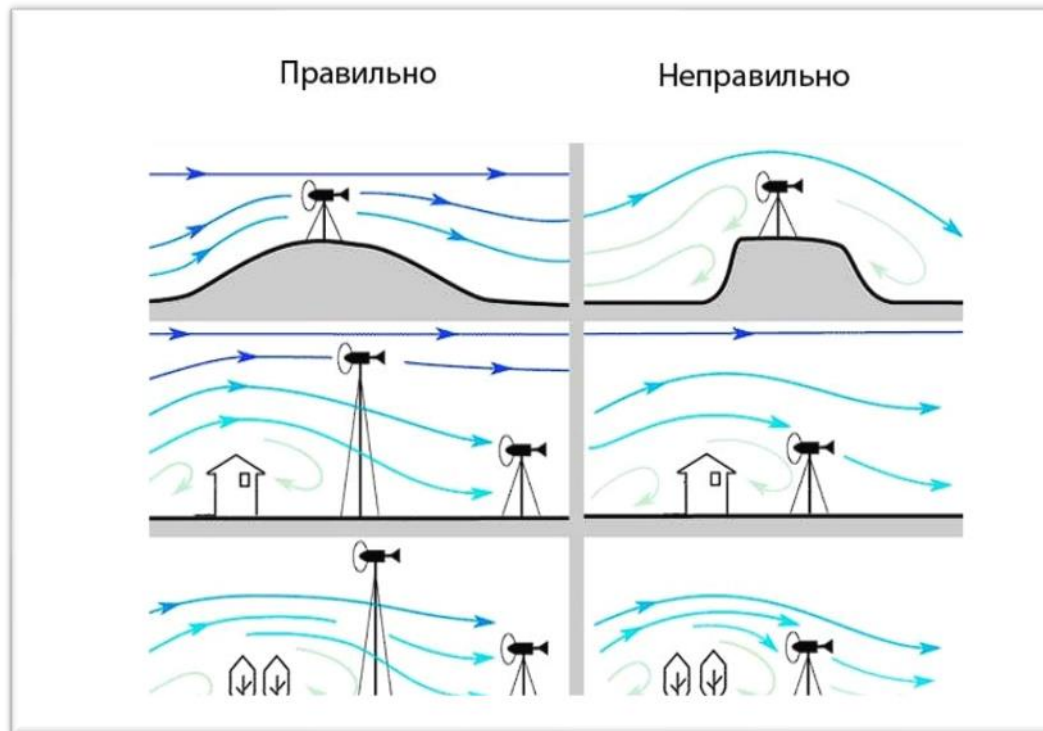


Рис. 1. Требования к топографии местности

Учет данных о ветровых условиях и характеристиках ветрогенераторов ведется в основном с помощью специализированных программ, на подобии WindPro. Однако, вследствие сложности этих программ и их ограниченной функциональности, возникают ряд недостатков, вызывающих затруднения при эксплуатации:

1. Необходимость профессиональных навыков делает программы сложными для обычных пользователей и малых предприятий.

2. Значительное время требуется для анализа данных и выбора оптимальных мест для размещения ветрогенераторов.

3. Недостатки при сборе и регистрации исходной информации о ветровых характеристиках.

4. Платные программы, такие как WindPro [3], требуют финансовых затрат, что не всегда доступно для небольших компаний и частных лиц.

5. Бесплатные программы, доступные на рынке, имеют ограниченный функционал, не позволяющий проводить комплексный анализ.

6. Недостаточная оперативность в принятии решений по установке и подготовке к эксплуатации ветрогенераторов.

Решение этих задач зачастую выполняется вручную либо с помощью сложного и дорогостоящего софта. Для повышения эффективности предлагается разработать информационную систему, способную хранить, анализировать и обрабатывать данные о ветровых условиях и характеристиках ветрогенераторов.

Методология разработки основывается на структурном и объектно-ориентированном анализе, а также реляционном моделировании данных. Предлагаемая система будет включать следующие функциональные возможности:

1. Анализ ветровых данных: Оценка скорости, направления ветра и других параметров для выбора оптимальных точек установки.

2. Моделирование потоков: Численные модели для прогнозирования ветровых условий и их влияния на генераторы.

3. Оценка производительности: Расчет эффективности генераторов на основе ветровых данных.

5. Экономический анализ: Оценка стоимости проектов, включая затраты на установку и эксплуатацию, а также возможные доходы.

6. Интеграция с GIS: Визуализация данных и пространственный анализ с использованием геоинформационных систем.

7. Оптимизация определения мест установки: Выбор наиболее подходящих площадок на основании анализа различных факторов.

8. Планирование установки: Разработка планов размещения и ввода в эксплуатацию ветрогенераторов.

В заключение следует отметить, что разработка подобной системы является перспективной и востребованной задачей. Такая система сможет автоматизировать процесс анализа ветровых условий, моделирования ветровых потоков и оценки производительности ветрогенераторов. Это позволит значительно сократить время и затраты на выбор оптимальных мест для установки, а также повысить эффективность использования ветровых ресурсов. Внедрение подобной системы будет способствовать стабилизации бизнес-процессов и улучшению энергоэффективности предприятий, что особенно актуально в условиях растущей конкуренции и необходимости снижения энергопотребления.

Библиографический список

1. Программа «Цифровая экономика Российской Федерации» // URL: <http://static.government.ru/media/files/9gFM4FHj4PsB79I5v7yLVuPgu4bvR7M0.pdf> (дата обращения: 30.10.2024).

2. Martynov V. Information Architecture to Support Engineering Education in the Era of Industry 4.0 / V. Martynov, E. Filosoza, Y. Egorova // 2022 6th International Conference on Information Technologies in Engineering Education, Inforino 2022. Proceedings: 6, Moscow, 12–15 апреля 2022 г. Moscow, 2022. DOI 10.1109/Inforino53888.2022.9782999.

3. Методика работы с программой «WindPRO 2.7» – June 2010 // EMD International A/S, Niels Jernes Vej 10, DK9220 Aalborg Ø. URL: <http://www.emd.dk> (дата обращения: 30.10.2024).

© Карачурин А.И., 2024

Л.С. КАРЯКИНА

volcovalyudmilabeach@mail.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. **А.В. СОКОЛОВА**

Уфимский университет науки и технологий

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ В ЗАДАЧАХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДЛЯ СИСТЕМЫ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ

Аннотация: в данной статье рассматриваются задачи с применением геоинформационных систем (ГеоИС) для повышения эффективности систем видеонаблюдения. Отражены главные функции, которые помогут дополнить систему видеонаблюдения, быстро и наглядно управлять безопасностью на подконтрольном уровне. Также приведен анализ существующих решений применения ГеоИС в задачах обеспечения безопасности для системы видеонаблюдения и выявлены будущие направления для обеспечения эффективного решения.

Ключевые слова: геоинформационная система, системы безопасности, системы видеонаблюдения, методы.

Введение

Организация процесса обеспечения безопасности объектов и персонала является одной из первоочередных задач для любой организации, независимо от ее масштабов и специфики деятельности. Безопасность объектов определяется не только системой физической охраны и видеонаблюдения, но и интеграцией технологий, которые позволяют эффективно управлять и анализировать данные. Одним из таких инструментов является геоинформационная система (ГеоИС), которая позволяет оптимизировать процессы мониторинга и видеонаблюдения за счет обработки пространственных данных в задачах обеспечения безопасности.

Современные системы видеонаблюдения позволяют наблюдать обстановку на подконтрольном объекте в режиме реального времени, просматривать события, которые попали в поле зрения камер видеонаблюдения в определенный момент прошедшего времени. Но анализировать подобные данные, хранящиеся в видеофайлах, затруднительно, поскольку они не структурированы. Поскольку, иногда, помимо оценки визуального материала, необходимо производить анализ данных в таких задачах, как обеспечение безопасности для системы видеонаблюдения. Современные системы видеонаблюдения могут быть дополнены функциями географических информационных систем (ГеоИС).

В рамках данной статьи проведем анализ задач, которые ГеоИС может решать в рамках реализации систем видеонаблюдения.

Применение ГеоИС в системах видеонаблюдения

Необходимость учета местоположения совершения преступлений, их анализа для выработки эффективной стратегии предотвращения и раскрытия требуют учета специфики пространственного характера криминальной обстановки. Время, необходимое для генерации ответа, очень важно в реальной ситуации. Для решения задач подобного рода лучше всего подходят ГеоИС.

Главная особенность ГеоИС – это графическое представление пространственной информации в виде карт, также она является эффективным инструментом для анализа данных, и может быть использована для решения пространственных задач. Рассмотрим функции ГеоИС в задачах мониторинга объектов:

- фиксация траектории движения;

- сигнал о нелегальном проникновении с помощью вывода на экран окна-предупреждения;

- мониторинг и учет оборудования на охраняемой территории, например, учет камер видеонаблюдения;

- построение и изменение зоны видимости камер на основе пространственных данных;

- отображение карты объектов безопасности;

- выявление слепых зон (областей, не фиксируемых камерами);

- вывод данных о собранной информации и создание отчетов.

Вышеперечисленные функции играют существенную роль в улучшении качества работы системы видеонаблюдения, повышая эффективность управления и контроля за системой безопасности, а также обеспечивая оперативное реагирование на возможные нарушения и инциденты.

Объединяя современные системы видеонаблюдения и геоинформационные системы можно наблюдать обстановку на подконтрольном объекте и анализировать данные, направленные на устранение последствий преступлений и правонарушений.

В ряде систем присутствуют функции ГеоИС, которые позволяют повысить эффективность мониторинга. На примере трех существующих решениях рассмотрим системы с применением ГеоИС в задачах обеспечения безопасности для системы видеонаблюдения.

1. Разработка Китайской международной инженерно-консалтинговой корпорации. Авторами предложено отобразить в интегрированной системе пространственное распределение, дальность наблюдения камер, а также плотность размещения камер на ГеоИС-карте, учитывая пространственно-временную взаимосвязь между видеозаписями с различных камер. Интегрированная система видеонаблюдения и ГеоИС для управления

фрагментами видеоданных установлена в кампусе Пекинского университета авиации и космонавтики. На рисунке 1 показан пример отслеживания объекта. Когда объект исчезает из поля зрения камеры, система автоматически находит подходящие камеры, расположенные в области круга. В соответствии с фактическим маршрутом и временем перехода можно выбрать доступные камеры. Кроме того, видеоклипы, (см. кадры справа) относящиеся к одному и тому же объекту, но снятые с разных камер, упорядочены по времени появления. В результате отслеживания несколькими камерами, траектория движения отображается на карте.

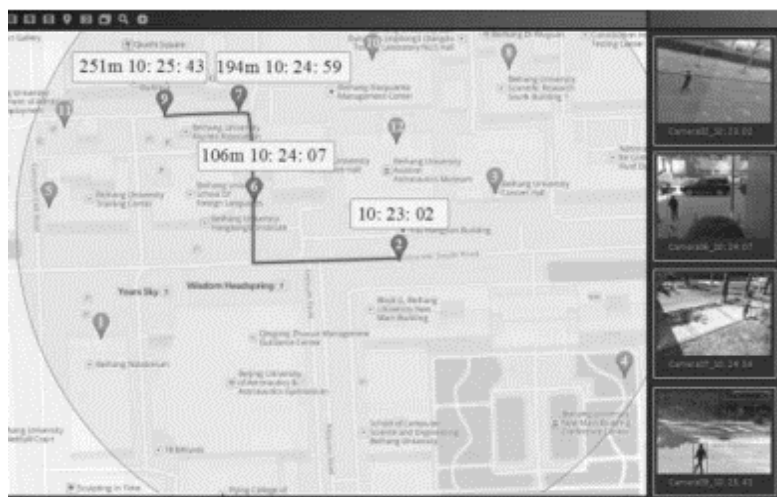


Рис. 1. Пример отслеживания объекта несколькими камерами [³]

2. Разработка главной лаборатории виртуальной географической среды, Нанкинский педагогический университет. На основе модели интеграции ГеоИС с данными о движении объектов, а также метода их извлечения и пространственной привязки, авторами реализован прототип под названием «система ГеоИС и движущихся объектов» (GIS–MOV). Данная система обладает автономной функциональностью по хранению пространственных данных геоинформационной системы, видеопотоков и информации о движущихся объектах. Она обеспечивает их отображение и комплексный анализ. Эта система может помочь руководителям быстро и эффективно разобраться в геопространственном и видеоконтенте.

³ Научная статья на тему «Интегрированная система видеонаблюдения и ГеоИС» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/170/2/022088/pdf>

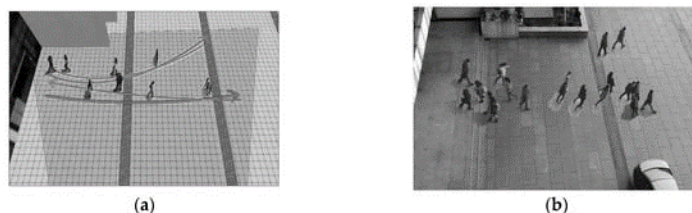


Рис. 2. Сравнение визуальных эффектов между видеосюжетом в пространстве изображения и видеосюжетом на географической сцене:
 а – Видеоанализ географической сцены;
 б – Видеоанализ на изображении [4]

3. Разработчики из Нишского университета предлагают инновационную систему, интегрирующую трехмерные (3D) геоинформационные системы (ГеоИС) и системы видеонаблюдения с применением технологий дополненной реальности (AR). Данная разработка представляет собой один из возможных подходов к интеграции видеопотоков в 3D-сцену ГеоИС, обеспечивая точное отображение местоположения и ориентации камер. Для успешной интеграции информации в приложение ГеоИС, данные должны быть геопривязаны. Пользовательский интерфейс на основе ГеоИС организован в трех различных режимах: видеоцентрический режим, режим видеобилбордов (рекламных щитов) и режим проецируемого видео, который еще требует доработки.



Рис. 3. Обзор виртуальной 3D-сцены ГеоИС с включенными видео рекламными щитами [5]

В приведенных разработках с применением ГеоИС в задачах обеспечения безопасности для системы видеонаблюдения есть общая функция отображения карты объектов, также в первой и второй системах реализована функция фиксации траектории движения. При том, каждая система имеет отличительные функции, такие как:

1. отслеживание объекта несколькими камерами;

⁴ Научная статья на тему «Интеграция ГеоИС и движущихся объектов в видеонаблюдении» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.mdpi.com/2220-9964/6/4/94>.

⁵ Научная статья на тему «Интеграция ГеоИС и видеонаблюдения» [Электронный ресурс]. URL: https://www.researchgate.net/publication/298722826_Integration_of_GIS_and_video_surveillance.

2. определение скорости движения и положения объекта;
3. отображение положения и ориентации камер в 3D-сцене ГеоИС.

В дальнейшем будет проведен анализ геоинформационной системы (ГеоИС) Уфимского университета науки и технологий, с акцентом на ее специфических характеристиках и потенциале для модернизации.

ГеоИС Уфимского университета науки и технологий (УУНиТ).

Система рассматривается как набор аппаратно-программных и информационных средств для реализации возможностей работы с актуализированными пространственно-распределенными данными и связанной с ними атрибутивной информацией. Это дает руководству университета широкий спектр ресурсов и функциональных возможностей для улучшения управления и организации учебного процесса и рабочей среды в учреждении. ГеоИС в образовательной организации может использоваться для мониторинга безопасности в кампусах и предотвращения кризисных ситуаций; это упростит процессы административно-хозяйственной деятельности, а также упростит строительство логистических маршрутов и путей передвижения транспортных средств на всей территории учреждения; создание тематических карт инфраструктуры ВУЗа, а также объектов интереса и ответственности его структурных подразделений.

На данный момент в ГеоИС УУНиТ разработаны следующие функции:

- мониторинг и учет оборудования на охраняемой территории, например, учет камер видеонаблюдения;

- отображение карты объектов безопасности;

- выявление слепых зон (областей, не фиксируемых камерами);

- вывод данных о собранной информации и создание отчетов.

Для повышения эффективности управления и контроля за системой безопасности следующие функции будут полезны в ГеоИС УУНиТ:

- фиксация траектории движения;

- сигнал о нелегальном проникновении с помощью вывода на экран окна-предупреждения;

- построение и изменение зоны видимости камер на основе пространственных данных.

Область видеонаблюдения в ГеоИС «УУНиТ» – является многогранной. Она затрагивает пространственный и временной аспект, имеет широкий спектр возможностей для исследования и внедрения новых разработок. Сотрудники управления безопасности обозначили главное требование при разработке системы – это пространственное понимание. А также план должен быть интерактивным, чтобы при нажатии на объект на карте появлялось изображение с камеры видеонаблюдения. Важна возможность выбора, как группового показа камеры, так и каждой камеры индивидуально. Например, при выборе определенного корпуса –

выводятся на экран все камеры в этом здании, соответственно, выбрав конкретную камеру – выводится изображение одной камеры в крупном варианте. Также для удобства пользования системой сотрудники попросили добавить видеосемантику. Видеосемантика – краткое логическое изложение видеоинформации путем разложения ее на семантические единицы (видеосюжеты), каждый из которых имеет свой законченный смысл, отличающийся от предыдущего и последующего видеосегмента.

Несмотря на широкий спектр задач, в рамках данной работы приоритетным направлением станет реализация задачи - построение и изменение зоны видимости камер на основе пространственных данных. Способность строить и изменять область покрытия видимости камер видеонаблюдения на тематической карте является важным инструментом для управления безопасностью. С помощью этой функции можно легко и быстро настраивать системы видеонаблюдения в зависимости от изменяющихся условий или угроз. Это позволяет оперативно адаптироваться к новым реалиям, что особенно актуально в динамичных ситуациях.

Для построения и изменения зоны видимости с камеры видеонаблюдения необходимо ввести параметры камеры, а именно: модель, угол обзора, высоту расположения камеры на местности, расширение, положение (по горизонтали) и наклон. Алгоритм построения и изменения зоны видимости будет более подробно описан в рамках следующей работы.

Заключение

В статье обозначаются главные функции ГеоИС в системе видеонаблюдения для обеспечения безопасности и быстрого реагирования в критической ситуации в месте с большим скоплением людей. Проведен обзор и сравнение методов по разработке систем видеонаблюдения с применением ГеоИС. Возможности, основанные на возникающих проблемах, выявлены в существующих методах и были перечислены в качестве будущих направлений для обеспечения эффективного решения.

Библиографический список

1. Федеральный закон от 28.12.2010 № 390-ФЗ «О безопасности» [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_108546/?ysclid=m1bucso57y555160000, свободный (дата обращения 01.06.2023).
2. Научная статья на тему «Интегрированная система видеонаблюдения и ГеоИС» [Электронный ресурс]. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/170/2/022088/pdf>, свободный (дата обращения 15.05.2023).

3. Научная статья на тему «Интеграция ГеоИС и движущихся объектов в видеонаблюдении» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.mdpi.com/2220-9964/6/4/94>, свободный (дата обращения 15.05.2023).

4. Научная статья на тему «Интеграция ГеоИС и видеонаблюдения» [Электронный ресурс]. URL: https://www.researchgate.net/publication/298722826_Integration_of_GIS_and_video_surveillance, свободный (дата обращения 15.05.2023).

© Карякина Л.С., 2024

Т.И. КИНЗИН

tagir-kkk@mail.ru

Науч. руковод. – д-р геогр. наук, доц. **Д.Ю. ВАСИЛЬЕВ**

Уфимский университет науки и технологий

ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА СНЕЖНОГО ПОКРОВА НА ТЕРРИТОРИИ ЮЖНОГО УРАЛА

Аннотация: работа посвящена изучению снежности и оценке современных тенденций ее изменения в Республике Башкортостан, выделен период с ноября по март с 1936 по 2018 г. и выделен линейный тренд уровня снега. В основу работы положены данные с 9 метеостанций Республики Башкортостан, рассматривается метод получения данных о снежном покрове для различных временных периодов.

Ключевые слова: высота снежного покрова, запас воды в снеге, линейный тренд, временной период, Республика Башкортостан.

В данной статье рассматриваются принципы изучения, различные источники, методы и определение линейного тренда уровня снега для определенной местности.

Интерес к исследованию уровня снега вызван необходимостью понять изменения климата на глобальном уровне и изучить его влияние на экосистемы и человеческую деятельность. Результаты данного исследования могут быть полезны для разработки мер по адаптации к изменениям климата и снижению их негативного воздействия на окружающую среду.

Было проведено изучение материалов, публикуемых Финским метеорологическим институтом, совместно с агентством по окружающей среде и изменению климата Канады. Данные организации провели исследования уровня снега в период с 1980 по 2020 года для северного полушария земли. В данной статье можно увидеть множественные сведения о тенденции и уровне снежного слоя, так же подсчитан линейный тренд снежного покрова. По материалам статьи можно увидеть, что для большей части России и территории Урала уровень снега увеличивался [1].

Примером организации, занимающейся изучением уровня снежного покрова для разных регионов, является НАСА. Сайт данной организации GlobSnow открыт доступ к данным ученым, метеорологам, географам и специалистам узких профилей. Данные, полученные различными методами, представляют информацию об уровне снега в различных форматах. На платформе есть вся информация для построения трендов и

определения тенденций прироста снежного покрова. Данный ресурс полезен ученым, изучающим тенденции уровня снега на поверхности земли [2].

При изучении научных публикаций и полученного материала было принято решение провести похожие исследования для Республики Башкортостан. Для начала были получены данные с 9 различных метеостанций (МС) в Республике Башкортостан, таких как: МС Уфа, МС Янаул, МС Стерлитамак, МС Мелеуз, МС Зилаир, МС Тукан, МС Кушнаренково, МС Аксаково за период с 1936 по 2018 г. Алгоритм определения границ снежного покрова для моделей атмосферы с данными по уровню снежного покрова был взят из работ [3, 4].

Был разработан алгоритм, позволяющий интерполировать данные на основе двумерных таблиц с значением широты и долготы метеостанций и данными по уровню снега, после чего наносить эти данные на карту Республики Башкортостан. В результате были получены карты для периода с 1936 по 2018 для ноября, декабря, января, февраля и марта. Была проведена визуализация с помощью программного обеспечения ArcMap. Также составлены карты по средним значениям зимнего периода и линейного тренда для каждого периода месяца между годами. Пример полученной карты можно увидеть на рис. 1.

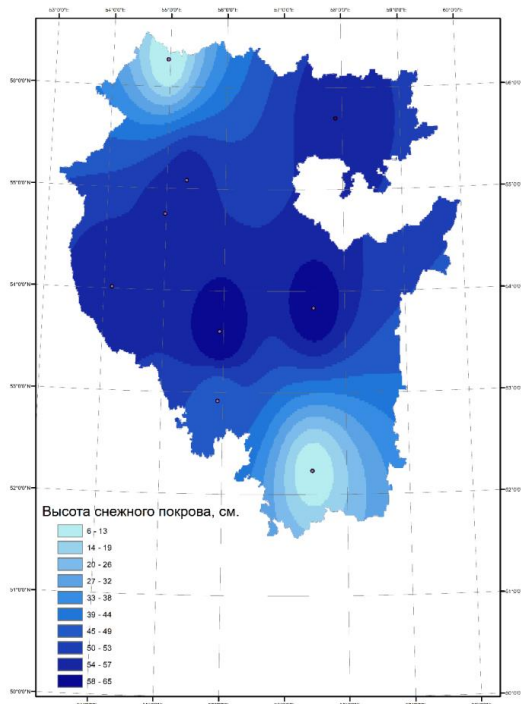


Рис. 1. Пример полученной карты уровня снежного покрова

После получения данных был построен линейный тренд для месяцев с ноября по март и для зимы в целом. На основе этих данных можно сделать вывод что в большей степени уровень снега с годами только

повышался, за исключением ноября, где уровень снега с годами падал. Полученные результаты можно увидеть в табл. 1.

Таблица 1

Линейный тренд уровня снега с 1936 по 2018 г.
для метеостанций Республики Башкортостан

Название метеостанции	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март	Зима
Аксаково	0,006477	0,32528	0,063617	0,229626	0,399213	0,210833
Дуван	-0,00525	0,234767	0,043737	0,181303	0,181021	0,161684
Зилаир	-0,04242	0,30929	-0,02737	0,199914	0,308706	0,170599
Кушнаренково	-0,00441	0,296711	0,143148	0,273445	0,218558	0,254148
Тукан	-0,06676	0,157335	0,028993	0,142411	0,345438	0,13648
Стерлитамак	-0,01246	0,309315	-0,01005	0,177272	0,248299	0,162153
Мелеуз	-0,0262	0,166232	-0,01118	0,112491	0,085998	0,091674
Уфа	-0,03851	0,085301	-0,0187	0,031688	-0,02985	0,035432
Янаул	-0,01728	0,161839	0,007971	0,073142	0,164799	0,08941

На рис. 2 можно увидеть карту линейного тренда.

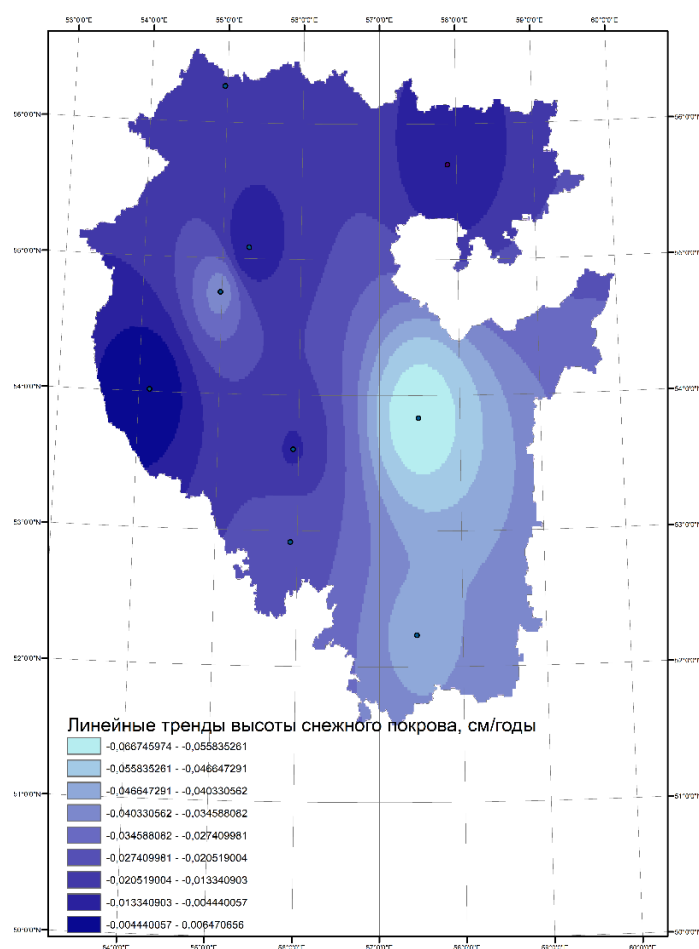


Рис. 2. Карта линейного тренда для Республики Башкортостан

Таким образом были изучены данные по уровню снега на примере Республики Башкортостан и изучен линейный тренд в данном регионе. Разработан алгоритм для упрощения работы с нанесением данных на карту и их генерации.

Библиографический список

1. Гидрометцентр России [Электронный ресурс]: URL: <https://meteoinfo.ru/novosti/99-pogoda-v-mire/17146-sneg-severnogo-polushariya-teper-mozhno-dostoverno-otsenit> (дата обращения: 12.11.2024).
2. GlobSnow [Электронный ресурс]: URL: <https://www.globsnow.info/>
3. Алферов Ю.В. Алгоритм определения границ снежного покрова для моделей атмосферы / Ю.В. Алферов, В.В. Копейкин. Гидрометеорологический научно-исследовательский центр Российской Федерации, 2015. С. 11.
4. Снежный покров, его формирование и свойства / Г.Д. Рихтер. Ленинград: Изд-во Акад. наук СССР, 1945. 120 с.

© Кинзин Т.И., 2024

А.Н. ЛАПИН

meccos160@yandex.ru

Науч. руковод. – д-р техн. наук, проф. **А.В. ВОРОБЬЕВ**

Уфимский университет науки и технологий

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КОСМИЧЕСКОЙ ПОГОДЫ НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ НА ВЫСОКИХ ШИРОТАХ

Аннотация: в работе рассмотрена оценка влияния состояния космической погоды на объекты высокоширотной инфраструктуры. При наблюдении полярных сияний на подстанции «Выходной» наиболее предполагаемые уровни геоиндуцированных токов за 30 минут составляют 0.08 А для севера, 0.23 А для зенита и 0.68 А для юга.

Ключевые слова: статистический анализ, космическая погода, полярные сияния, геоиндуцированные токи, высокоширотная инфраструктура.

Космическая погода существенно влияет на работу объектов высокоширотной инфраструктуры. Самые большие риски снижения техносферной безопасности напрямую связаны с интенсивностью магнитных бурь в авроральном овале [1]. Эти изменения нарушают работу большинства систем коротковолновой радиосвязи, железнодорожной электроники и энергетического оборудования, а также способствуют ускоренной амортизации материалов трубопроводов. Например, магнитная буря 13 марта 1989 года повлекла за собой выход из строя силовых трансформаторов и блэкаут на ЛЭП в Канаде. В ноябре 2001 г. геомагнитная активность полностью отключила воздушную ЛЭП «Оленегорск-Мончегорск» на 9 часов [2]. В Швеции подобная магнитная буря вызвала отключение электроснабжения и ошибочное срабатывание реле. С 2005 по 2015 г. страховые выплаты из-за сбоев электрооборудования в США возросли в несколько раз и превысили \$1.9 млрд. Токовые наводки после магнитных бурь дополнительно приводят к аномальным изменениям в сигнальной автоматике железных дорог на севере [3]. Когда геомагнитная активность экстремально нарастает, авроральный овал смещается ниже, к средним широтам.

В настоящее время исследования геоиндуцированных токов (ГИТ) ограничены из-за использования малого числа российских спутников и около 50 магнитных станций, расположенных в большинстве случаев в США, Канаде и Европе [4]. Все это затрудняет оперативный мониторинг этого показателя в Арктической зоне РФ, где полярные сияния являются

основной оценкой состояния космической погоды. В представленной работе используются результаты мониторинга полярных сияний обсерватории «Ловозеро» Полярного геофизического института. Эта обсерватория является единственной в России станцией, где непрерывно наблюдают полярные сияния и магнитное поле, а также данные ГИТ подстанции «Выходной» (рис. 1) [5].

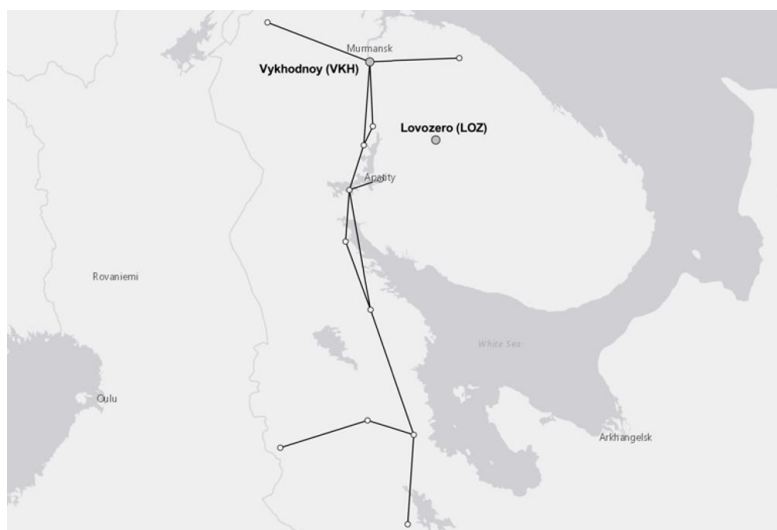


Рис. 1. Местоположение подстанции «Выходной» и обсерватории «Ловозеро»

На рис. 2 показана временная диаграмма мониторинга ГИТ подстанции «Выходной» [6] и полярных сияний «Ловозеро» [7]. Сияния в южной части небосвода коррелируют с экстремальными значениями ГИТ.

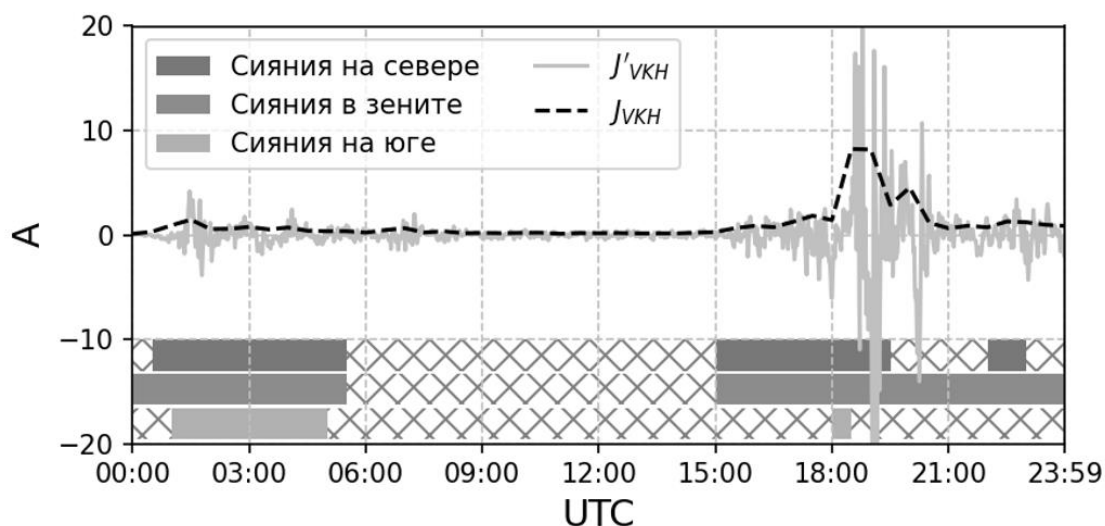


Рис. 2. График уровня регистрации полярных сияний и ГИТ

Согласно данным графика из рис. 3, распределение значений ГИТ при регистрации полярных сияний соответствует логнормальному закону.

Вероятные уровни ГИТ при регистрации сияний составляют 0.08 А на севере, 0.23 А в зените и 0.68 А на юге.

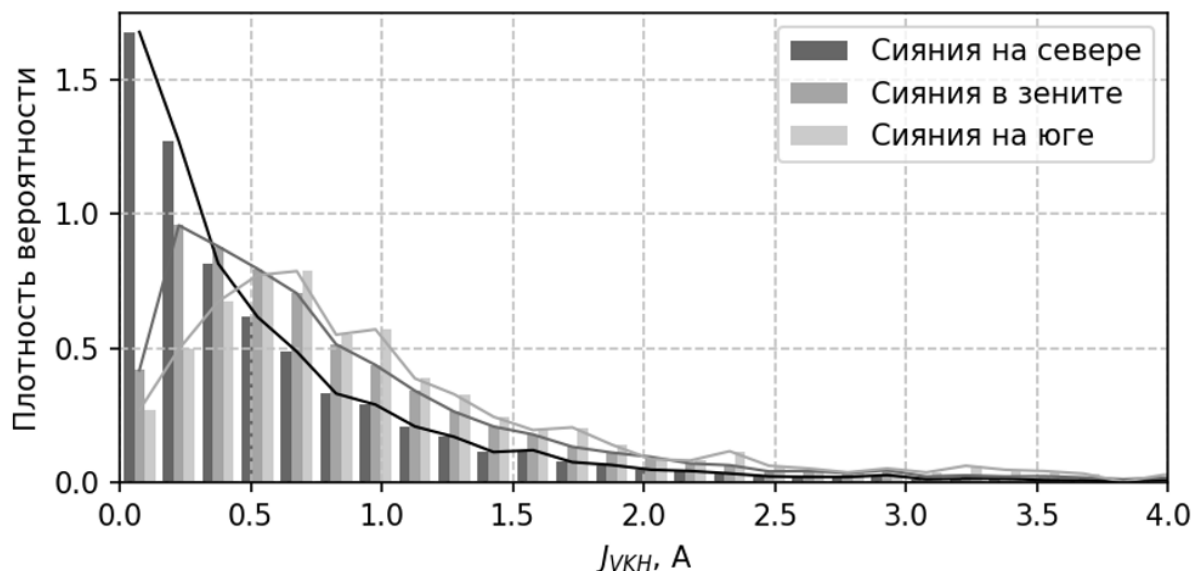


Рис. 3. Распределение плотности вероятности ГИТ с учетом регистрации полярного сияния в различных областях небосвода

Анализ показывает, что вероятность превышения среднего уровня ГИТ более 2 А при регистрации сияний на севере составляет 6 %, а при регистрации в зените 10 % и 15 % на юге. Вероятность превышения ГИТ 10 А при регистрации сияний на юге составляет 0.15 %, против 0.06 % и 0.04 % при регистрации в зените и на севере.

Апостериорная вероятность превышения ГИТ при регистрации полярного сияния представлена на рис. 4.

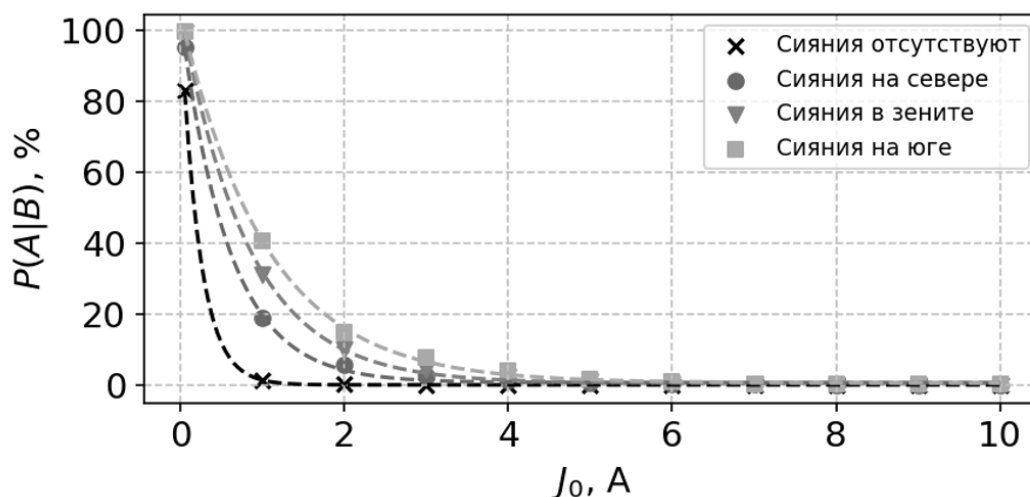


Рис. 4. Апостериорная вероятность превышения ГИТ при регистрации полярного сияния

По данным графика из Рис. 4 сделаем вывод, что вероятность регистрации ГИТ выше 2 А при сияниях на севере составляет 5.78 %, в зените – 10.04 %, а на юге – 14.93 %. Вероятность регистрации показателей ГИТ свыше 2 А составляет 0.26 % в отсутствии сияний, а вероятность наблюдения ГИТ выше 3 А близка к нулю.

В заключение делаем вывод, что полярные сияния являются главным индикатором для оценки космической погоды. Их анализ позволяет оценить геомагнитную активность и предполагаемые экстремальные значения ГИТ.

Результаты анализа 1921 аскаплов за 10 лет показывают, что при мониторинге полярных сияний самые вероятные показатели ГИТ на станции «Выходной» составляют 0.08 А на севере, 0.23 А на зените и 0.68 А на юге.

Вероятность того, что ГИТ превысит более 2 А при сияниях на севере составляет 5.78 %, в зените – 10.04 %, а на юге – 14.93 %. Вероятность того, что показатели ГИТ превысят 2 А составят 0.26 % в отсутствии сияний, а вероятность регистрации ГИТ, превышающего 3 А близка к нулю.

Библиографический список

1. Пилипенко В.А. Воздействие космической погоды на наземные технологические системы // Солнечно-земная физика. 2021. Т. 7, № 3. С. 72–110. DOI 10.12737/szf-73202106.

2. Птицына Н.Г., Тясто М.И., Касинский В.В., Ляхов Н.Н. Влияние космической погоды на технические системы: сбои железнодорожной аппаратуры во время геомагнитных бурь // Солнечно-земная физика. 2008. № 12–2 (125). С. 360.

3. Гвишиани А.Д., Лукьянова Р.Ю. Оценка влияния геомагнитных возмущений на траекторию наклонно-направленного бурения глубоких скважин в Арктическом регионе // Фундаментальный базис инновационных технологий нефтяной и газовой промышленности. Материалы Всероссийской научной конференции, посвященной 30-летию ИПНГ РАН, 2017. С. 46.

4. Соколова О.Н., Сахаров Я.А., Грицутенко С.С., Коровкин Н.В. Алгоритм анализа устойчивости энергосистем к геомагнитным бурям // Известия Российской академии наук. Энергетика. 2019. С. 33–52. DOI: 10.1134/S0002331019050145.

5. Воробьев А.В., Лапин А.Н., Воробьева Г.Р. Программное обеспечение для автоматизированного распознавания и оцифровки архивных данных оптических наблюдений полярных сияний // Информатика и автоматизация. 2023. № 22(5). С. 1177–1206. <https://doi.org/10.15622/ia.22.5.8>.

6. Селиванов В.Н., Аксенович Т.В., Билин В.А., Колобов В.В., Сахаров Я.А. База данных геоиндуцированных токов в магистральной электрической сети «Северный транзит» // Солнечно-земная физика. 2023. Т. 9, № 3. С. 100–110. DOI: 10.12737/szf-93202311.

6. 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. №. 2. С. 26–34. DOI: <https://doi.org/10.12737/szf-92202303>.

© Лапин А.Н., 2024

А.Ф. МИРГАЯЗОВ

arsen.mirgayazov@gmail.com

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. **А.Ф. АТНАБАЕВ**

Уфимский университет науки и технологий

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ ЛЕСОВОССТАНОВИТЕЛЬНЫМИ РАБОТАМИ

Аннотация: в статье описывается процесс разработки информационной системы для мониторинга и управления лесовосстановительными работами. Система позволяет эффективно собирать, анализировать и визуализировать данные о состоянии лесных экосистем, что способствует более точному планированию мероприятий по восстановлению лесов. Рассмотрены основные функциональные возможности системы, ее преимущества и особенности эксплуатации.

Ключевые слова: лесовосстановление; экологический контроль; автоматизация функций; информационная система.

Состояние лесных ресурсов играет ключевую роль в поддержании экологического баланса, предотвращении эрозии почв и обеспечении биоразнообразия. Леса выполняют функции естественного регулятора климата, поглощая углекислый газ и способствуя формированию кислорода. Они служат домом для множества видов растений и животных, многие из которых уникальны и находятся под угрозой исчезновения.

Однако в условиях растущей антропогенной нагрузки, вызванной вырубкой лесов, интенсивным сельским хозяйством, урбанизацией и изменением климата, состояние лесных ресурсов стремительно ухудшается. Эти факторы приводят к деградации экосистем, ухудшению качества почвы, потере биоразнообразия и увеличению риска природных катастроф, таких как наводнения и оползни.

Для решения этих проблем требуется разработка современных решений, направленных на мониторинг лесных массивов, повышение эффективности лесовосстановительных мероприятий и рациональное использование лесных ресурсов. Особенно актуальна эта задача для Республики Башкортостан, которая обладает значительными лесными территориями. Создание единой информационной системы для мониторинга состояния лесов и планирования мероприятий по их восстановлению позволит оперативно выявлять проблемные зоны, предотвращать ухудшение их состояния и принимать обоснованные меры для их восстановления.

В последние годы активное развитие технологий предоставляет новые возможности для управления природными ресурсами. Дистанционное зондирование, искусственный интеллект (ИИ) и геоинформационные системы (ГИС) становятся основными инструментами в решении задач лесного хозяйства.

1. Дистанционное зондирование (ДЗЗ).

Использование данных с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) и спутников позволяет получать подробные изображения лесных массивов в режиме реального времени. Это дает возможность оперативно выявлять участки вырубки, заражения вредителями или поражения болезнями.

2. Искусственный интеллект (ИИ).

Машинное обучение и анализ больших данных помогают обрабатывать огромные объемы информации, собранной с различных источников. Алгоритмы ИИ способны выявлять скрытые закономерности, прогнозировать изменения состояния лесов и разрабатывать рекомендации по выбору оптимальных методов восстановления.

3. Геоинформационные системы (ГИС).

ГИС позволяют интегрировать данные с различных источников, включая спутниковые снимки, архивы и наземные наблюдения. Это упрощает анализ данных, визуализацию проблемных зон и планирование мероприятий.

Интеграция этих технологий в единую информационную систему для Республики Башкортостан может значительно повысить эффективность лесовосстановительных мероприятий.

Создание такой системы требует учета ряда ключевых принципов:

1. Комплексный подход. Работа над проектом должна объединить усилия специалистов из различных областей: биологов, ботаников, почвоведов, климатологов и других экспертов. Это обеспечит разработку комплексных и экологически обоснованных решений.

2. Прозрачность управления. Единая информационная платформа должна быть доступна для органов власти, лесопользователей и общественности. Это повысит уровень информированности и прозрачности принимаемых решений.

3. Адаптивность. Система должна учитывать климатические, сезонные и экологические особенности региона, а также возможность масштабирования для других территорий.

Внедрение информационной системы предоставит множество преимуществ:

1. Мониторинг и диагностика. Система позволит в режиме реального времени отслеживать состояние лесов, выявлять очаги вырубок, поражений вредителями или природных катастроф.

2. Прогнозирование и планирование. Анализ данных с использованием ИИ поможет прогнозировать изменения в лесных

массивах, включая их устойчивость к изменениям климата и воздействию антропогенных факторов.

3. Рекомендации по восстановлению. На основании данных система сможет предлагать рекомендации по выбору оптимальных пород деревьев, времени посадки и методам ухода.

Повышение эффективности. Оптимизация лесовосстановительных мероприятий позволит сократить затраты и повысить их результативность.

Комплекс функций, выполненный в виде модели «Function Tree» в методологии ARIS [2], отображен на рис. 1.

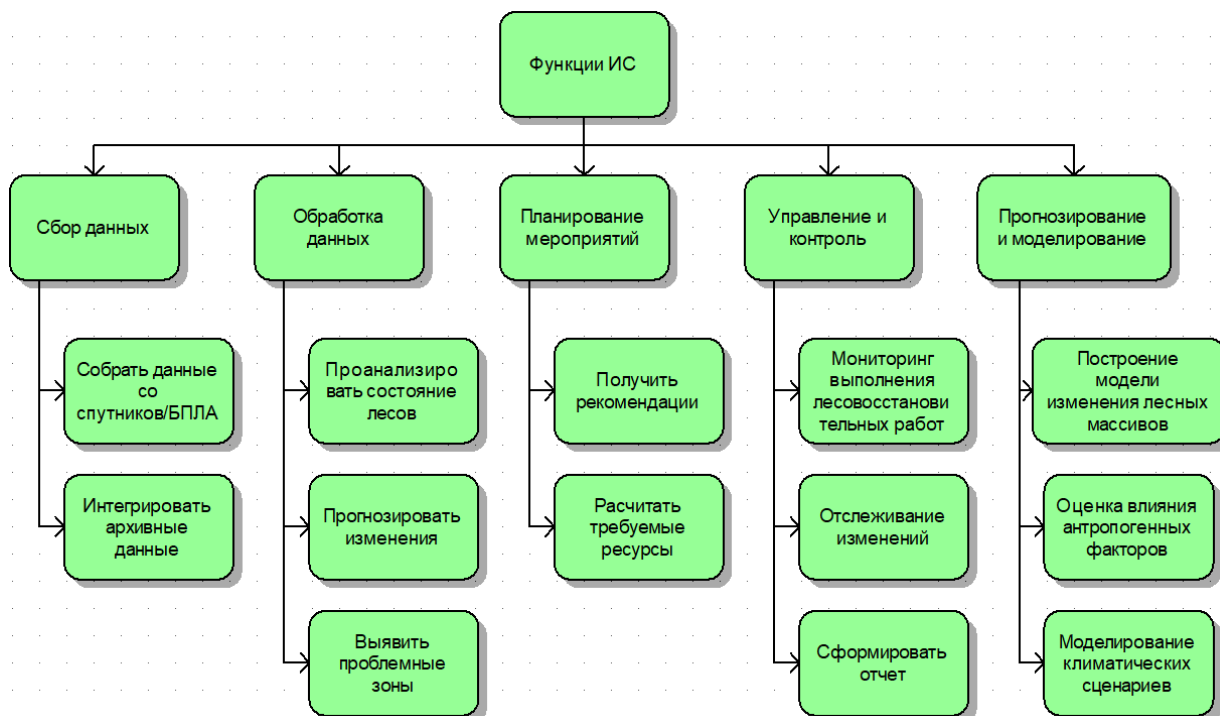


Рис. 1. Дерево функций ИС

Для Республики Башкортостан внедрение такой системы станет важным шагом на пути к обеспечению экологической безопасности региона. Леса занимают значительную часть территории республики, играя ключевую роль в поддержании водного баланса, защите почв от эрозии и сохранении биоразнообразия.

Система поможет предотвратить дальнейшую деградацию лесных массивов, обеспечит восстановление утраченных экосистем и повысит их устойчивость. Кроме того, это станет основой для рационального использования лесных ресурсов, что принесет экономическую выгоду за счет увеличения объемов лесозаготовок без ущерба экосистемам.

Интеграция данных о текущем состоянии лесов, результатах их восстановления и прогнозах в единую платформу также упростит доступ к информации для всех заинтересованных сторон. Это будет способствовать созданию прозрачной и эффективной системы управления природными ресурсами.

Леса являются не только природным богатством, но и важным элементом экосистемы, от состояния которой зависит качество жизни будущих поколений. Современные технологии предоставляют уникальные возможности для сохранения и восстановления лесов. Внедрение информационной системы, основанной на передовых подходах, станет важным шагом на пути к устойчивому развитию и экологическому благополучию Республики Башкортостан.

Библиографический список

1. Martynov V. Information Architecture to Support Engineering Education in the Era of Industry 4.0 / V. Martynov, E. Filosoza, Y. Egorova // 2022 6th International Conference on Information Technologies in Engineering Education, Inforino 2022. Proceedings: 6, Moscow, 12–15 апреля 2022 г. 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.

© Миргаязов А.Ф., 2024

Д.А. МИСЮКОВ, А.А. ШИРОКОВА

misukovv05@mail.ru, ann2002wide@gmail.com

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. **Ш.М. МИНАСОВ**

Уфимский университет науки и технологий

КАРТОГРАФИЧЕСКИЙ СЕРВИС «КАРТА ОХОТНИЧЬИХ УГОДИЙ РБ»

Аннотация: разработаны модели и алгоритмы обработки данных для осуществления информационной поддержки охотников (физических лиц) в процессе подготовки и осуществлении добычи объектов животного мира. Реализованный и оптимизированный для мобильных устройств Интернет-ресурс позволяет охотникам контролировать свое местоположение в процессе охоты и своевременно информировать их о выходе за пределы разрешенной для охоты территории

Ключевые слова: интерактивная карта, добыча объектов животного мира, охота, охотничьи угодья, геолокация, анализ данных, риски, оповещение о рисках, мобильные приложения.

Введение

Добыча (далее – охота) объектов животного мира (ОЖМ) как вид деятельности требует определенных знаний и навыков, в том числе: обеспечение безопасности при преследовании и добыче ОЖМ, минимального риска для жизни и здоровья либо имущества охотников и третьих лиц, не являющимися ими, умение координировать свои действия и взаимодействовать в команде, чтобы добиться максимального успеха в охоте, знание окружающую местности и умение ориентироваться в пространстве, контроль за нахождением в пределах территории, на которой разрешена охота на добываемый экземпляр вида охотничьего ресурса, на который разрешена и ведется охота.

Современные технологии позволяют создавать цифровые инструменты, которые не только облегчают поиск подходящих локаций, но и делают этот процесс более безопасным. Разработка и внедрение в обязательную практику интерактивного приложения для охоты позволит существенно повысить качество планирования и ведения охоты и снизить риски, сопутствующие данному виду деятельности или досуга. Цель работы – разработка цифровой технологии для обеспечения безопасности граждан в процессе охоты.

Применяемые технологии

Геолокация. Использование GPS и ГЛОНАСС на открытой местности позволяет достаточно точно определять местоположение. Однако в районах с густым лесным покровом точность GPS может снизиться, что потребует использования дополнительных технологий на основе комбинированных спутниковых систем. Для повышения точности определения географического местоположения пользователей системы предлагается использовать радиосистемы и маяки BLE (Bluetooth Low Energy) которые использовать в зонах охоты, для которых точности GPS/ГЛОНАСС может оказаться недостаточной или недоступной [1].

Картографические сервисы. Карты Google, Яндекс и их аналоги позволяют быстро интегрировать полевые данные. Однако использование их в чистом виде недостаточно – для ведения охоты необходима более точная и специализированная информация: наличие водоемов, укрытий, запретных зон и путей миграции животных [2].

Анализ данных и искусственный интеллект. Использование алгоритмов статистического анализа данных и технологий машинного обучения для прогнозирования успеха ведения охоты, учитывающие время года, время суток, погодные условия позволит оценить вероятность нахождения охотничьих ресурсов в выбранной области ведения охоты, время наиболее вероятного присутствия животных на заданной территории, риск встречного пересечения с другой группой охотников и другие факторы для принятия решения о проведении охоты [3].

Интерактивные элементы. Возможность планировать и сохранять маршруты (треки), применять маркеры (для обозначения мест добычи охотничьих ресурсов), обмениваться данными между участниками и взаимном расположении в реальном времени в процессе охоты [4], возможности существующих технологий дополненной реальности (AR) для наложения данных на экран смартфона в реальном времени [5] – позволяют снизить риски выстрелов в направлении коллег или третьих лиц, случайно оказавшихся на данной или прилегающей территории, выход за границы территории и др.

Концепция разработки

Применение мобильных устройств (смартфонов) позволяет получать географические координаты участников охоты, а также другую информацию, такие как скорость, ускорение и направление перемещение от датчика движения, высоту над уровнем моря от барометра и др. Встроенные уведомления при приближении к границе охотничьей зоны или запретной зоны помогут избежать нарушения зоны охоты, а при совмещении компаса с ружьем, система может предупредить о прицеливании в сторону другого охотника (при условии, что он подключен к системе).

Динамическая карта позволяет в реальном времени формировать на экране мобильного устройства не только текущее местоположение охотника, но и членов команды, при условии, что они подключились к картографическому сервису, просматривать запланированный и фактический маршрут каждого участника группы, а также местоположение охотников других групп, если они также подключены к сервису и Интернет.

Система оповещений автоматически рассылает охотникам уведомления об изменении погодных условий, о приближении или выходе за границы участка разрешенной охоты, о присутствии в зоне охоты третьих лиц.

Обратная связь. Позволяет в экстренных ситуациях (например, потеря в лесу) запросить помощь и передать координаты фактического местоположения пользователя экстренным службам, передать другим охотникам информацию, о нахождении в зоне охоты третьих лиц, не имеющих данного приложения, в следствие чего они не могут быть отображены на интерактивной карте.

Алгоритм работы системы определения местоположения

На рис. 1 представлен укрупненный алгоритм работы системы. Алгоритм предусматривает два режима: «Подготовка к охоте» и «Охота». При попытке выбора режима «Охота» в то время, когда охота запрещена, система выводит соответствующее сообщение и завершает работу. У охотника предусмотрена возможность выбора режима «Подготовка к охоте» в котором он может изменить параметры добываемого охотничьего ресурса, лицензии и других настроек, при изменении которых приложение предоставит доступ к режиму «Охота», если это станет возможным. Фрагмент логической модели базы данных, обеспечивающий работу алгоритма, представлен на рис 2.

Подготовка к охоте начинается с регистрации охотника в системе и подачи заявления на добычу охотничьих ресурсов (рисунок 3). После проведения процедуры жеребьевки, охотникам, чьи заявки были отобраны случайным образом получают лицензии на добычу охотничьих ресурсов и в установленное законом время могут проводить охоту.

В процессе ведения добычи охотничьих ресурсов приложение непрерывно мониторит местоположение охотника, и в случае выявления факторов риска оповещает его с помощью соответствующих предупреждений.

На основании анализа данных геолокации пользователя и границ разрешенной для ведения охоты территории, оцениваются риски:

1. Охотник находится на территории, где охота запрещена.
2. Охотник находится на территории, где охота разрешена, но при этом он на расстоянии оружейного выстрела от границы территории или он на границе территории: требуется быть внимательным при выборе

направления выстрела - риск незаконной добычи ОЖМ или нанесение вреда жизни и здоровью, либо имуществу третьих лиц, находящихся на территории приграничной к зоне разрешенной охоты высок.

3. На территории охоты присутствуют третьи лица, которые: являются охотниками и могут случайно нанести ущерб жизни, здоровью либо имуществу охотника или не являются охотниками, но могут случайно попасть в зону поражения выстрела охотника.

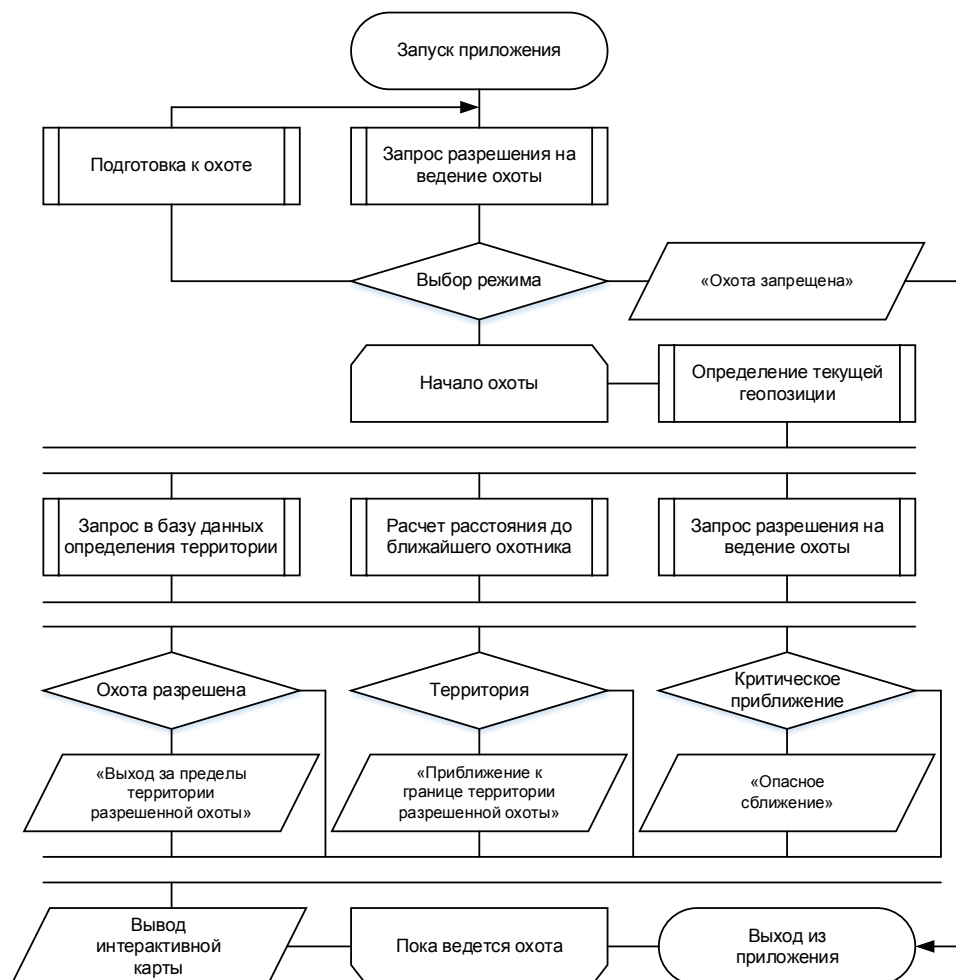


Рис. 1. Укрупненный алгоритм работы сервиса

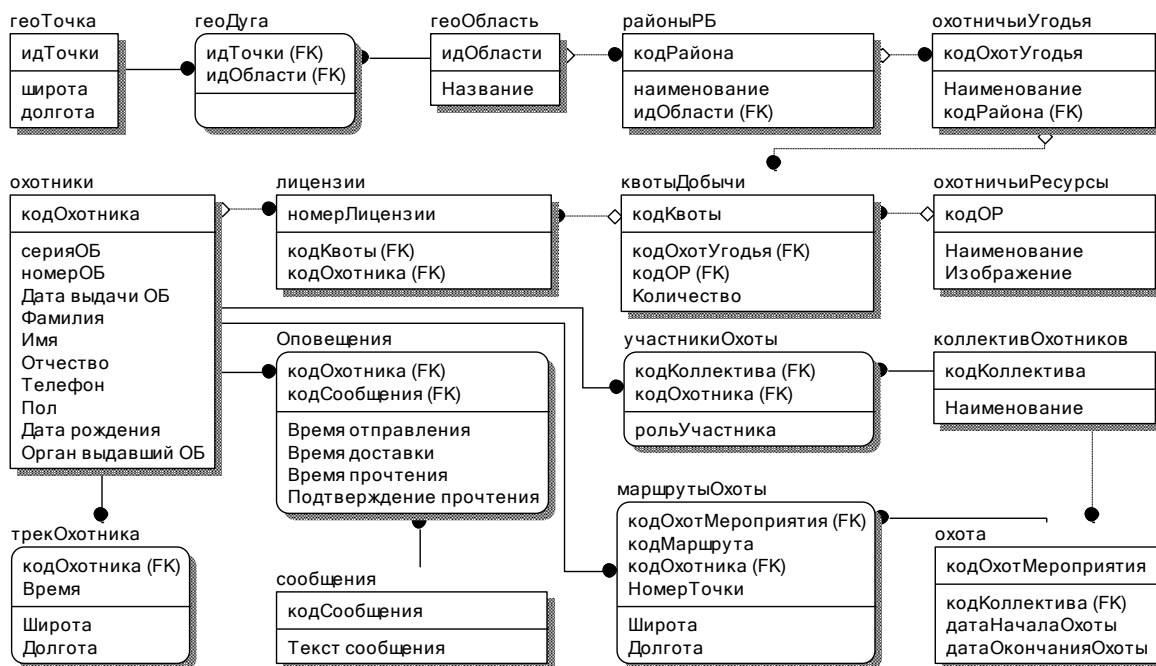


Рис. 2. Логическая модель БД сервиса. Фрагмент

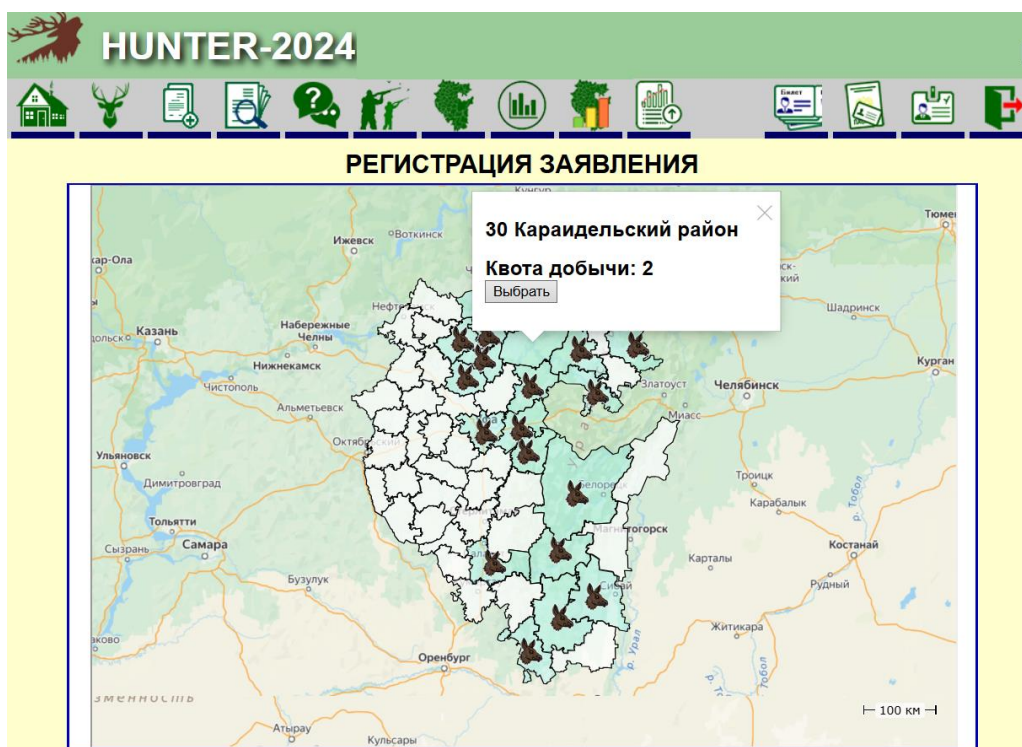


Рис. 3. Картографический сервис «Карта охотничьих угодий РБ»

Заключение

Внедрение в обязательную практику применения разработанной технологии позволит минимизировать риски неумышленной незаконной добычи ОЖМ за счет оперативного информирования охотника о выходе за пределы территории разрешенной охоты, снизит риски неумышленного нанесения вреда жизни и здоровью охотников и третьих лиц.

Недостатком разработки на текущий момент времени является то, что для полноценной работы приложения, мобильное устройство должно быть подключено к сети интернет, а в настоящее время не вся территория РБ покрыта глобальной сетью.

Поскольку предлагаемое решение реализовано на базе применения средств геолокации, не зависящих от сети интернет, то приложение уже может быть использовано для контроля зон разрешенной охоты за счет предварительной загрузки карт геолокации на мобильное устройство. Применение технологий аналогичных StarLink позволит полностью реализовать функционал на всей территории Республики Башкортостан. В настоящее время в базу данных внесены границы всех муниципальных образований республики, территории и участки разрешенной охоты для добычи квотируемых ОЖМ, а также всех существующих по состоянию на 01.06.2024 г. частных охотничьих хозяйств.

Потенциалом для развития представленной работе технологии обработки информации для охотников является разработка полнофункционального мобильного приложения, которое должно включать дополнительно к вышеописанным функциям следующие возможности:

информирование пользователей, вышедших на охоту о неблагоприятных природных факторах, информация о которых была известна как до начала охоты, так и тех, информация о которых стала известна уже после выхода охотников на маршрут;

информирование пользователей о внезапно возникших нештатных ситуациях, таких как, например, лесной пожар [6, 7], крушение технических средств в зоне проведения охоты и т.п.;

информирование специальных служб о нахождении пользователей в зоне поиска потерявшихся людей для информирования о потенциальной опасности нанесения вреда жизни и здоровью как потерявшихся граждан, так и членов поисковых бригад, получения от них физической помощи и т. д.

Библиографический список

1. Алексеев В.Н. ГИС в охотничьем хозяйстве: учеб. пособие / В.Н. Алексеев. М.: КолосС, 2018. 120 с.
2. Власов А.С. Геоинформационные системы в управлении охотничьими угодьями / А.С. Власов. Екатеринбург: Уральский университет, 2017. 98 с.
3. Лебедев Е.И. Основы геоинформатики для природопользования / Е.И. Лебедев, А.А. Смоляков. М.: Юрайт, 2018. 119 с.

4. Русаков А.В., Минасов Ш.М. Кроссплатформенное мобильное приложение для регистрации факта добычи охотничьих ресурсов / А.В. Русаков, Ш.М. Минасов. М.: Проспект, 2021. – 104 с.

5. Козлов А.Г. Основы проектирования интерактивных приложений для охотничьих угодий / А.Г. Козлов. Воронеж: Феникс, 2019. 123 с

5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024681216 Российская Федерация. Hunt Happened Report: № 2024668940: заявл. 14.08.2024: опубл. 06.09.2024 / А. В. Русаков, Ш. М. Минасов; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский университет науки и технологий». EDN BZDQYY.

6. Лапин А.Н. Модели и алгоритмы хранения и обработки данных для создания ГИС «Лесные пожары в Российской Федерации» / А.Н. Лапин, Ш. М. Минасов, А.А. Широкова // Информационные технологии. Проблемы и решения. 2023. № 4(25). С. 75–81. EDN WEUUYI.

7. Minasov Sh.M. ets. Building a Forest Fire Digital Twin Based on the Aerial Photography Data // Minasova A.Sh., Shirokova A.A., Lapin A.N., Minasov Sh.M., Ivanov M.V., Kuznetsov M.V. Proceedings of the 2024 6th International Youth Conference on Radio Electronics, Electrical and Power Engineering, REEPE 2024, 2024.

© Мисюков Д.А., Широкова А.А., 2024

Д.И. МУХАМЕТОВ, Д.А. ШАЙМАРДАНОВ

seemsclever@mail.ru, dinar-vvv@yandex.ru

Науч. руковод. – ассистент кафедры ГИС **В.Д. ТРУБИН**

Уфимский университет науки и технологий

ГЕОПОРТАЛ КАК ИНСТРУМЕНТ ОПЕРАТИВНОГО ДОСТУПА К ПРОСТРАНСТВЕННЫМ ДАННЫМ: РЕАЛИЗАЦИЯ НА ПРИМЕРЕ ГИС УУНИТ

Аннотация: в статье рассматриваются принципы разработки геопортала, направленного на управление и визуализацию пространственных данных университета. Представлены полученные результаты по реализации геопортала на примере ГИС УУНиТ; обсуждаются функциональные возможности системы и перспективы ее развития.

Ключевые слова: геопортал, веб-сайт, веб-картографирование, геоинформационная система, информационная система, управление данными, база данных.

Введение

Современное развитие информационных технологий, включая геоинформационные системы, оказывает значительное влияние на образование и управление территорией. Геопорталы стали важным инструментом для визуализации и анализа пространственных данных, что делает их необходимым элементом современной инфраструктуры. Они предоставляют быстрый и удобный доступ к пространственной информации, облегчая работу с данными. [1]

Геопортал представляет значительную ценность для специалистов, работающих на территории университета, включая технических сотрудников, обслуживающих инфраструктуру здания. Просматривать данные можно, используя ГИС УГАТУ, однако геопортал предоставляет возможность работы с данными при наличии лишь доступа в интернет и подключения к сети кафедры. Такой подход реализует концепцию «тонкого клиента», позволяя пользователям легко взаимодействовать с системой без необходимости установки специализированного программного обеспечения.

Доступность геопортала через веб-браузер обеспечивает высокую степень мобильности, что особенно важно в случаях, когда сотрудники требуют оперативного получения данных для выполнения срочных задач. Например, электрик может за считанные минуты получить точные

сведения о местоположении и характеристиках электрических щитов или проводки в конкретной части здания, что позволяет эффективно планировать работы. Геопортал также может быть полезен сотрудникам, непосредственно работающим с пространственными данными, предоставляя им возможность оперативного доступа и анализа информации для выполнения своих профессиональных задач. [2]

Материалы и методы исследования

Организация работы геопортала требует совместное использование технологий по обработке веб-запросов пользователей, хранению пространственных данных и их публикации. [3]

Для хранения пространственных данных предпочтительнее использовать систему управления базами данных PostgreSQL, поскольку она является свободно распространяемым программным обеспечением. Одним из ключевых преимуществ этой СУБД является расширение PostGIS, которое позволяет эффективно хранить и обрабатывать пространственные данные в рамках реляционной базы данных.

Для публикации пространственных данных предпочтительным инструментом является GeoServer, так как он отлично совместим с расширением PostGIS и способен эффективно извлекать, обрабатывать и публиковать данные в соответствии с международными стандартами Open Geospatial Consortium. Среди таких стандартов можно выделить WMS, WFS и WCS. [4]

Для работы с пространственными данными на веб-сайте можно использовать библиотеку OpenLayers, которая предназначена для создания картографических приложений с использованием JavaScript. OpenLayers предоставляет методы для интеграции карт, настройки стилей объектов, просмотра атрибутов данных и выполнения различных операций с пространственными данными в непосредственном взаимодействии с GeoServer.

На рис. 1 представлена схема взаимодействия пользователя с системой.

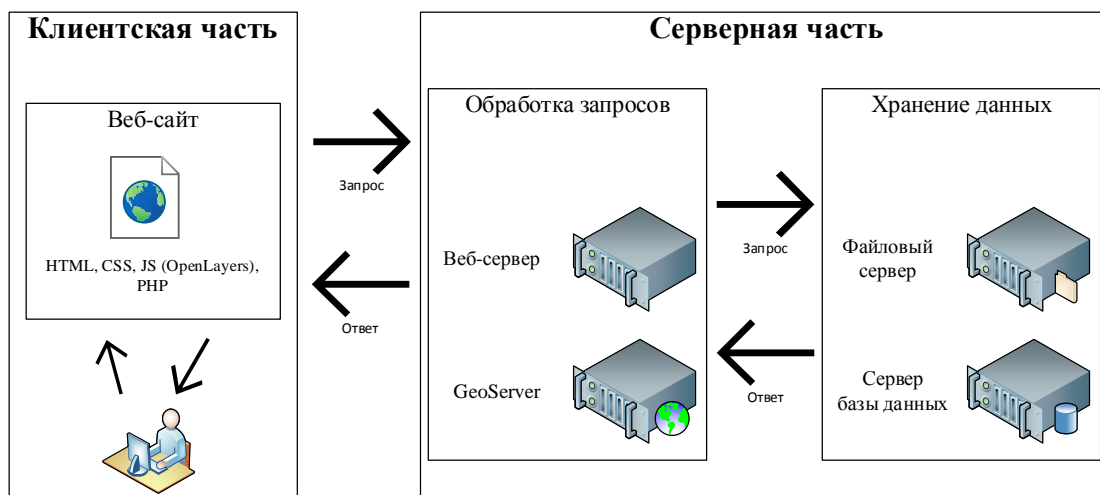


Рис. 1. Схема взаимодействия пользователя с системой

Результаты исследования и их обсуждение

Для иллюстрации интерфейса геопортала (рис. 2) и его основных функциональных возможностей был разработан прототип. На рис. 3 представлен пример отображения данных на геопортале на примере аудитории 6-302 УУНиТ.



Рис. 2. Интерфейс, структура геопортала УУНиТ

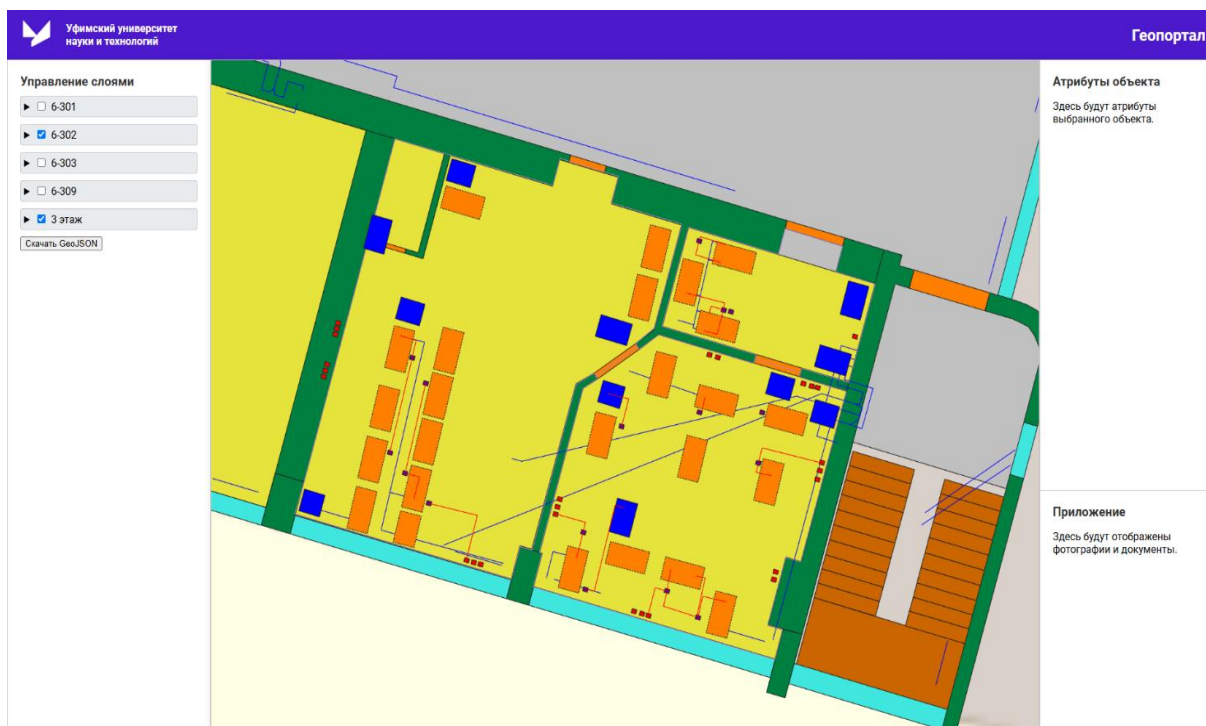


Рис. 3. Просмотр данных аудитории 6-302 УУНиТ на геопортале

Была добавлена функция скачивания слоев в формате GeoJSON для обеспечения быстрого доступа к данным. Это нововведение позволяет сотрудникам, работающим с пространственными данными, выгружать нужные данные для решения своих задач и целей в условиях работы с актуальной информацией [1]. При нажатии на кнопку появляется модальное окно (рис. 4), позволяющее выбрать необходимые для скачивания слои.

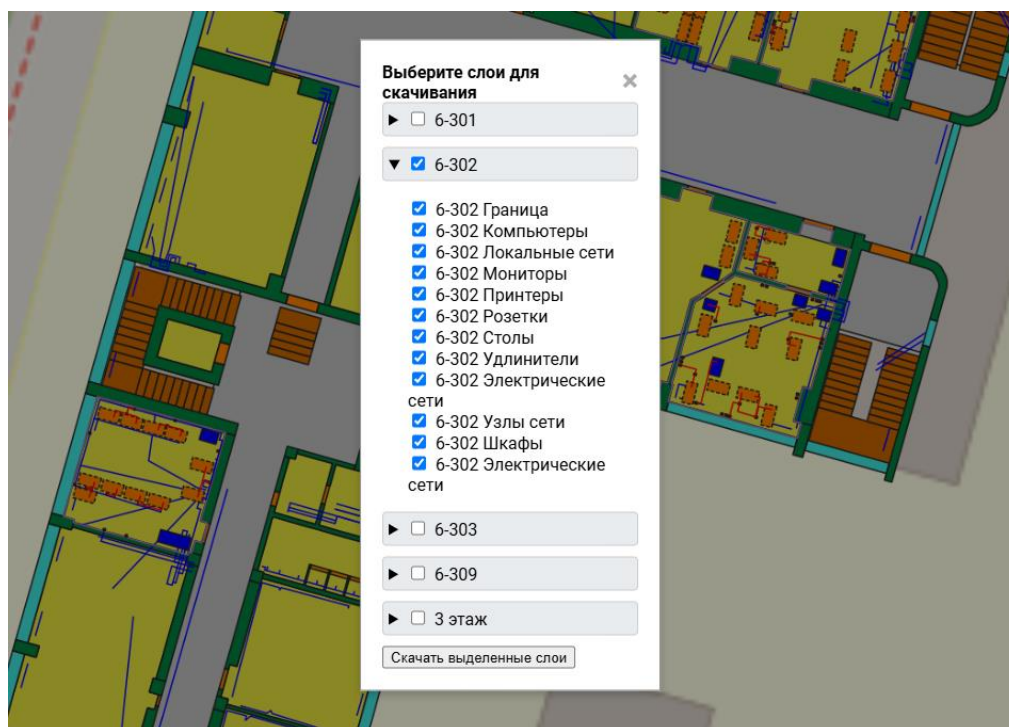


Рис. 4. Модальное окно получения данных в формате GeoJSON

Перспектива развития

Разработка геопортала предусматривает последовательное развитие, направленное на повышение интерактивности и расширение функциональных возможностей.

Одним из шагов в этом направлении является внедрение механизма выделения объекта при его выборе на карте, что позволит пользователю точно визуально идентифицировать объект, облегчая процесс работы с информацией на карте. В дополнение к визуальному выделению объекта важно предусмотреть автоматическое отображение его атрибутов, давая пользователю доступ к ключевой информации без необходимости перехода в отдельные окна или панели.

Кроме того, для более комплексного анализа данных целесообразно добавить функционал просмотра атрибутивной таблицы слоя. Это нововведение позволит пользователю выбирать нужные объекты непосредственно из таблицы и автоматически переходить к ним на карте. Внедрение поиска и фильтрации по атрибутам облегчит обработку больших объемов информации, а также упростит поиск объектов, обладающих специфическими характеристиками.

Важным вопросом является актуализация данных. Для решения этого вопроса предлагается реализовать форму предложения изменений, которая позволит пользователям вносить свои предложения как для общих модификаций, так и для конкретных объектов при их выборе на карте. Впоследствии администратор будет проверять предложения и вносить соответствующие изменения в базу данных.

Дополнительное развитие функционала геопортала может включать возможность создания моментального «снимка» текущего состояния базы данных, основной задачей которого является создание копии всей базы данных. Эта функция будет полезна для разработчиков, которым может понадобиться оперативный доступ ко всем пространственным данным сразу.

С появлением этой функции становится актуальной задача разграничения доступа к функционалу геопортала. Для этого необходимо реализовать систему авторизации с различными уровнями доступа: гость, сотрудник и администратор [5]. Пользователи, имеющие права сотрудника, получают расширенные возможности по выгрузке данных, в то время как администратор будет наделен правом вносить изменения в пространственные данные (например, добавлять или редактировать слои, стили и атрибуты), обрабатывая запросы на изменения от неавторизованных пользователей или сотрудников.

Такой подход обеспечит интерактивность взаимодействия с геопорталом, а также даст возможность актуализировать данные на основе пользовательского опыта и запросов. Разграничение доступа, в свою очередь, позволит обеспечить безопасность данных, сохраняя гибкость работы с ними для различных групп пользователей.

Заключение

Реализация геопортала для университета представляет собой важный шаг в развитии цифровой инфраструктуры для управления пространственными данными. Внедрение такой системы обеспечивает специалистам возможность оперативного получения информации о структуре зданий и инженерных коммуникациях, что способствует более эффективному планированию и выполнению работ на территории университета.

На текущем этапе разработки функциональность геопортала составляет: публикация и управление пространственными данными; возможность скачивания слоев в формате GeoJSON для оперативного доступа к актуальной информации. Использование таких технологий, как PostGIS, GeoServer и OpenLayers, позволило создать стабильную и масштабируемую платформу, способную поддерживать будущие усовершенствования.

В перспективе данное решение может быть дополнено новыми функциями, повышающими интерактивность и гибкость системы, включая просмотр атрибутов и создание «снимков» базы данных для копирования данных. Введение системы многоуровневого доступа позволит разделить права пользователей, что обеспечит надежную защиту данных и удобство работы для различных категорий пользователей.

Данный геопортал является не только инструментом для оперативного доступа и анализа пространственных данных, но и платформой, открывающей широкие возможности для дальнейшего развития и адаптации к изменяющимся потребностям университета и его сотрудников.

Библиографический список

1. Фокин С.В., Шпортько О.Н. Земельно-имущественные отношения: учебное пособие для СПО. М.: 2024. 240 с. (дата обращения: 16.10.2024).
2. Цыдыпова М.В. Создание научно-образовательного геопортала Бурятского государственного университета / М.В. Цыдыпова // ИнтерКарто. ИнтерГИС. 2021.Т. 27, № 2. С. 67–74. DOI 10.35595/2414-9179-2021-2-27-67-74. EDN KQMYIM (дата обращения: 18.10.2024).
3. Создание ландшафтных карт для геопортала Тюменского государственного университета / И.Р. Идрисов, А. В. Маршинин, Д.М. Марьянских, Ю.Р. Едиханов // Ландшафтоведение: теория, методы, ландшафтно-экологическое обеспечение природопользования и устойчивого развития: материалы XII Международной ландшафтной конференции, Тюмень-Тобольск, 22–25 августа 2017 г. Т. 2. Тюмень–Тобольск:

Тюменский государственный университет, 2017. С. 486–491. EDN ZUYTXD (Дата обращения: 19.10.2024).

4. Кривохвостова А.С., Харлампенков И.Е., Гиниятуллина О.Л. Разработка элемента геолого-экономического геопортала ИВТ СО РАН по Кемеровской области // Инновационный конвент «Кузбасс: образование, наука, инновации». 2014. Новокузнецк: Сибирский государственный индустриальный университет. С. 317–319.

5. Трубин В.Д., Павлов С.В., Христодуло О.И. Обеспечение полноты и актуальности пространственной информации в распределенных вычислительных системах больших организаций // Программные продукты и системы. 2024. Т. 37. № 2. С. 197–206. DOI: 10.15827/0236-235X.142.197-206 д обращения: 05.11.2024).

© Мухаметов Д.И., Шаймарданов Д.А., 2024

Р.Б. НАСЫРЬЯНОВА

nasyrianovar@mail.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. **А.В. СОКОЛОВА**

Уфимский университет науки и технологий

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗРЕЗА СРЕДСТВАМИ ГИС

Аннотация: в данной статье рассмотрена актуальность использования геоинформационных систем для визуализации геологического разреза, этапы построения графика профиля геологического разреза на основе пространственных данных в веб-среде и сравнение традиционного метода построения профиля разреза и построение с помощью созданного веб-инструмента «График профиля разреза».

Ключевые слова: геологический разрез; традиционный (ручной) метод; геоинформационные системы; профиль геологического разреза; пространственные данные; веб-технологии.

Введение

В середине 1990-х гг. была создана концепция геопарка, направленная на сохранение и повышение ценности территорий, которые имеют значительное геологическое значение в истории нашей планеты, и это стало основой для создания Глобальной сети геопарков в 2001 г. на базе Организации Объединенных Наций по вопросам образования, науки и культуры (ЮНЕСКО). Согласно [1,2], глобальная сеть геопарков ЮНЕСКО – это единые географические территории, где объекты и ландшафты международного геологического значения управляются с использованием целостной концепции защиты, образования и устойчивого развития [3]. Эта сеть в первую очередь была создана для сохранения уникальных объектов международного значения, их геологического наследия и рационально-экологичного освоения территории, также к этим объектам можно отнести геологические разрезы, которые являются отражением основных этапов истории Земли [4].

Геологический разрез представляет собой геологическое обнажение и схематическое изображение геологического строения верхней части земной коры в вертикальном сечении, также он имеет масштаб и легенду сходные с геологической картой. Поперечный разрез слоев земной коры в вертикальной плоскости показывает расположение горных пород, разломов и прочих геологических структур, лежащих под земной поверхностью [5].

Изучение геологических разрезов позволяет определить возраст горных пород, их структуру, состав и происхождение, что является важным для понимания эволюции Земли и ее природных ресурсов, а с помощью графика профиля геологического разреза можно определить расположение слоев в земной коре, их толщину, структуру и взаимосвязи между ними. Эти знания используются в различных отраслях, как и в горнодобывающей промышленности, так и в управление окружающей средой [6].

Одной из задач создания Глобальной сети геопарков ЮНЕСКО является проведение информационно-просветительской работы среди населения, поэтому одним из условий включения геопарка в список ЮНЕСКО является наличие современного веб-сайта с электронной картой, который предоставляет посетителям веб-сайта информацию о геологических объектах, маршрутах, экскурсиях и других объектов исторического и культурного наследия. Поэтому развитие и наполнение подобных информационных веб-ресурсов является актуальным [4].

Расширить функционал веб-сайта можно с помощью внедрения возможности построить графика профиля геологического разреза с использованием современных геоинформационных и веб-технологий, на которых базируется электронная карта Геопарка. Таким образом, целью данного исследования является построение графика профиля геологического разреза на основе пространственных данных в веб-среде.

Автоматизация построения геологического разреза

Традиционный процесс (ручной метод) построения геологического разреза является очень трудоемким и требует значительных временных затрат, так как данный метод создания разреза опирается на использование чертежных и картографических инструментов, что делает его не только длительным, но и подверженным ошибкам. Внедрение геоинформационных систем (ГИС) позволяет автоматизировать процесс построения графика профиля геологического разреза, который ранее включал множество ручных операций.

Применение ГИС повышает точность и качество получаемых результатов, за счет дискретизации линии среза и получения промежуточных значений между значениями двух скважин, а за счет возможности получения непрерывных данных при интерполяции поверхностей между данными скважин, делает эти срезы более гибкими, на основе произвольных линий по поверхности. Разработка ГИС-инструмента для обработки пространственных данных в веб-среде дает возможность изучения профиля геологического разреза на выбранной территории для широкого круга пользователей.

Рассмотрим процесс создания веб-инструмента для построения профиля геологического разреза.

1. Получение данных.

Прежде чем приступить к моделированию геологического разреза, необходимо получить данные о каждом слое геологического разреза. Эти данные могут быть получены, например, в результате проведения геологического бурения.

Геологическое бурение – это метод, который позволяет получить информацию о структуре и составе грунтов и пород путем проникновения бурового инструмента в глубь земли и извлечения образцов грунта для дальнейшего анализа [6].

Далее необходимо проанализировать полученные данные и внести их в базу данных.

2. Обработка данных.

Для обработки данных в геоинформационной системе нужно преобразовать полученные данные в необходимый формат, который будет понятен ГИС, и указать географическую составляющую и атрибутивную (высота, мощность, тип пород и т. д.). Правильная обработка данных является критически важной для дальнейшего анализа и интерпретации.

3. Интерполяция.

Далее необходимо провести интерполяцию, для получения растров с высотами земной поверхности. Существует множество методов интерполяции, но для данной работы был выбран метод обратно взвешенных расстояний (ОВР), так как данный метод основан на предположении, что чем ближе друг к другу находятся исходные точки, тем ближе их значения [7]. В результате работы алгоритма точки, расположенные ближе к оцениваемым, оказывают большее влияние на значение высоты по сравнению с наиболее удаленными точками, поэтому поверхность получается сглаженной, что очень подходит для построения графика профиля геологического разреза.

4. Разработка алгоритма веб-инструмента для построения графика профиля геологического разреза.

Этапы работы веб-инструмента для получения графика профиля геологического разреза:

1. Пользователь рисует линию на карте на необходимой ему территории, по которой он желает получить график профиля разреза.

2. На данной линии автоматически создаются 40 точек, расположенных на одинаковом расстоянии друг от друга.

3. Координаты этих точек передаются на GeoServer, где хранятся растровые данные, которые были получены в ходе интерполяции.

4. На основе значений, считанных из растрового слоя по полученным координатам, строится график профиля геологического разреза и выводится на экран пользователю.

Далее рассмотрим какой метод более лучше подходит для получения графика профиля геологического разреза.

Сравнение результатов ручного и автоматизированного методов построения геологических разрезов

Для наглядного сравнения рассмотрим процесс построение профиля геологического разреза на основе данных о скважинах на выбранном участке, представленной на рис. 1, с использованием как ручного метода, так и с помощью разработанного веб-инструмента «График геологического разреза».

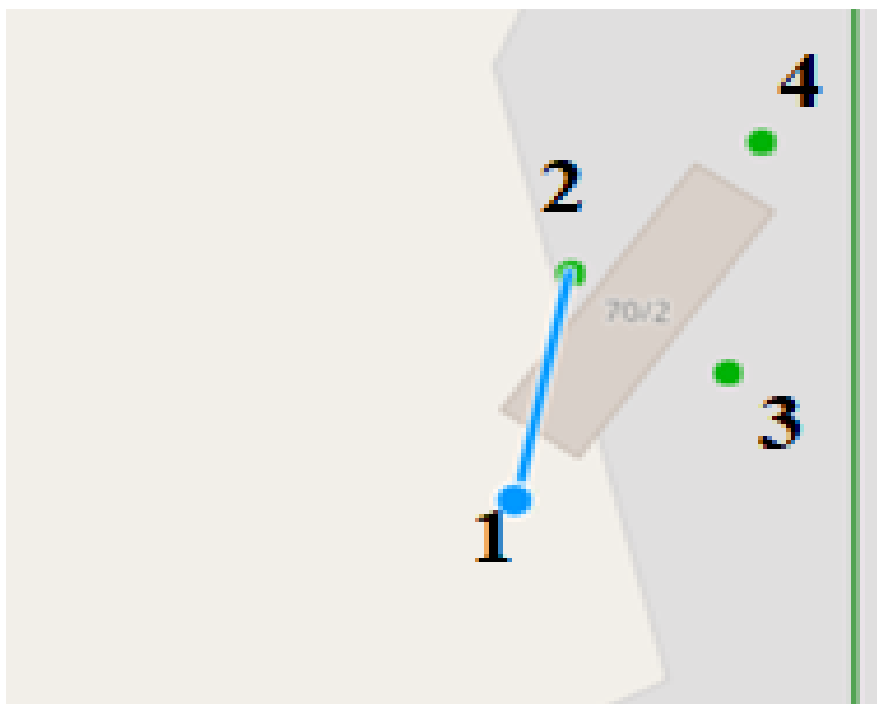


Рис. 1. Расположение скважин и выбранный участок

Результат построения графика профиля геологического разреза между 2 и 1 скважиной, полученный с помощью ручного метода, представлен на рис. 2.

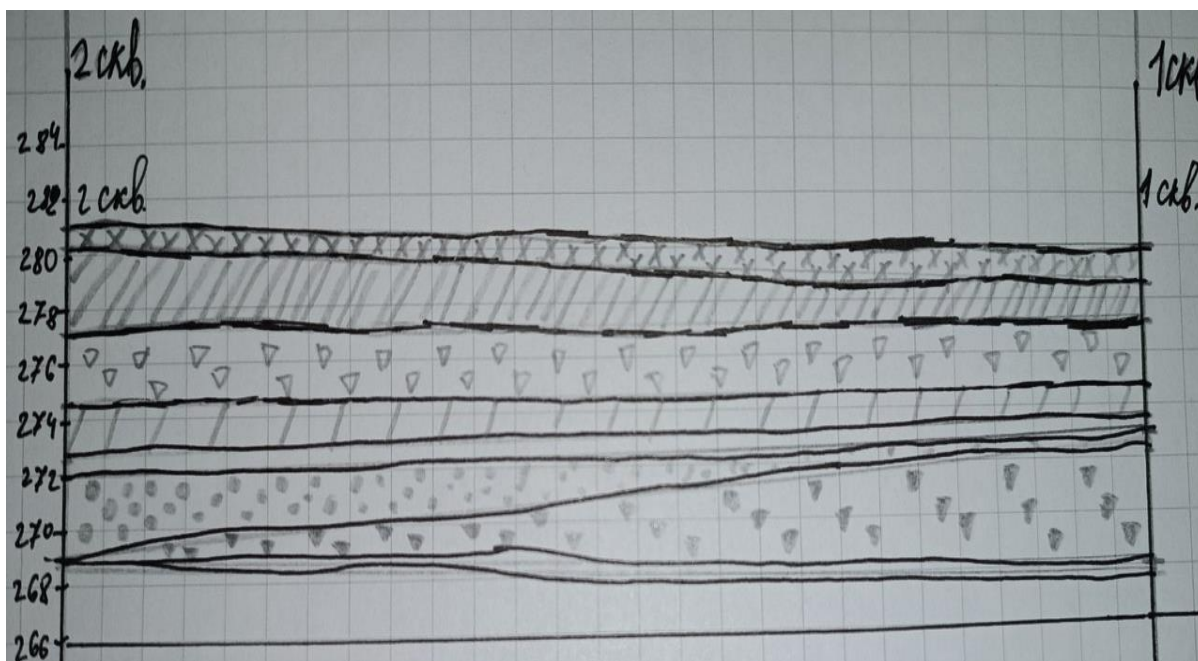


Рис. 2. Ручной метод

Результат построения с использованием веб-инструмента «График профиля разреза» представлен на рис. 3.

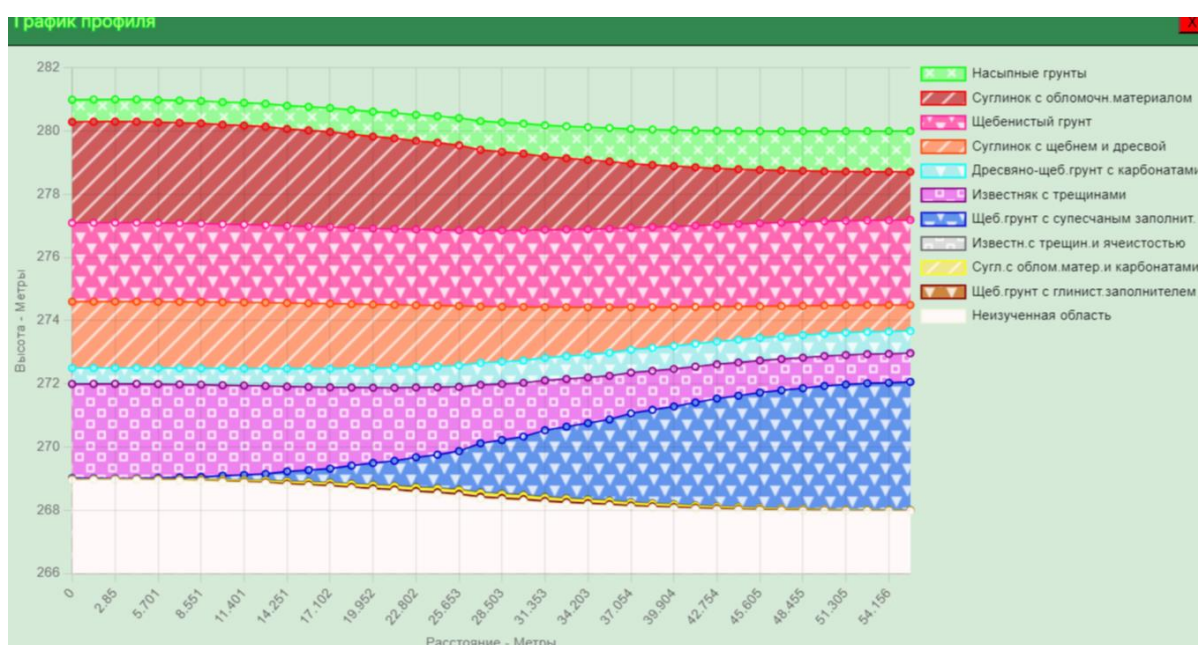


Рис. 3. Результат работы веб-инструмента

Сравнение результатов показывает, что автоматизированный подход не только экономит время, но и обеспечивает более высокую точность данных, чем ручной метод. Веб-инструмент предоставляет пользователям интуитивно понятный интерфейс, который позволяет легко взаимодействовать с пространственными данными и получать необходимую информацию без необходимости глубоких знаний в области геологии или картографии.

С помощью разработанного веб-инструмента можно получить график профиля геологического разреза для любой территории, где загружены пространственные данные, тогда как ручной метод позволяет строить профиль только между скважинами.

Следуя из результатов, можно сделать вывод, что ручной метод является более сложным и трудоемким по сравнению с автоматизированным.

Заключение

Геологические разрезы отражают основные этапы истории Земли, поэтому они требуют защиты и привлечения внимания. Визуализируя эти разрезы, можно улучшить понимание структуры и состава земной коры, а также упростить поиск полезных ископаемых.

Визуализация геологических разрезов средствами ГИС является хорошим способом визуализации геологической информации, так как он облегчает получение профиля разреза и дает более точные данные о расположении слоев в земной коре. Благодаря возможностям ГИС, геологические разрезы могут быть представлены более наглядно и доступно для широкой аудитории.

Библиографический список

1. Устав международной программы по геонаукам и геопаркам (МПГГ) // UNESDOC Цифровая библиотека URL: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000234539_rus. (дата обращения: 21.10.2024).
2. List of UNESCO Global Geoparks and Regional Networks // UNESCO URL: <https://www.unesco.org/en/igpp/geoparks> (дата обращения: 21.10.2024).
3. Панкеева Н.С. Роль геопарков в сохранении геологического наследия России / Н. С. Панкеева // Проблемы, опыт и перспективы развития туризма, сервиса и социокультурной деятельности в России и за рубежом: материалы V Международной научно-практической интернет-конференции. Чита: ЗабГУ, 2018. С. 251–257. ISBN 978-5-9293-2271-6. EDN YXFMCL (дата обращения: 21.10.2024).
4. Насырьянова, Р. Б. Разработка подсистемы визуализации геологического разреза в ГИС "Геопарки РБ" (на примере разреза Мечетлино): выпускная квалификационная работа / Р. Б. Насырьянова; УУНиТ, Кафедра геоинформационных систем; научный руководитель и консультант А. В. Соколова. Уфа, 2024. 80 с. 09.03.02 Информационные системы и технологии. ВО. Бакалавриат. URL: http://e-library.uфа-гб.ru/dl/VKR/2024/Nasyrianova_RB_IST-413B_b_09.03.02_IST_06.2024.pdf (дата обращения: 21.10.2024).
5. Геологический разрез // РуВики. URL: https://ru.ruwiki.ru/wiki/Геологический_разрез (дата обращения: 21.10.2024).

6. Исследование мира через геологические разрезы // dhgate.com
URL: <https://www.dhgate.com/ru/blog/exploring-the-world-through-geologic-cross-sections-b/> (дата обращения: 21.10.2024).

7. Геологическое бурение скважин // Бурение скважин URL:
<https://burenie-ural.ru/info/geologicheskoe-burenie-skvajin.html> (дата
обращения: 21.10.2024).

8. Павлова А.И. Анализ методов интерполирования высот точек для создания цифровых моделей рельефа / А.И. Павлова // Автометрия. 2017. Т. 53, № 2. С. 86–94. DOI 10.15372/AUT20170210. EDN YKIFYZB (дата обращения: 21.10.2024).

© Насырьянова Р.Б., 2024

А.В. НИГМАТУЛЛИН, А.Д. ГОНЧАР

nigmatullin.a2016@yandex.ru agonch4r@yandex.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доцент **Н.Н. ЗВЕРЕВА**

Уфимский университет науки и технологий

ПОЛУЧЕНИЕ ДАННЫХ О МАРШРУТАХ В ГИС «ГЕОПАРКИ РБ» С ПОМОЩЬЮ API OPENROUTESERVICE

Аннотация: в статье рассматриваются возможности интеграции геоинформационной системы (ГИС) «Геопарки РБ» с маршрутизационным сервисом OpenRouteService для обеспечения удобной навигации и управления туристическими маршрутами на территории геопарков Республики Башкортостан. Рассмотрены основные функции OpenRouteService, такие как построение маршрутов для различных типов передвижения, предоставление данных о расстоянии, сложности и продолжительности маршрутов. Проведен сравнительный анализ маршрутизационных сервисов для выбора оптимального инструмента, а также обозначены перспективы расширения функциональности системы.

Ключевые слова: геопарк, маршруты, API, Openrouteservice, получение маршрутов из API, интеграция с API, геоинформационные системы.

Введение

Геоинформационные системы (ГИС) и технологии являются неотъемлемой частью жизни любого современного человека. Каждый день миллионы пользователей строят маршруты от работы до дома, просматривают пробки на дорогах и пользуются многими другими сервисами ГИС. ГИС лежат в основе интеллектуальных систем, предназначенных для анализа пространственных данных. Технологии ГИС позволяют связать пространственные характеристики объектов с атрибутивными данными, описывающими различные их аспекты. Применение ГИС-технологий в туристическом проектировании, эксплуатации туристических объектов позволяет сделать их более доступными, повысить информированность населения и усовершенствовать процессы управления в туристической отрасли. Геопарки как туристические объекты характеризуются значительным охватом территорий, в том числе со сложным рельефом, а также наличием большого количества объектов, представляющих научную ценность. В последние годы значительно возрос спрос на научно-познавательный туризм и геопарки не являются исключением. На их территории с каждым днем появляются новые маршруты: экскурсионные, научно-исследовательские, образовательные.

Объектом настоящей работы является ГИС «Геопарки РБ», целью создания которой является повышение информированности населения об объектах научного и историко-культурного наследия, расположенных на территории геопарков, расширение спектра туристических услуг. ГИС «Геопарки РБ» позволит осуществлять удобную навигацию по этим территориям, просматривать информацию об объектах геопарков, поддерживать в актуальном состоянии данные о них [1].

Для обеспечения эффективного планирования и управления туристическими маршрутами в геопарках Республики Башкортостан необходим доступ к протяженности маршрута (в том числе и по времени), его сложности, текущей погоде на маршруте и другим характеристикам маршрутов. Однако, сбор этих данных в реальном времени традиционными методами весьма трудоемок.

В связи с вышесказанным, целесообразно использовать программные интерфейсы приложений (API) открытых веб-сервисов.

Сравнительный анализ сервисов для построения маршрутов

Существует множество сервисов построения маршрутов. Самыми популярными являются Google Maps API, Yandex API, OpenRouteService и другие. Каждый из них имеет уникальные возможности, которые нужно обязательно учитывать при выборе сервиса построения маршрутов. В табл. 1 представлен сравнительный анализ наиболее популярных сервисов для построения маршрутов.

Таблица 1

Сравнительный анализ сервисов для построения маршрутов

Название сервиса	Поддержка разных профилей	Функции в API	Стоимость
Yandex Maps API	+	Построение маршрутов, построение матриц маршрутов, детали маршрута, оптимизация маршрутов	16 000 руб./мес.
Google Maps API	+	Построение маршрутов, построение матриц маршрутов, оптимизация маршрутов	2000 руб./1000 запросов
OpenRouteService	+	Построение маршрутов, построение матриц маршрутов, детали маршрута, оптимизация маршрутов, вывод ближайших POI	Бесплатно

Так как интерактивная карта в ГИС «Геопарки РБ» построена на базе онлайн-сервиса OpenStreetMap лучше и легче всего будет интегрироваться с сервисом OpenRouteService, так как он предназначен для работы именно с картами на основе платформы OpenStreetMap.

Интеграция гис «геопарки рб» с сервисом openrouteservice

Openrouteservice (ORS) – это высоконастраиваемый сервис маршрутизации, разработанный на языке Java. Он предоставляет маршруты для автомобилей, пешеходов и велосипедистов, используя модифицированную версию Graphhopper. С помощью этого инструмента пользователи могут легко планировать маршруты, выбирая различные профили и прокладывая путь на карте. Стоит также отметить, что у ORS полностью открытый исходный код, что дает пространство для создания собственных функций [3].

Чтобы начать работу с данным сервисом нужно зарегистрироваться на официальном сайте и получить API ключ [3]. После того как ключ будет получен можно начать выстраивание взаимосвязи с ГИС «Геопарки РБ» и сервисом.

Первым делом нужно определить, какие именно функции будут необходимы в ГИС «Геопарки РБ» для удобной навигации пользователей. На рис. 1 показана общая схема сервисов ORS.

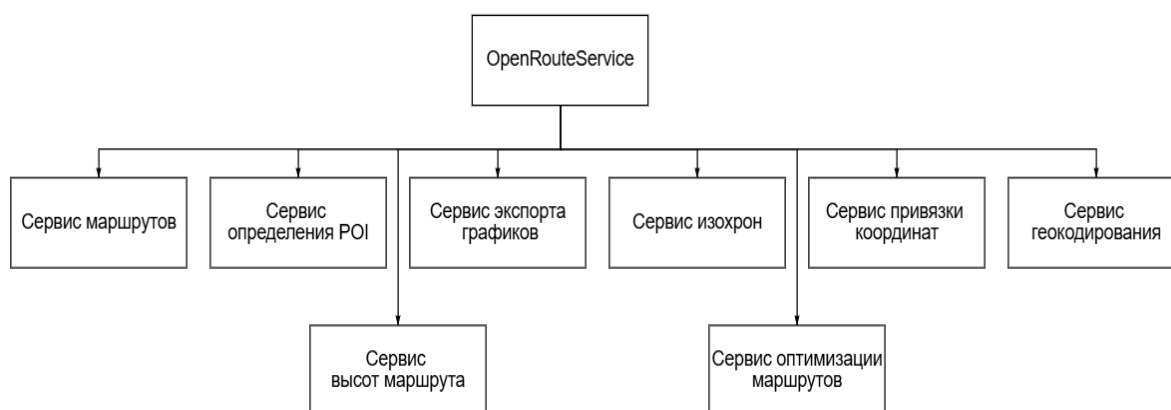


Рис. 1. Общая схема всех сервисов, предоставляемых OpenRouteService

Для построения маршрутов в ГИС «Геопарки РБ» достаточно сервиса маршрутов, у которого есть разные форматы отображения: JSON, GeoJSON и GPX. Данный сервис предоставляет так же такие атрибуты как: «extra_info», что включает в себя углы наклона на маршруте, инструкции по следованию, информацию о покрытии дороги и многие другие. На рис. 2 представлен фрагмент ответа на запрос через API, в котором видны точки маршруты и их высота над уровнем моря.

```

{type: 'FeatureCollection', bbox: Array(6), features: Array(1), metadata: {...}}
  ▶ bbox: (6) [56.575155, 53.555238, 187.28, 56.728661, 53.603065, 582]
  ▼ features: Array(1)
    ▼ 0:
      ▶ bbox: (6) [56.575155, 53.555238, 187.28, 56.728661, 53.603065, 582]
      ▼ geometry:
        ▼ coordinates: Array(185)
          ▼ [0 ... 99]
            ▶ 0: (3) [56.684373, 53.601158, 322.9]
            ▶ 1: (3) [56.68407, 53.601191, 320]
            ▶ 2: (3) [56.684452, 53.601291, 320]
            ▶ 3: (3) [56.684755, 53.601482, 320]
            ▶ 4: (3) [56.684958, 53.601373, 329.2]
            ▶ 5: (3) [56.685188, 53.601311, 331]
            ▶ 6: (3) [56.685444, 53.601279, 333.2]
            ▶ 7: (3) [56.686188, 53.60126, 343]
            ▶ 8: (3) [56.686568, 53.601261, 343]
            ▶ 9: (3) [56.686916, 53.601237, 352.6]
            ▶ 10: (3) [56.687382, 53.601154, 355.3]
            ▶ 11: (3) [56.687627, 53.601144, 354.6]
            ▶ 12: (3) [56.689265, 53.601346, 363.1]

```

Рис. 2. Пример ответа на запрос через API от сервиса OpenRouteService

Кроме того, ORS используется для отображения самой линии на интерактивной карте согласно профилю маршрута, а также для отображения времени маршрута, его сложности и расстояния, путем построения полилинии, которая соединяет все объекты на маршруте. На рис. 3 показаны примеры построения одного и того же маршрута с разными профилями.

а)

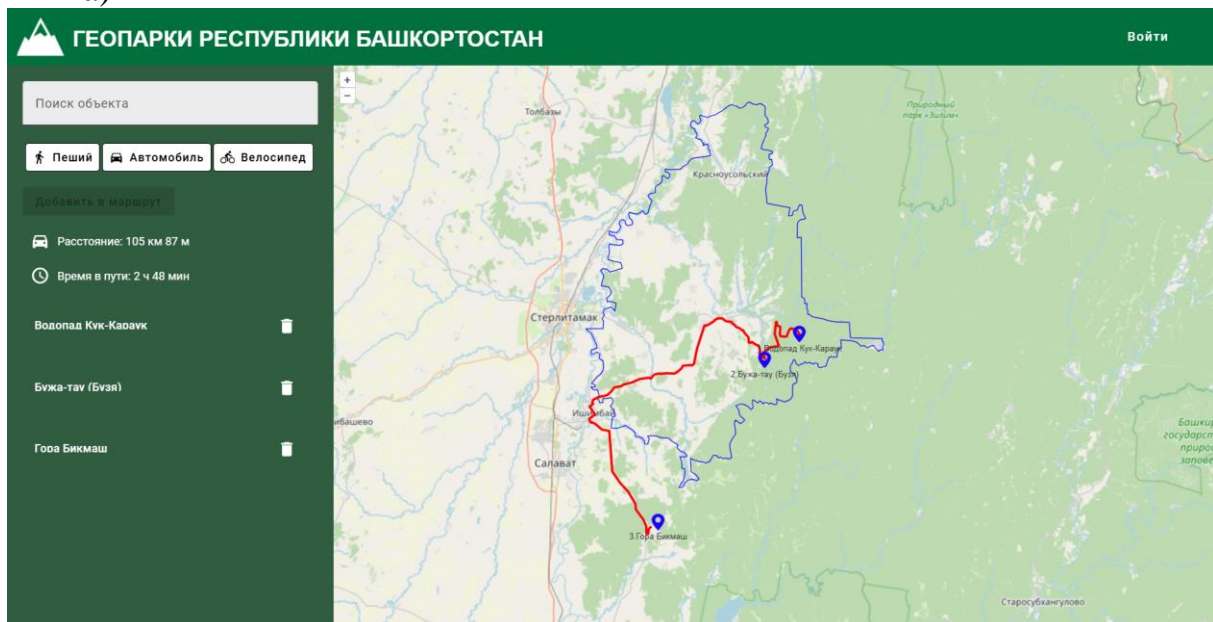


Рис. 3. Примеры построения маршрута:
а) построение маршрута пешком;

б)

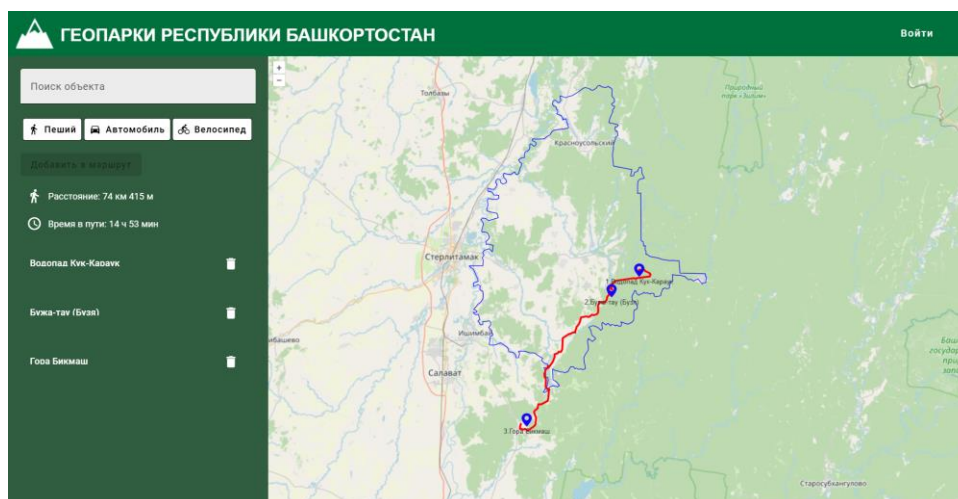


Рис. 3. Примеры построения маршрута:

б) построение маршрута на транспортном средстве

Перспективы развития

Одной из областей развития системы в плане интеграции с API различных сервисов можно выделить: учет погодных условий на маршруте и уведомления пользователя о том, что в данный момент возможен разлив рек, размыв грунтовой дороги или сугробы из снега, а также возможна интеграция с системами бронирования гостиниц на территории геопарка, по которому строится маршрут, добавление точек интереса (POI), мимо которых проходит маршрут пользователя.

Заключение

Интеграция сервиса OpenRouteService в ГИС «Геопарки РБ» позволяет эффективно строить маршруты и предоставлять данные о расстоянии, сложности и продолжительности путей, что существенно упрощает навигацию по территории геопарков Республики Башкортостан. Использование открытого кода и совместимость с OpenStreetMap делает систему гибкой для адаптации и дополнения новыми функциями. Перспективы развития включают учет погодных условий, интеграцию с системами бронирования и добавление точек интереса, что повысит удобство и безопасность туристов, а также популярность геопарков Республики Башкортостан.

Библиографический список

1. Гончар А.Д., Нигматуллин А.В., Зверева Н.Н. Анализ и концептуальное проектирование геопортала» Янган-Тау. Автоматизация и моделирование в проектировании и управлении. сборник научных статей Всероссийской конференции. Курск, 2023. С. 98–102 (дата обращения 01.11.2024).

2. Martynov V., Didyk T., Zvereva N., Sharonova J. Electrical engineering enterprise's architecture modeling as a basis for its transformation into Industry 4.0", 2021 International Seminar on Electron Devices Design and Production, SED 2021. Proceedings. 2021. С. 1–8 (дата обращения 04.11.2024).

3. Openrouteservice API documentation for ORS Core-Version 8.2.0. [Электронный ресурс] // OpenRouteService: [сайт]. URL: <https://openrouteservice.org/dev/#/api-docs/v2/> (дата обращения 03.11.2024).

© Нигматуллин А.В., Гончар А.Д., 2024

А.А. НУРЕТДИНОВ

azamat.nuretdinov03@gmail.com

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доцент **Н.Н. ЗВЕРЕВА**

Уфимский университет науки и технологий

ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ АНАЛИЗА И ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДАННЫХ ПОТРЕБЛЕНИЯ ИНТЕРНЕТ- ТРАФИКА В КОНТЕКСТЕ РАЗРАБОТКИ МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ

Аннотация: в статье рассматриваются методы использования геоинформационных систем (ГИС) для анализа и визуализации данных интернет-трафика в мобильных приложениях. Описаны подходы к отслеживанию потребления трафика по зонам активности пользователей и визуализация точек с повышенным потреблением трафика на карте с привязкой к местоположению. Исследование направлено на разработку эффективного способа анализа и управления потреблением трафика с помощью ГИС для улучшения качества услуг, предоставляемых пользователям мобильных сетей.

Ключевые слова: геоинформационные системы, анализ данных, интернет-трафик, мобильные приложения.

Введение

Современные мобильные приложения используют интернет-трафик для обмена сообщениями, проигрывания видео, навигации и других разнообразных услуг. С увеличением количества используемых мобильных данных эффективное управление интернет-трафиком становится важным вопросом как для пользователей, так и для разработчиков. Геоинформационные системы позволяют отслеживать и анализировать использование интернет-трафика основываясь на местоположении пользователя. Отображение точек трафика с повышенным его потреблением на карте позволяет обнаружить области с разными уровнями активности, а также дает возможность получить данные для улучшения работы сетей и приложения.

Описание приложения и методология работы

Разработанное на Kotlin в среде Android Studio приложение позволяет проанализировать и отобразить интернет-трафик на мобильных устройствах. Ниже представлены основные особенности и методология работы приложения.

Функциональные возможности приложения:

1. Мониторинг интернет-трафика

Приложение анализирует использование интернет-трафика устройством, передаваемых через мобильную сеть и Wi-Fi. Для сбора данных используется Traffic API, а для их хранения – базы данных, такие как SQLite или Room, библиотека для работы с базами данных в Android [1] [2].

Отображение точек с высоким потреблением трафика с помощью MapLibre и MapTiler. Приложение отображает карты с точками потребления трафика, используя MapLibre и MapTiler. Эти библиотеки предоставляют доступ к открытым и настраиваемым картографическим данным, которые можно интегрировать в мобильные приложения [3].

2. Хранение используемых данных.

Для хранения данных используется SQLite, что довольно удобно, так как в Android studio присутствуют встроенные инструменты для данного инструмента. Однако, для удобства работы с базой данных можно использовать Room, которая абстрагируется от SQLite и упрощает управление данными [4] [5].

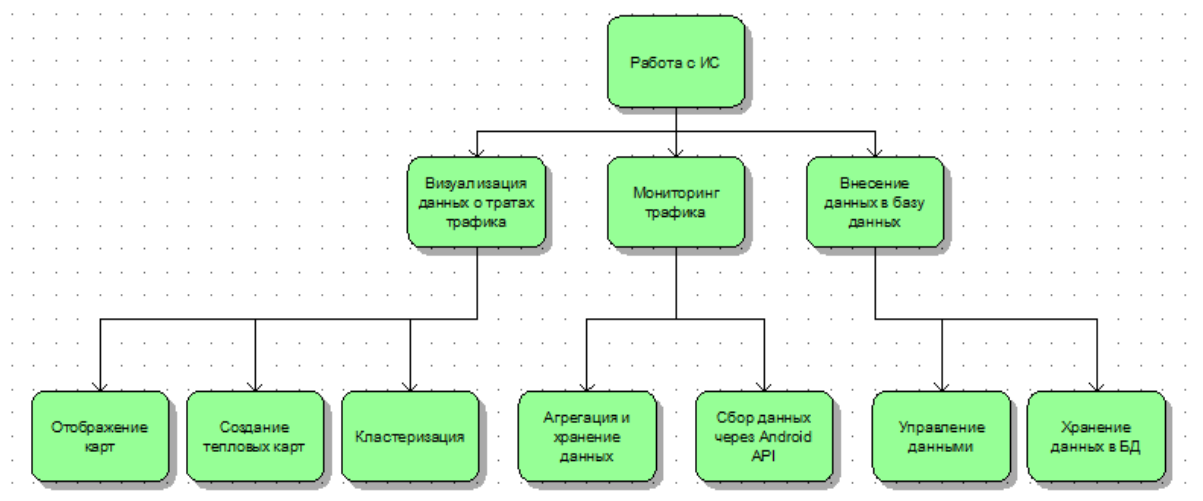


Рис. 1.

Для сравнения инструментов картографической визуализации проведем анализ (табл. 1).

Таблица 1

Название инструмента	Особенности	Преимущества	Недостатки
MapLibre	Открытый инструмент для работы с картами; предоставляет API для создания картографических приложений.	Полностью бесплатный и открытый код. Возможность работы оффлайн. Гибкая настройка карт.	Меньше готовых решений для разработчиков по сравнению с коммерческими API. Ограниченная документация

Название инструмента	Особенности	Преимущества	Недостатки
Google Maps	Возможность отображения маршрутов матриц расстояний	Широкая функциональность. Большая база данных POI. Подробная документация и примеры	Ограничения в бесплатной версии.
Yandex Maps	Yandex API для работы с картами; локализовано для России и СНГ	Поддержка маршрутов транспорта. Отличная оптимизировано для России	Функциональность ограничена вне СНГ
Leaflet	Библиотека с открытым доступом для работы с картами, работает с растровыми и векторными данными	Легкость в использовании. Бесплатно. Поддержка разнообразных плагинов	В сравнении с Yandex API и Google Maps возможностей не так много
ArcGIS	Решение для анализа данных на картах и построения сложных визуализаций	Интеграция с ПО ArcGIS	Высокая стоимость. Требуется опыт для работы с API.

Перспективы развития и применения

Система анализа и визуализации затрачиваемого трафика полезна не только для повышения качества интерфейса, но и для настройки сетевых операторов. Например, определить места с перегрузом сети означает реакцию на нагрузки и повышение качества связи в зоне. Таким образом, применениями ГИС в анализе потребления трафика является возможность собрать различные аналитические данные от управления трафиком на крупных узлах крупных городов, до расчета потребления данных на районированном уровне сельских районов.

Заключение

В данной статье приведены методы интерактивного применения геоинформационных систем (ГИС) при обработке и представлении информации о потреблении интернет-трафика в мобильных приложениях. Удалось внедрить ГИС, и создать карту точек с повышенным потреблением трафика, что в свою очередь обеспечивает удобное представление об интернет потреблении и об открывшихся возможностях

управления сетевыми ресурсами. MapLibre, MapTiler и с использованием базы данных SQLite/Room для хранения и обработки данных.

Библиографический список

1. Android Developers Documentation. Guide to App Architecture. Google. URL: <https://developer.android.com/jetpack/guide>.
2. Android Developers Documentation. *TrafficStats API Overview*. Google. URL: <https://developer.android.com/reference/android/net/TrafficStats> (Описание TrafficStats API, используемого для анализа интернет-трафика на устройствах Android).
3. MapLibre Documentation. Getting Started with MapLibre. MapLibre Project. URL: <https://maplibre.org/documentation/>.
4. Yigit Boyar, Adam Powell. Room Persistence Library: An Introduction. Google I/O Presentation, 2018.
5. Лобанов А.В. Основы использования SQLite в Android-приложениях. Вестник мобильных технологий, 2020.
6. Esri. ArcGIS Developer Documentation. URL: <https://developers.arcgis.com/>.

© Нуретдинов А.А., 2024

Б.А. НУРИЕВ, Н.И. ЖАРКОВ

bat2003@mail.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. **А.Ф. АТНАБАЕВ**

Уфимский университет науки и технологий

ИНТЕГРАЦИЯ ГИС И ТЕХНОЛОГИЙ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПОДЗЕМНЫХ КОММУНИКАЦИЙ

Аннотация: в данной статье рассматривается интеграция геоинформационных систем (ГИС) и технологий дополненной реальности (AR) для визуализации подземных коммуникаций. Описываются архитектура системы, преимущества использования AR в управлении инженерной инфраструктурой, а также примеры повышения точности и безопасности строительных и ремонтных работ.

Ключевые слова: дополненная реальность; ГИС; подземные коммуникации; визуализация данных; инженерная инфраструктура; пространственные данные; цифровизация; безопасность строительства; городская инфраструктура.

Введение

Современное управление инженерной инфраструктурой, включающей подземные коммуникации, такие как сети водоснабжения, канализации, электроснабжения и телекоммуникации, требуют решения все более сложных и многогранных задач. Эти объекты скрыты под землей, что затрудняет их обслуживание, ремонт и модернизацию. Также это увеличивает риск повреждений при строительных работах. Геоинформационные системы уже активно применяются для работы с пространственными данными, но их потенциал можно расширить за счет интеграции с технологиями дополненной реальности. Такое сочетание открывает новые горизонты для визуализации инженерных сетей и упрощает взаимодействие с ними.

Дополненная реальность представляет собой технологию, позволяющую накладывать виртуальные объекты на изображение реального мира. Благодаря этому она становится незаменимой в задачах, связанных с пространственными данными. С ее помощью можно отображать инфраструктуру, скрытую под землей, делая ее доступной для инженеров прямо на месте выполнения работ. В сочетании с ГИС это позволяет обеспечить оперативный доступ к актуальным данным о локации и характеристиках сетей, что, в свою очередь, способствует росту

точности и безопасности работ. Однако разработка таких систем сопряжена с рядом технологических вызовов, среди которых обеспечение достоверности данных, создание удобных интерфейсов и их совместимость с текущими платформами [1, 2].

Ограничения традиционных методов

В России идентификация подземных инженерных сетей перед началом различных работ представляет значительные трудности. Для определения их местоположения применяются такие подходы, как анализ проектной документации, использование специализированного оборудования, такого как георадары и трассопоисковые устройства, а также запросы в органы, ответственные за эксплуатацию. Однако в текущей практике существуют три ключевые проблемы:

1. Использование неполных и устаревших данных. Во многих случаях проектная документация либо отсутствует, либо содержит неточные сведения о расположении коммуникаций.

2. Недостаточная точность инструментов поиска. Даже современные устройства не всегда обеспечивают надежные результаты, особенно в условиях плотной городской застройки, где помехи могут затруднять работу приборов.

3. Сложность верификации данных. Отсутствие централизованной системы учета инженерных сетей усложняет подтверждение и обновление сведений, что увеличивает вероятность ошибок и приводит к увеличению рисков повреждений.

Эти недостатки подчеркивают необходимость разработки и внедрения инновационных подходов, которые способны повысить эффективность и точность определения положения подземных объектов. Одним из перспективных направлений является применение технологий дополненной реальности и геоинформационных систем.

Преимущества интеграции

Одним из главных преимуществ является улучшение визуализации. AR позволяет отображать подземные объекты, такие как трубы, кабели и канализационные линии, непосредственно в реальном мире с помощью мобильных устройств или специализированных очков дополненной реальности. Такой подход значительно упрощает восприятие сложных пространственных данных и позволяет инженерам точно определять расположение объектов без необходимости проведения дополнительных раскопок [4].

Автоматическая привязка данных из ГИС к реальной местности позволяет в режиме реального времени получать актуальную информацию. Это означает, что инженеры всегда имеют доступ к последним обновлениям о состоянии сетей и их характеристиках. В результате становится возможным избежать повреждений, связанных с использованием устаревших или неточных данных.

Снижение рисков – еще одно важное преимущество. Точное наложение виртуальных моделей на реальное окружение поможет избежать случайных повреждений при земляных работах. Это особенно важно при проведении операций в местах с высокой плотностью инженерных сетей, где ошибка может привести к значительным финансовым и экологическим последствиям.

Интеграция также способствует повышению эффективности работы. Благодаря интуитивно понятной визуализации инженеры могут быстрее принимать решения, минимизируя время, затрачиваемое на поиск данных или проведение дополнительных измерений. Это снижает затраты на реализацию проектов, повышая их экономическую эффективность [5].

Данные преимущества подчеркивают, что объединение технологий дополненной реальности и геоинформационных систем трансформирует подход к управлению подземными коммуникациями, обеспечивая не только более высокий уровень точности и безопасности, но и ускоряет выполнение задач, что делает ее востребованной в сфере строительства, городского планирования и эксплуатации инженерной инфраструктуры.

Архитектура системы интеграции

Интеграция технологий дополненной реальности и геоинформационных систем требует тщательно продуманной архитектуры, которая обеспечивает взаимодействие между различными компонентами системы и пользователями. Архитектура такой системы включает три ключевых элемента: ГИС как источник данных, AR-устройства для визуализации и программное обеспечение для обработки и управления данными.

ГИС является основным источником пространственных данных, необходимых для визуализации подземных коммуникаций. Эти системы хранят информацию о расположении и характеристиках инженерных сетей, включая их глубину, материалы и состояние. Интеграция ГИС с AR позволяет отображать эти данные в реальном времени, накладывая их на изображение реального мира, что повышает удобство использования информации на месте проведения работ.

AR-устройства, такие как мобильные телефоны, планшеты или специализированные очки, выполняют роль интерфейса, через который пользователи взаимодействуют с системой. Эти устройства оснащены датчиками, такими как GPS и инерциальные измерительные блоки (IMU), которые позволяют точно позиционировать виртуальные объекты в пространстве. Современные платформы, такие как Unity3D и ARKit, предоставляют мощные инструменты для разработки AR-приложений с поддержкой геолокации, что делает возможным создание интерактивных визуализаций подземных коммуникаций.

Поток данных в такой системе начинается с получения пространственной информации из базы данных ГИС. Данные

обрабатываются сервером или облачной платформой, после чего они передаются на AR-устройства. В процессе обработки учитываются параметры окружающей среды, такие как освещенность и наличие физических объектов, что обеспечивает точное наложение виртуальных коммуникаций на реальное изображение. На рисунке 1 представлена схема взаимодействия компонентов системы. Например, использование алгоритмов плоскостного отслеживания в ARKit позволяет устройству идентифицировать поверхности, такие как дороги или тротуары, и добавлять к ним виртуальные элементы с учетом географических координат [3].

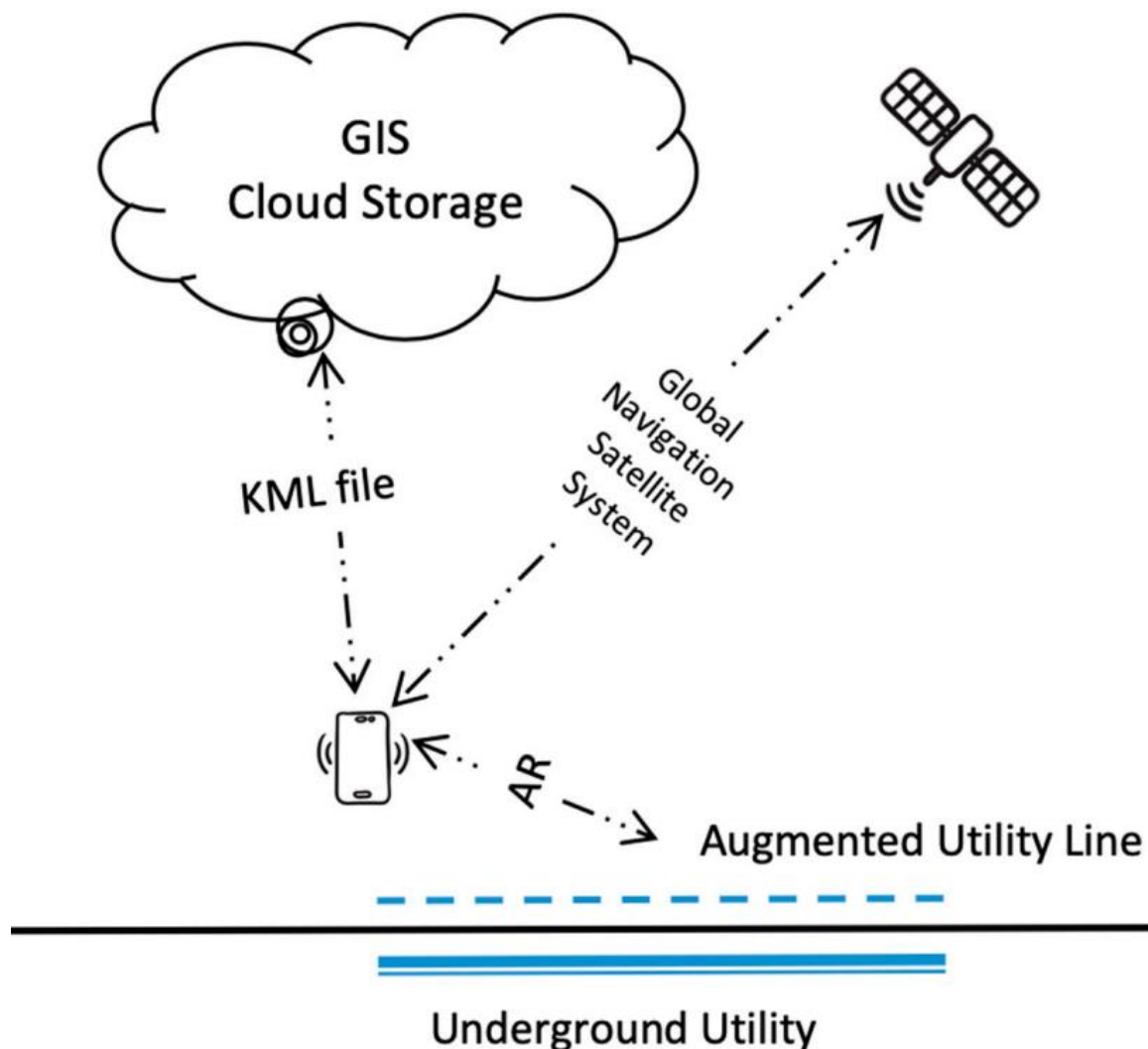


Рис. 1. Схема интеграции ГИС и AR.

Эта архитектура также поддерживает гибкость и масштабируемость системы. Например, благодаря использованию Unity3D можно создавать приложения, совместимые как с Android, так и с iOS, без значительных изменений в коде. Архитектура интеграции AR и ГИС обеспечивает не только визуализацию, но и активное взаимодействие пользователей с данными, что делает ее эффективным инструментом для управления подземной инфраструктурой.

Заключение

Интеграция технологий дополненной реальности (AR) и геоинформационных систем (ГИС) позволяет значительно повысить точность, безопасность и эффективность управления подземными коммуникациями. Эти технологии обеспечивают наглядную визуализацию данных, упрощая доступ к актуальной информации и снижая вероятность повреждений. Визуализация в реальном времени и автоматическая привязка данных к местности делают процесс работы с инженерными сетями более интуитивным и оперативным. Разработанные решения закладывают основу для создания умной и устойчивой городской инфраструктуры, минимизируя ошибки и способствуя цифровизации отрасли.

Библиографический список

1. Куликов А.С. Применение дополненной реальности для решения задач ГИС // Мавлютовские чтения: материалы XIV Всероссийской молодежной научной конференции. Уфа: УГАТУ, 2020. Т. 5. Ч. 3. С. 4.
2. Мавлютов А.Р., Атнабаев А.Ф., Ильметов Р.К. Модуль объединения пространственных баз геоданных для ArcMap // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. 2017. № 1 (25). С. 21–23.
3. Fenais A., Ariaratnam S.T., Ayer S.K., Smilovsky N. Integrating Geographic Information Systems and Augmented Reality for Mapping Underground Utilities // School of Sustainable Engineering and the Built Environment, Arizona State University. Tempe, AZ 85287-3005, USA, 2019. Received: 27 July 2019; Accepted: 19 September 2019; Published: 24 September 2019.
4. Galvão M.L., Fogliaroni P., Giannopoulos I., Navratil G., Kattenbeck M., Alinaghi N. GeoAR: A calibration method for Geographic-Aware Augmented Reality // Journal of Geographic Information Science. 2024. Vol. 36, pp. 1800-1826. DOI: 10.1080/13658816.2024.2355326.
5. Zollmann S., Schall G., Junghanns S., Reitmayr G. Comprehensible and Interactive Visualizations of GIS Data in Augmented Reality // Lecture Notes in Computer Science. 2012. DOI: 10.1007/978-3-642-33179-4_64.

© Нуриев Б.А., 2024

И.И. НУРМУХАМЕТОВ

nurmukhametov.idel@yandex.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. **Е.И. ФИЛОСОВА**

Уфимский университет наук и технологий

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ЗАГРЯЗНЕНИЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

Аннотация: в статье описывается процесс разработки информационной системы для мониторинга загрязнений окружающей среды в Республике Башкортостан, которая позволяет эффективно отслеживать и хранить данные о состоянии экосистем, что способствует повышению оперативности реагирования на экологические угрозы. В статье рассматриваются функциональные возможности системы, ее преимущества и особенности эксплуатации.

Ключевые слова: Республика Башкортостан; мониторинг загрязнений; экологический контроль; автоматизация функций; информационная система.

В условиях ухудшения экологической обстановки и роста антропогенной нагрузки на окружающую среду становится все более актуальной необходимостью в создании комплексных и эффективных систем экологического мониторинга. Такие системы позволяют получать актуальные и точные данные о состоянии окружающей среды, выявлять критические точки и оперативно реагировать на угрозы. Для Республики Башкортостан, обладающей мощными промышленными комплексами и богатыми природными ресурсами, своевременное реагирование на экологические вызовы имеет особое значение. Развитие промышленности и добыча полезных ископаемых, с одной стороны, способствуют экономическому росту региона, но, с другой стороны, накладывают значительную нагрузку на экосистемы, что требует постоянного контроля и принятия мер по сохранению природных ресурсов и снижению уровня загрязнения.

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]. Суть этого процесса заключается в быстрой интеграции киберфизических

систем в производственные процессы. Но данные технологии могут активно использоваться и в экологии.

Создание и внедрение информационной системы для мониторинга загрязнений окружающей среды предоставляют уникальные возможности для интеграции данных из различных источников и дают возможность проводить их комплексный анализ. Система, построенная на основе современных технологий, включает в себя более удобные инструменты для сбора и обработки информации, что позволяет получать данные в режиме реального времени и своевременно выявлять потенциальные экологические угрозы. Многоуровневая платформа системы делает возможной ее адаптацию к различным видам загрязнений и специфике региона, а также позволяет учитывать факторы, влияющие на экологическую ситуацию, такие как выбросы промышленных предприятий, загрязнение воды и почвы, качество атмосферного воздуха.

Кроме того, использование современных технологий обработки больших данных, геоинформационных систем и инструментов анализа позволяет системе предоставлять доступ к точной и оперативной информации не только органам контроля, но и широкому кругу пользователей, заинтересованных в улучшении экологической ситуации в регионе

Предлагаемая информационная система для мониторинга загрязнений окружающей среды включает в себя ряд функций, направленных на поддержку различных процессов экологического контроля:

3. Сбор данных о загрязнении окружающей среды. В систему удобно интегрировать данные о содержании вредных веществ в атмосфере, воде и почве из различных источников.

4. Хранение и обработка данных. Система предоставляет инструменты для структурированного хранения больших объемов данных и их обработки в режиме реального времени.

5. Анализ и визуализация данных. Система позволяет отображать данные в графическом виде, что облегчает восприятие информации и повышает точность анализа.

6. Интеграция с геоинформационными системами (ГИС). Для анализа пространственного распределения загрязнений система поддерживает отображение данных на карте и взаимодействие с ГИС-платформами, что позволяет пользователям визуализировать информацию и получать доступ к географическим данным.

7. Обеспечение безопасности и защиты данных. Важным аспектом является защита информации от несанкционированного доступа, что достигается за счет применения современных методов шифрования и аутентификации пользователей.

Комплекс функций, выполненный в виде модели «Function Tree» в методологии Арис [2], отображен на рис. 1.

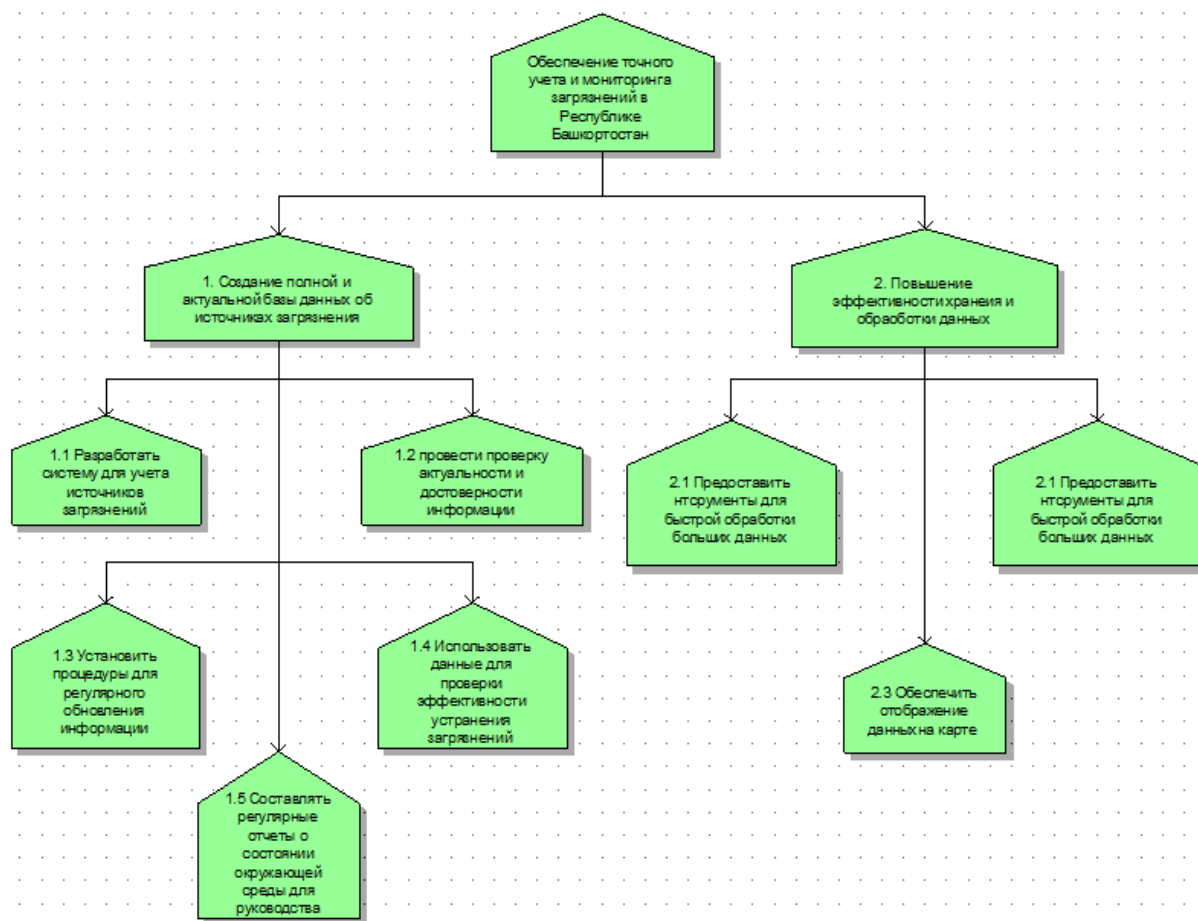


Рис. 1. Дерево функций

На сегодняшний день данные о состоянии окружающей среды в Республике Башкортостан часто собираются разрозненно, что затрудняет оперативный анализ. Введение единой системы для мониторинга загрязнений позволит избежать таких проблем, как:

длительная обработка информации и значительное количество ручных операций;

невозможность своевременной передачи информации о критических загрязнениях;

ограниченные возможности для визуализации данных и анализа пространственного распределения загрязнений.

Ниже представлена Диаграмма целей автоматизации, рассматриваемых в создаваемой ИС (рис. 2).

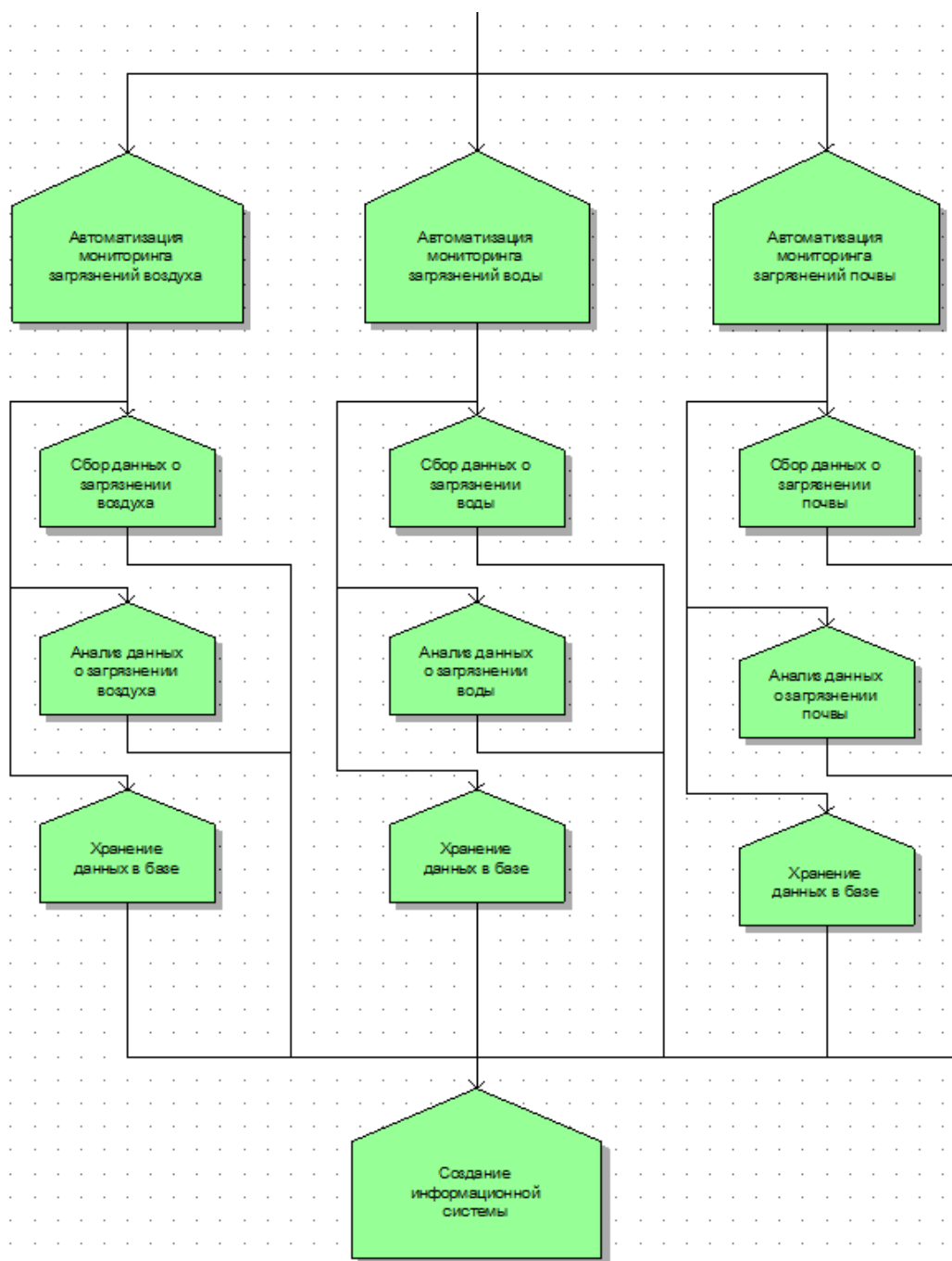


Рис. 2. Диаграмма целей автоматизации

Разработанная информационная система для мониторинга загрязнений, ориентированная на использование современных методов структурного и объектно-ориентированного анализа, реляционного моделирования данных и реинжиниринга бизнес-процессов, позволяет объединить все данные в единой платформе, улучшив тем самым условия для принятия эффективных решений.

Представленная информационная система для мониторинга загрязнений окружающей среды в Республике Башкортостан призвана повысить эффективность экологического контроля и улучшить

управляемость процессами анализа и контроля состояния окружающей среды. Система также предлагает интеграцию с ГИС и возможность визуализации данных, что делает ее удобной для использования всеми заинтересованными структурами.

Библиографический список

1. Martynov V. Information Architecture to Support Engineering Education in the Era of Industry 4.0 / V. Martynov, E. Filosoza, Y. Egorova // 2022 6th International Conference on Information Technologies in Engineering Education, Inforino 2022. Proceedings: 6, Moscow, 12–15 апреля 2022 г. 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.

© Нурмухаметов И.И., 2024

И.Ф. НУРЫЕВ

ilnur.nuryev@mail.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. **С.В. МАКСИМОВ**

Уфимский университет наук и технологий

**КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ВОДОМАТОВ УФЫ:
ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ
ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ДОСТУПНОСТИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ**

Аннотация: большая часть населения на данный момент пользуются такими станциями, как водоматы. Водомат – это вендинговый аппарат для розлива чистой питьевой воды в тару потребителя. Такие станции дают легкий доступ к чистой воде. Однако, в густонаселенных районах временами за водой выстраиваются очереди, а также иногда фильтры не успевают менять и люди не могут знать об состоянии воды на текущий момент.

Ключевые слова: водомат, приложение, API Яндекс.Карт.

Пользователям будет намного удобнее, если они смогут узнавать о состоянии водоматов не выходя из дома. Именно поэтому возникла идея создать отдельное приложение.

В конечном счете целью является сделать такое приложение, которое будет показывать водоматы на интерактивной карте, сообщать пользователям об их текущем состоянии. Также приложение должно иметь функцию обратной связи. Приложение должно упрощать работу операторов водоматов за счет анализа данных. Основной задачей являются разработать удобный и понятный интерфейс и подключить к приложению карту (на базе API Яндекс.Карт). После необходимо сделать сервер для хранения данных и их обновления в реальном времени и обеспечить безопасность личной информации пользователей.

Функционал приложения будет небольшим, но крайне полезным. В-первых, основой является интерактивная карта, в которой будут отображены все водоматы, их статусы, а также дополнительная информация вроде даты смены фильтров, дата замены воды, количество очереди и т. д.

Вторая функция будет напрямую связана с первой – пользователь сможет посмотреть историю статусов – к примеру, когда последний раз устранялись проблемы и когда заменялись фильтры.

Также будет функция обратной связи, благодаря которой будет возможность оставлять временные комментарии о состоянии водоматов.

По технической части приложение будет разрабатываться на языке программирования Kotlin при помощи Android Studio. Карты должны быть интегрированы через отечественный картографический сервис – Яндекс.Карты или 2GIS.

Для хранения данных будет использоваться отдельное облако. Для обновления данных водоматов и предоставлении информации пользователям необходимо выделить сервер.

Также для отображения данных статусов водомата, вроде наличия воды, можно использовать IoT-датчики.

Данный проект также имеет планы на развитие. Во-первых, данное приложение может интегрироваться с ранее упомянутыми датчиками, которые автоматические будут передавать данные о состоянии водоматов в приложение.

Также можно добавить дополнительные функции, вроде оплаты через приложение или уведомления о скидках

Заключение

Применение ГИС для управления водоматами в Уфе – это шаг вперед в улучшении городской инфраструктуры. Создание такого приложения упростит доступ к питьевой воде большому числу населения города Уфа, а также позволит производителям и владельцам данных вендинговых аппаратов увеличить прибыль.

Библиографический список

1. Martynov V. Information Architecture to Support Engineering Education in the Era of Industry 4.0 / V. Martynov, E. Filsova, Y. Egorova // 2022 6th International Conference on Information Technologies in Engineering Education, Inforino 2022 - Proceedings: 6, Moscow, 12–15 апреля 2022 г. 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.

© Нурыев И.Ф., 2024

Л.Г. ПАВЛОВА, Д.И. МУХАМЕТОВ

liana.pavlova2001@mail.ru, seemsclever@mail.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. **Е.И. ФИЛОСОВА**

Уфимский университет науки и технологий

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ ЭКСКУРСИОННЫХ МАРШРУТОВ ПО ТРЕБОВАНИЯМ КЛИЕНТОВ

Аннотация: в статье описывается необходимость создания информационной системы, учитывающей временные ограничения и предпочтения пользователей. Актуальность проекта обусловлена растущим интересом к туризму и желанием туристов самостоятельно строить маршруты, включающие точки интереса. Акцент делается на базе данных, которая будет хранить данные о достопримечательностях, клиентах, и на алгоритмах построения маршрутов.

Ключевые слова: информационная система; экскурсионные маршруты; предпочтения клиентов; база данных; алгоритмы маршрутизации; туристические услуги; оптимизация маршрутов.

В современном мире сфера туризма становится все более популярной, и многие предпочитают организовывать свои путешествия самостоятельно. Однако построение маршрута с учетом предпочтений клиента и расчет оптимального маршрута являются нетривиальными задачами.

Цель данной работы заключается в разработке подсистемы управления пространственными данными, обеспечивающей эффективное хранение, организацию и обработку информации, необходимой построения оптимальных экскурсионных маршрутов по требованиям клиентов. Будет создана база данных, включающая информацию о достопримечательностях, времени работы каждой из них, запросах клиентов и расстояниях между достопримечательностями.

Для оптимизации маршрутов будет использоваться алгоритм Дейкстры, который обеспечит быстрый расчет кратчайшего пути на графе. Каждый маршрут будет строиться на основе выбранных клиентом достопримечательностей, обеспечивая индивидуальный подход и минимальное времени в пути. При этом система будет учитывать предпочтения клиентов (например, интерес к музеям, паркам или историческим местам) и временные ограничения. [1]

Чтобы обеспечить пользователям удобство и эффективность планирования их поездок, система будет выполнять ряд ключевых функций. Ниже приведены основные функции системы:

1. Система будет строить персонализированные маршруты. То есть, будут собираться предпочтения пользователей путем предоставления формы для ввода интересов, таких как: категория достопримечательности (культурные, развлекательные, исторические), бюджет, желание посетить определенное место, временные рамки. Основываясь на введенные данные, система будет автоматически предоставлять маршрут с наиболее подходящими под критерии местами, отображая их на интерактивной карте. Пользователь сможет увидеть на экране подробную информацию о маршруте, а именно текстовое описание каждой достопримечательности с фотографиями, время в пути между объектами, а также сможет корректировать маршрут путем удаления или добавления достопримечательности.

2. Система будет строить оптимальные маршруты. Это будет достигнуто благодаря использованию алгоритмов оптимизации маршрутов, таких как алгоритм Дейкстры.

3. Все достопримечательности будут отображены на интерактивной карте с возможностью изменения масштаба и настроек отображения. Каждый объект на карте будет иметь метку, показывающую средний рейтинг. А также система будет интегрирована с GPS, что позволит пользователям отслеживать свое местоположение в режиме реального времени.

4. Система будет давать пользователям возможность оставлять отзывы о посещенных достопримечательностях путем добавления текстовых комментариев и оценивать их по пятибальной шкале.

Служебные функции:

1. Будет возможность регистрации пользователей. То есть пользователь может зарегистрироваться, введя имя, фамилию, адрес электронной почты и пароль. После успешной регистрации системой будет отправлено письмо подтверждения на указанный адрес электронной почты. Войдя в систему, пользователи могут обновлять свои данные, включая контактную информацию и предпочтения, а также при желании можно удалить свой аккаунт из системы. Перед удалением система обязательно предупредит об утрате данных.

2. Система будет хранить и обрабатывать данные о предпочтениях, таких как интересы (культурные, развлекательные, исторические), бюджет и время в пути.

3. Система будет собирать отзывы пользователей о посещенных достопримечательностях. Каждому отзыву присвоится рейтинг, что позволит сформировать статистику.

4. Для обеспечения актуальности информации о достопримечательностях база данных будет регулярно обновляться. Будут производиться действия по поддержке целостности данных, проверки на отсутствие дубликатов и недопустимых значений, а также на актуальность и полноту информации

Комплекс функций, выполненный в виде модели «Function Tree» в методологии ARIS [2], отображен на рис. 1.

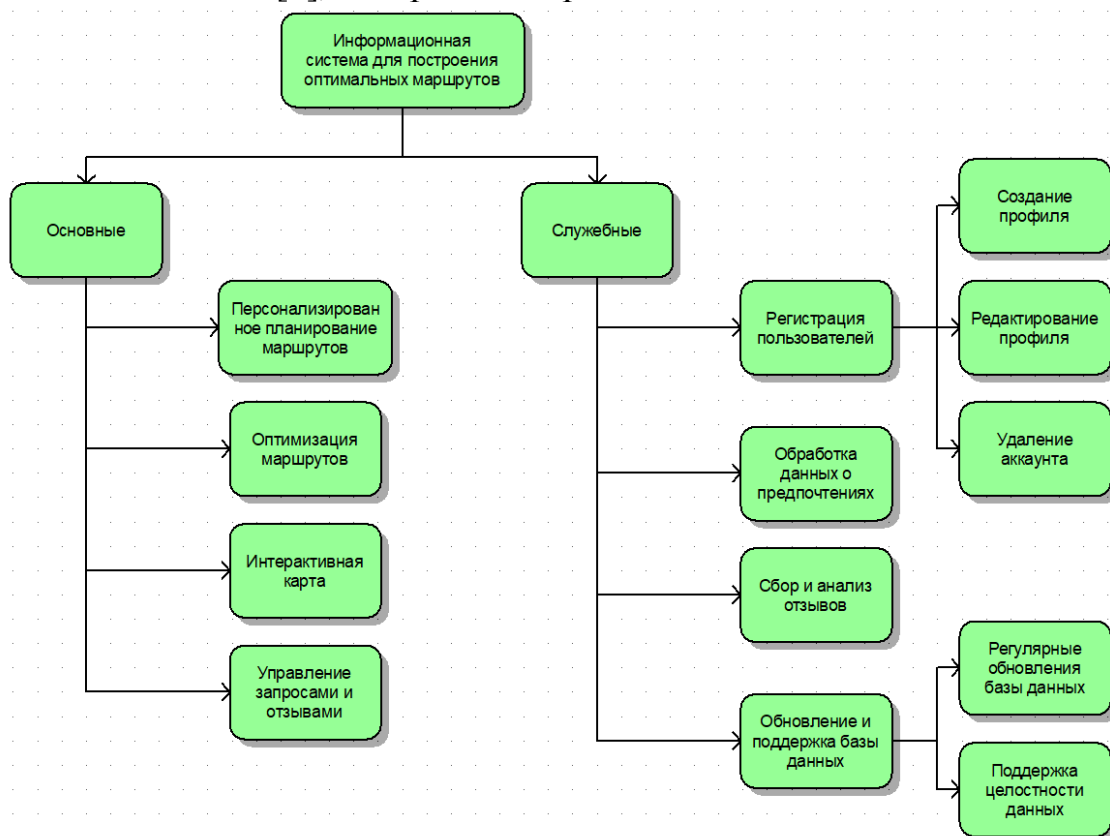


Рис. 1. Дерево функций информационной системы для построения оптимальных экскурсионных маршрутов по требованиям клиентов

Целевая аудитория системы – туристы. Она будет учитывать их интересы, чего на данный момент не могут предложить стандартные навигационные приложения. Маршруты будут генерироваться, учитывая время, расстояние и предпочтения клиента.

Процесс работы с информационной системой:

1. Регистрация (пользователь регистрируется в системе, предоставляя личные данные и адрес электронной почты) либо авторизируется по уже имеющимся логину и паролю.

2. Формирование запроса (пользователь выбирает предпочтительные категории достопримечательностей и вводит доступное время для обхода достопримечательностей).

3. Генерация маршрута (на основе введенных данных система предлагает маршрут, который будет отображен на интерактивной карте).

4. Просмотр достопримечательностей:

– пользователь может увидеть подробную информацию с фото, нажав на предложенную достопримечательность.

5. Корректировка маршрута (пользователь может убрать любую достопримечательность из списка, либо же добавить новый объект, после чего маршрут обновится).

Разрабатываемая система, оперирующая пространственными данными, позволит эффективно обрабатывать информацию и поможет в решении задачи построения оптимальных экскурсионных маршрутов по требованиям клиентов. Туристы смогут строить персонализированные маршруты за короткий промежуток времени и с минимальными усилиями.

Библиографический список

1. Скирюков А.Ю. Алгоритмы и структуры данных: учебное пособие. М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017. 512 с.

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.

© Павлова Л.Г., 2024

А.Р. РАХИМОВ, А.Н. ПЕНДЮРИН, Р.Д. ХАЙРУЛЛИН

salamandra1509@gmail.com, 101219@stud.uust.ru,

ruslankhayrullin647@gmail.com

Науч. руковод. – д-р геогр. наук, доц. **Д.Ю. ВАСИЛЬЕВ**

Уфимский университет науки и технологий

ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА КОНЦЕНТРАЦИИ ОЗОНА И АЗОТНОЙ КИСЛОТЫ НА ТЕРРИТОРИИ ЮЖНОГО УРАЛА

Аннотация: статья рассматривает использование геоинформационных систем для мониторинга концентрации озона и азотной кислоты на территории Южного Урала. ГИС технологии помогают отслеживать экологические риски и защищать здоровье населения в регионах с развитой промышленностью.

Ключевые слова: экология, геоинформационная система, мониторинг загрязнений, загрязнение воздуха, концентрация веществ, Южный Урал, озон, азотная кислота.

Геоинформационные системы (ГИС) играют важную роль в аспекте экологии и здравоохранении, позволяя эффективно анализировать пространственные и временные данные.

На территории Южного Урала, куда включаются богатые природными и одновременно с этим промышленными объектами Республика Башкортостан, Оренбургская, Челябинская и Курганская области, необходимость мониторинга концентрации озона и азотной кислоты становится особенно актуальной из-за значительного влияния, оказываемого на окружающую среду и здоровье населения. Создание и использование ГИС для таких целей открывает новые перспективы в управлении экологическими рисками. Карта региона представлена ниже, на рис. 1.

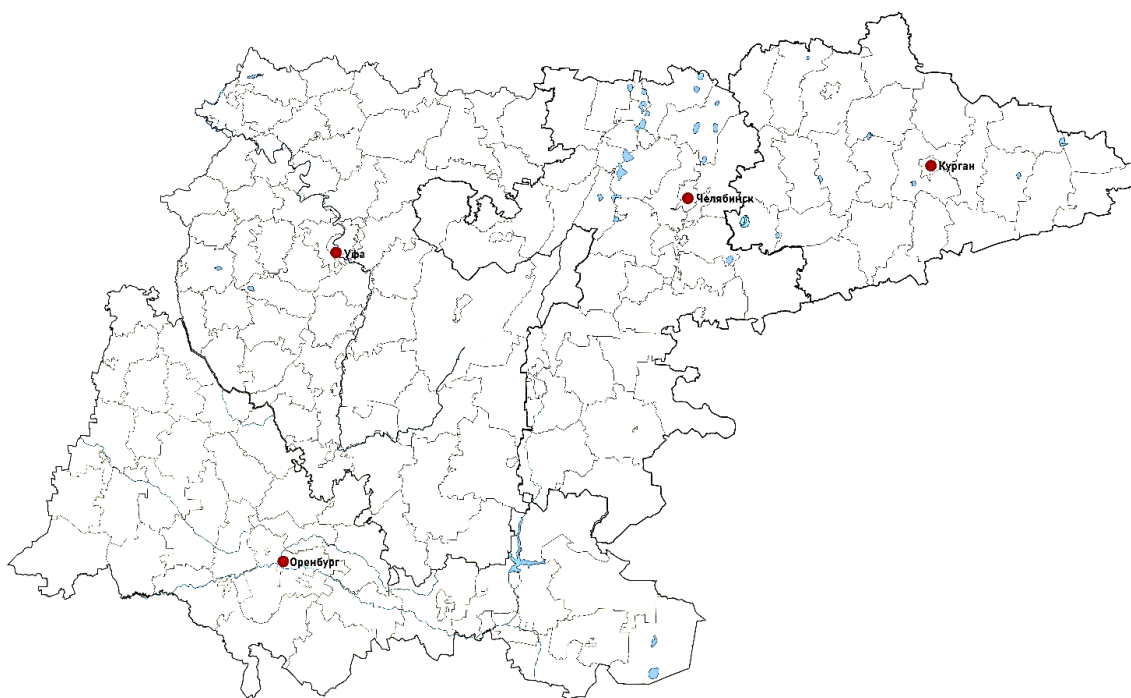


Рис. 1. Карта региона

Развитая промышленность приводит к выбросам загрязняющих окружающую среду веществ, включая оксиды азота, которые являются предшественниками как озона, так и азотной кислоты. Более того, частые температурные изменения и солнечное излучение летом, способствуют фотохимическому образованию озона.

Нами были обработаны данные по озону и азотной кислоте с помощью программы на языке Python. Данные содержат концентрацию вышеописанных веществ на 27 уровнях – где 1-ый – наиболее близок к поверхности, а 27-й – наиболее удален от нее. Данные содержат информацию о концентрации озона в атмосфере за 2023-ий год и азотной кислоты в с 2010-ого по 2021-ый года. Опираясь на полученные данные, можно построить графики и провести сравнительный анализ концентрации различных веществ в зависимости от конкретного региона и уровня удаленности концентрации от поверхности Земли. Данные представлены в ppbv – миллиардная доля для азотной кислоты и в ppmv – миллионная доля для озона.

Так выглядит представление концентрации озона и азотной кислоты в атмосфере. Показано на рис. 2.

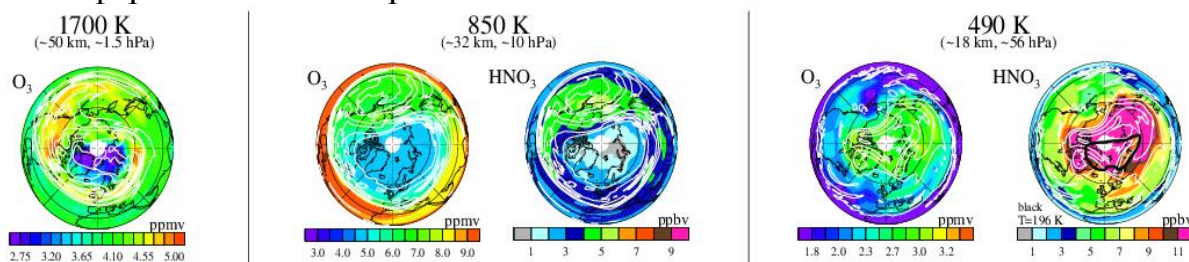


Рис. 2. Представление концентрации веществ за 1 декабря 2023 г.

Озон в ppmv, азотная кислота в ppbv. Линиями разделены области разного давления – слева концентрация по озону наиболее удаленная от поверхности, посередине – концентрация на расстоянии 32 км по обоим веществам. Справа – концентрация наиболее близкая к поверхности⁶.

Так выглядит график концентрации озона по уровням – чем больше давление (в гПа) – тем более близко к поверхности. Показано на рис. 3.

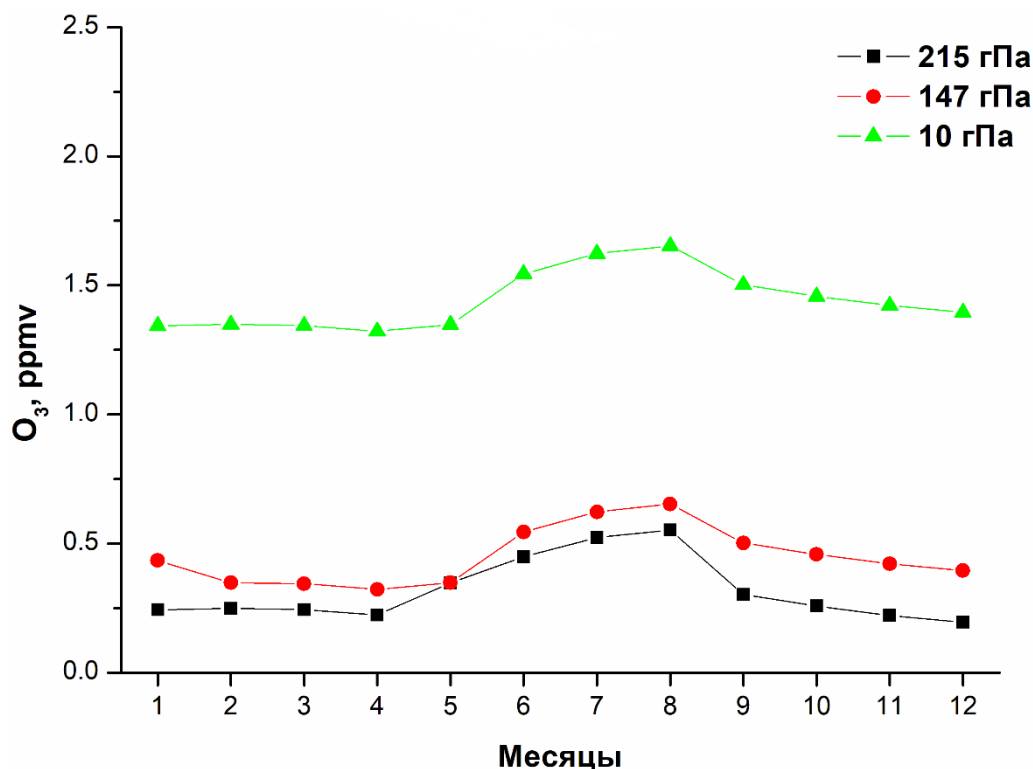


Рис. 3. График концентрации озона в соответствии с давлением по месяцам

Такой же график для азотной кислоты. Показано на рис. 4.

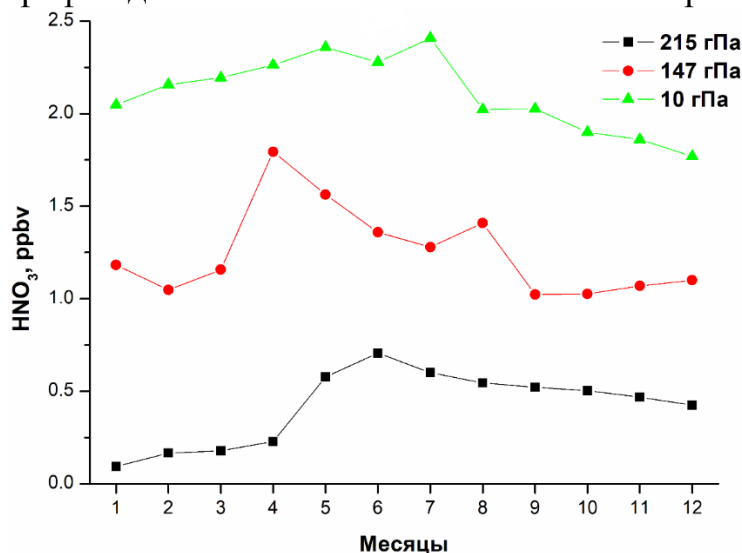


Рис. 4. График концентрации азотной кислоты в соответствии с давлением по месяцам

⁶ Рис. 2 – изображение взято с сайта Aura MLS.

Имеющиеся данные позволяют проводить анализ концентраций веществ, которые находятся в атмосфере и могут оказывать влияние на окружающую среду в зависимости от величины этой концентрации и динамики их роста.

Использование геоинформационной системы для мониторинга концентраций озона и азотной кислоты на Южном Урале позволяет определить источники загрязнения. А также, выявить зоны риска – участки, где превышены предельно допустимые концентрации, улучшить планирование природоохранных мероприятий и повысить осведомленность населения

Устойчивое развитие региона, улучшение экологической ситуации и защита здоровья населения являются важными следствиями создания геоинформационной системы мониторинга озона и азотной кислоты на территории Южного Урала. С развитием технологий и увеличением доступности данных такие системы станут неотъемлемой частью управления окружающей средой.

Библиографический список

1. Бенедиктов С.И. Геоинформационные системы в экологическом мониторинге / С.И. Бенедиктов. М.: Вестник Евразийской науки 2018. № 2, Том 10. 210 с.
2. Васильев Д.Ю., Лукманов Р.Л., Ферапонтов Ю.И., Чувывров А.Н. Цикличность гидрометеорологических характеристик на примере Башкирии // Докл. РАН. 2012. Т. 447. № 3. С. 331–334.
3. Григорьев, В. И. Методы моделирования концентрации загрязняющих веществ в атмосфере / В. И. Григорьев. – Москва : Фундаментальные исследования, 2017. № 8 (часть 2). С. 325–330.
4. Дьяков В.И. Воздействие промышленности на экологию Южного Урала / В.И. Дьяков. Челябинск, 2019. 225 с.
5. Ильин А.П. Динамика концентрации озона и азотной кислоты в различных регионах России / А.П. Ильин. Уфа : [Изд-во], 2018. 190 с.
6. Лобачев М.Ю., Шевченко А.А. Загрязнение воздуха и его воздействие на здоровье населения: Теория и практика мониторинга / М.Ю. Лобачев, А.А. Шевченко. Челябинск, 2017. 210 с.
7. Михайлов А.И. Экологические проблемы Южного Урала: загрязнение атмосферы и пути их решения / А.И. Михайлов. Екатеринбург, 2016. 220 с.
8. Николаев Д.И. Экологическое воздействие азотных соединений в атмосфере / Д.И. Николаев. Екатеринбург, 2016. 180 с.

© Рахимов А.Р., Пендюрин А.Н., Хайруллин Р.Д., 2024

Э.Р. САЙФУЛЛИН

dtuhvv30@gmail.com

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. **Е.И. ФИЛОСОВА**

Уфимский университет науки и технологий

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОТСЛЕЖИВАНИЯ СОСТОЯНИЯ ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ И СФЕРЫ ГОРОДСКОГО БЛАГОУСТРОЙСТВА

Аннотация: внедрение новых методов мониторинга городских площадей, информационных систем для обработки и анализа поступающих данных, использование технологии искусственных нейронных сетей, а также создание единого оперативного центра может существенно повысить качество и скорость работы служб, ответственных за благоустройство городской среды.

Ключевые слова: информационные системы, городское благоустройство, данные, беспилотный летательный аппарат (БПЛА), нейросеть.

Проблема отслеживания состояния городской среды всегда являлась одним из ключевых моментов для поддержания высокого качества жизни граждан. Качество зеленых насаждений, обустройство жилых кварталов, поддержание в надлежащем виде полигонов ТКО и многое другое. Сбор и систематизация информации различными структурами и службами занимает большое количество времени, не исключается влияние человеческого фактора и преступной халатности. Внедрение цифровизации, или точнее автоматизированной информационной системы для мониторинга состояния городской среды, может существенно повысить качество, быстрдействие и слаженность работы городских служб.

Появление информационных систем существенно ускорило и облегчило многие процессы, на которые человек потратил бы дни, а может и месяцы. На данный момент невозможно найти отрасль или область науки, в которой не применяются информационные системы. Они применяются в медицине при исследовании различных новых препаратов, в космической отрасли для расчетов траектории полета ракет и спутников, на производствах для ведения автоматизированного учета материалов, продукции и т.п.

Идея внедрения информационной системы для благоустройства городской среды заключается в автоматизированном сборе данных

состояния городской среды, его обработке, и на основе анализа обработанных данных выдача целевых указаний. Информационная система, задействованная при этом, является геоинформационной, это означает, что получаемые, обрабатываемые и хранящиеся данные являются пространственными и содержат информацию о реальных объектах и рельефе рассматриваемой местности. На данный момент самым эффективным инструментом для получения пространственных данных является БПЛА или беспилотный летательный аппарат. На основе аэрофотоснимков, строится 3D модель местности, ортофотоплан и иные пространственные модели.

В данной статье рассматривается применение информационной системы для отслеживания состояния дорожного покрытия в городской черте и черте населенных пунктов [1]. В настоящее время при отслеживании состояния дорожного покрытия в России активно применяются мобильные дорожные лаборатории типа КП-514. При помощи лазерных сканеров, датчиков и GPS систем они имеют возможность записывать и отслеживать маршрут, проводить экспертизу состояния дорожного полотна прямо в движении. Несмотря на обширные возможности таких систем, они не лишены недостатков, а именно: зависимость от благоприятных погодных условий, сложность работы на грунтовых и гравийных покрытиях, а также препятствия в виде ремонтных участков или участков, подвергшихся стихийным бедствиям.

Альтернативой данному методу предлагается внедрение принципиально новой системы для мониторинга состояния дорожного полотна. Введение новой системы, применяющей современные методы обработки информации, использование БПЛА в качестве дешевого и удобного наблюдателя, могут существенно сократить время необходимое для мониторинга дорожного полотна.

Рассмотрим несколько преимуществ предложенной стратегии:

1. Мониторинг состояния дорожного полотна перестает зависеть от состояния этого самого полотна. Что бы не происходило на дороге, ремонт, завал и т.п., беспилотнику, парящему над дорогой, это не проблема;

2. Высвобождается человеческий ресурс. Беспилотнику, в отличии от лаборатории, не требуется сопровождение человека в процессе вылета, достаточно задать полетную миссию, координаты начала работ и маршрут полета, дальнейшее участие человека сведено к минимуму;

3. Внедрение информационной системы по оценке данных, полученных от БПЛА, также позволит существенно ускорить процесс анализа и принятия решений, что позволит увеличить охват территории для мониторинга;

4. Информационная система отдельных подразделений может быть соединена в система с высшим уровнем для координации работы нескольких подразделений в особо сложных или ответственных случаях.

Для удобства стоит поделить процесс работы информационной системы на составляющие:

1. Полетная миссия. Этот этап не так плотно связан с работой информационной системы, но именно он является отправной точкой для запуска всего процесса. Он состоит из предполетной подготовки, получения разрешений на вылет, и подготовку полетной миссии. Именно на этом этапе изначально появляются данные так необходимые для анализа, а именно фотоснимки дорожного полотна, снятые при помощи БПЛА.

2. Предварительная подготовка данных. Данные, полученные с БПЛА, могут (и вероятнее всего будут содержать) аномалии и шумы, которые в дальнейшем будут искажать полученные результаты. Чтобы этого избежать следует использовать специализированные программные комплексы такие как Agisoft Metashape (рис. 1) или Pix4Dcapture.

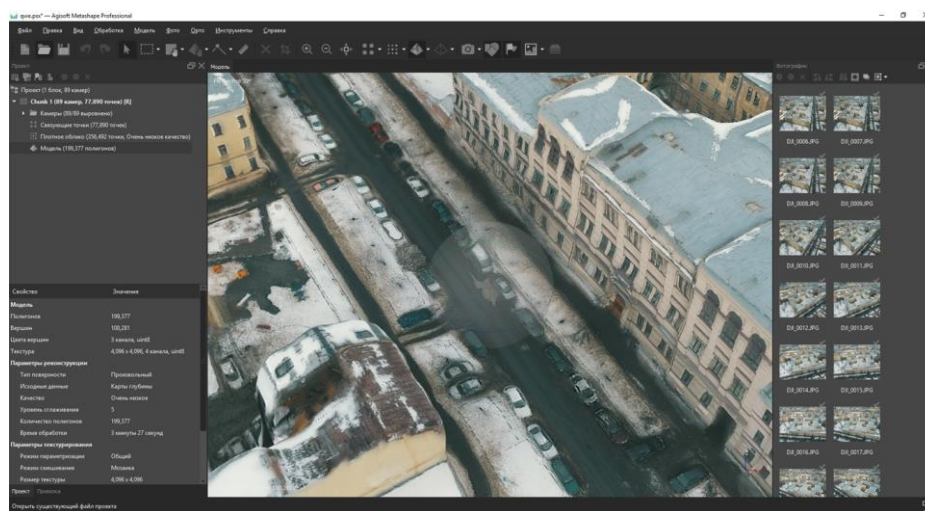


Рис. 1. Пример модели участка дороги в ПО Agisoft Metashape

3. Обработка данных при помощи искусственной нейросети. Обработанные данные необходимо проанализировать при помощи средств искусственного интеллекта. Такие средства уже активно применяются и продолжают обучаться, например, T-Rex и YOLO (рис. 2). Разработчики говорят о них то, что для распознавания ИИ-модели требуется лишь один клик – по запросу T-Rex находит даже самые мелкие детали в кадре. Также нейросеть собирает все объекты в базу данных, удаляет ненужные детали и способна посчитать количество объектов на изображении [2].

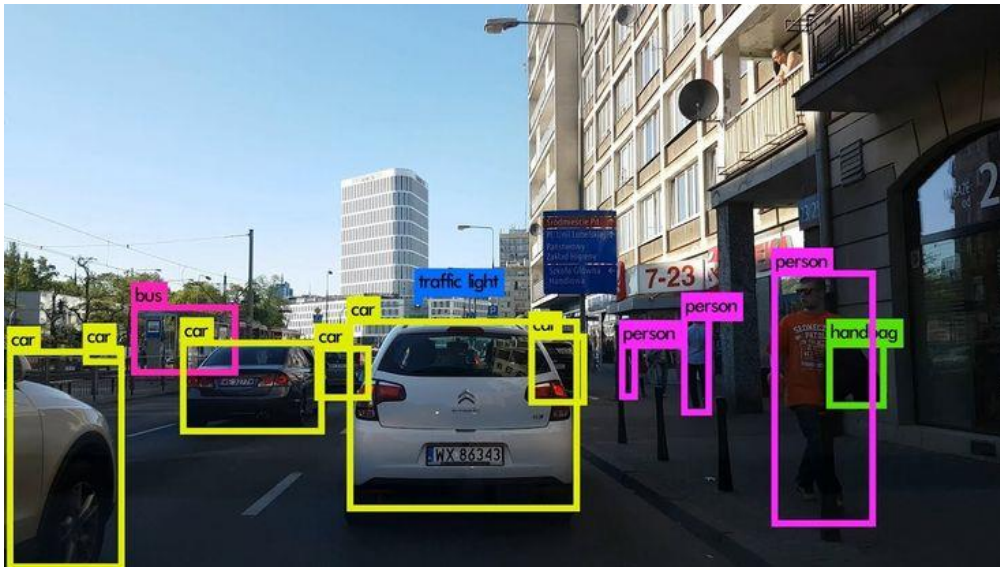


Рис. 2. Пример работы нейросети YOLO

T-Rex2 может быть полезен для разработки приложений на его базе. Его можно использовать для повышения качества работы и обнаружения объектов в сферах сельского хозяйства, промышленности, мониторинга животных в окружающей среде, а также в транспортной сфере и логистике.

После обработки данных, пользователь получает данные о местоположении интересующего его объекта и его характеристиках при необходимости.

4. Создание отчета и начало выполнения работ. После получения результата нейросети, выполняется отчет о проведенной работе, заполняются необходимые документы для выполнения работ, а на основании анализа, подбираются наиболее точное количество материалов и состав рабочих.

Приведенная стратегия является максимально упрощенной, но отражает общую суть работы информационной системы по мониторингу состояния дорожного полотна в городской черте и черте населенных пунктов. При необходимости данную систему можно применять и для отслеживания ответственных проектов по строительству, озеленению городских площадей, для отслеживания правонарушителей и многого другого.

Таким образом, было реализовано проектирование информационной системы поддержки принятия решений в городском благоустройстве на языке UML [3]. Для реализации новых для коммунальных служб направлений предлагается организационная структура, представленная на рис. 3.

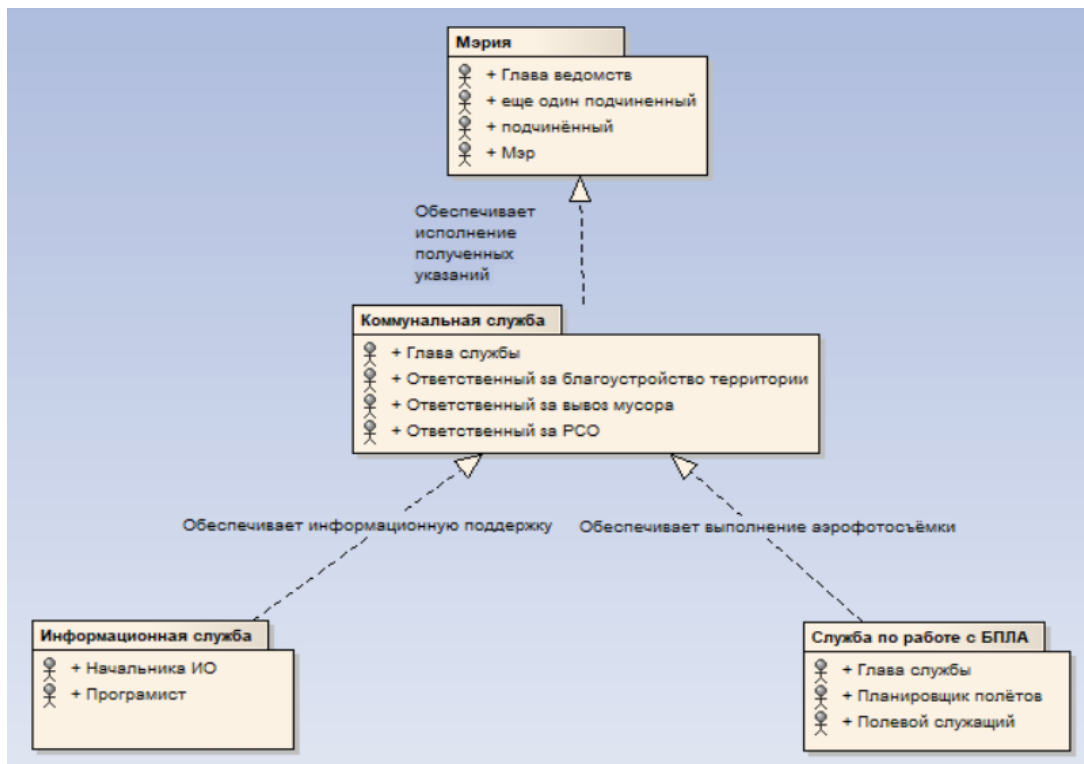


Рис. 3. Предполагаемая организационная структура коммунальных служб

Мэрия, являющаяся главным заинтересованным лицом при благоустройстве городских территорий, выдает срочные указания коммунальным и иным службам, а те, в свою очередь, применяя технологии БПЛА и нейросеть, оперативно и качественно исполняют эти указания. Обеспечение технологией БПЛА и нейросети берут на себя специально сформированные отделы: отдел по работе с БПЛА и отдел информационный технологий.

Диаграмма деятельности для рассматриваемого бизнес-процесса представлена на рисунке 4. Бизнес-процесс сводится к получению фотоснимков при помощи БПЛА, переработке их при помощи нейросети и отправке отчетов исполнительным службам.

На первом этапе работ входными данными являются границы объекта съемки; технические требования к съемочным материалам: разрешение, координаты контура участка съемки, перекрытие снимков, точность определения координат центров фотографирования, требования к наземной опорной сети и пр. Глубокое обучение используется на втором этапе в качестве инструмента для обнаружения различных объектов или произошедших в них изменениях. Планируется использование сверточных нейронных сетей (CNN) и основанных на них классических подходов, такие как Faster R-CNN, SSD и YOLO, которые имеют существенные результаты в детектировании и локализации объектов. Однако, у этих моделей есть несколько ограничений при использовании на выборках данных с небольшими объектами. Основные проблемы заключаются в использовании огромного набора параметров и потреблении

значительного объема вычислительных ресурсов, что неприемлемо для бортового компьютера БПЛА.

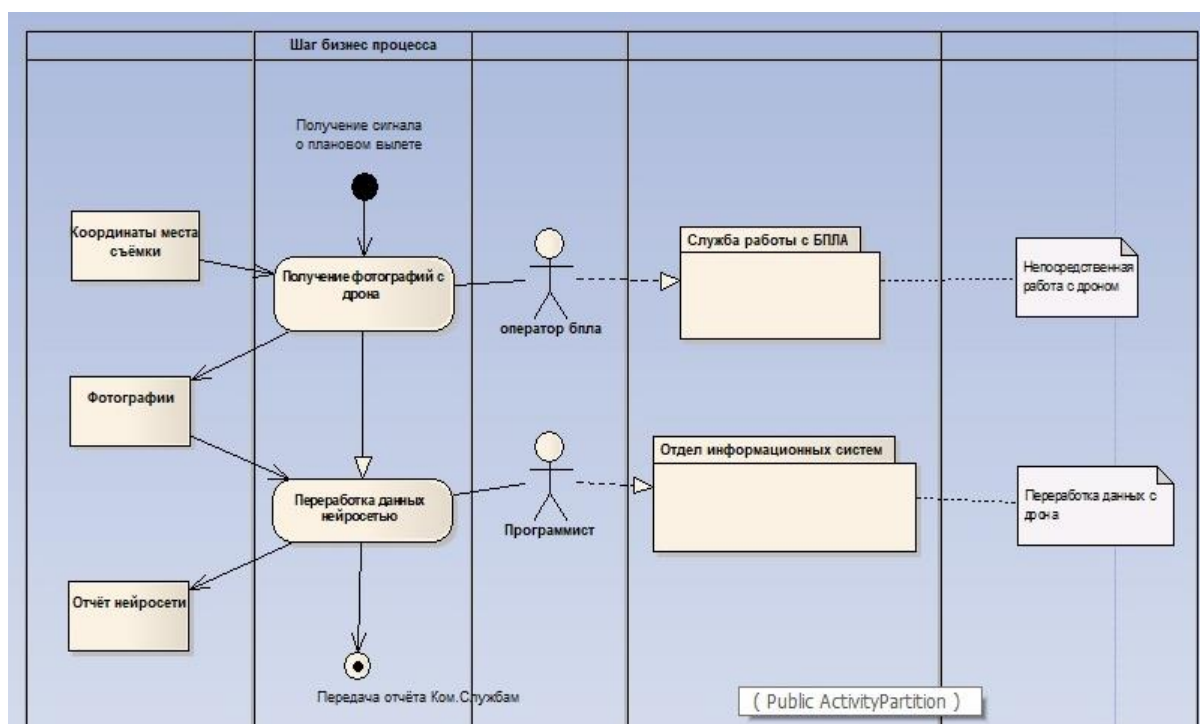


Рис. 4. Бизнес-процесс обработки данных, полученных с БПЛА

Подводя итог всему вышеуказанному, проведенный анализ показал, что возможность реализации взаимодействия БПЛА, нейросети и служб городского благоустройства более чем реальна. Возможная выгода от использования БПЛА позволит высвободить большое количество человеческого ресурса, повысить быстродействие служб городского благоустройства и повысить качество проводимых работ. В дальнейшем данная связка может быть дублирована и видоизменена под иные нужды.

Библиографический список

1. Катаев М.Ю., Карташов Е.Ю., Авдеенко В.Д. Методика обнаружения дефектов дорог с использованием изображений, полученных с беспилотных летательных аппаратов // КО, 2023. № 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-obnaruzheniya-defektov-dorog-s-ispolzovaniem-izobrazheniy-poluchennyh-s-bespilotnyh-letatelnyh-apparatov> (дата обращения: 30.10.2024).

3. Савельева В. Нейросеть T-Rex распознает объекты на фото и видео // Involta.media [Электронный ресурс]. URL: <https://involta.media/post/neuroset-t-rex-raspoznayet-obekty-na-foto-i-video> (дата обращения: 16.11.2024).

2. Мартынов В.В. Проектирование информационных систем: учебное пособие для студентов очной формы обучения, обучающихся по

направлению 080700 подготовки бакалавров «Бизнес-информатика» / В.В. Мартынов, Н.О. Никулина, Е.И. Филосова; Федеральное агентство по образованию, Гос. образовательное учреждение высш. проф. образования «Уфимский гос. авиационный технический ун-т». Уфа: УГАТУ, 2008. 379 с.

© Сайфуллин Э.Р., 2024

А.А. САХАУТДИНОВ

sakhautdinovamirai@gmail.com

Науч. руковод. – д-р геогр. наук, доц. **Д.Ю. ВАСИЛЬЕВ**

Уфимский университет науки и технологий

ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА КОНЦЕНТРАЦИИ ВОДЯНОГО ПАРА И УГАРНОГО ГАЗА В АТМОСФЕРЕ НА ТЕРРИТОРИИ ЮЖНОГО УРАЛА

Аннотация: работа посвящена использованию геоинформационных систем (ГИС) для мониторинга содержания водяного пара (H_2O) и угарного газа (CO) в атмосфере Южного Урала. Анализ таких данных позволяет выявлять экологические риски, связанные с изменением концентраций данных веществ, что особенно важно для регионов с высоким уровнем индустриализации.

Ключевые слова: экология, геоинформационная система, мониторинг загрязнений, загрязнение воздуха, водяной пар, угарный газ, Южный Урал, атмосферный анализ.

Использование ГИС становится ключевым инструментом для анализа временных и пространственных изменений в атмосфере. Для Южного Урала, включающего Республику Башкортостан, Оренбургскую, Челябинскую и Курганскую области, мониторинг концентраций H_2O и CO является актуальным из-за промышленного воздействия на экологию и здоровье населения. Геоинформационные технологии помогают более эффективно оценивать экологические риски и разрабатывать меры по их снижению.

Развитие промышленности сопровождается выбросами угарного газа – продукта неполного сгорания топлива. Его концентрация, как и водяного пара, может быть изменена в результате антропогенной деятельности, а также природных факторов, включая изменения температуры и давления. H_2O в атмосфере выступает в роли парникового газа, играющего важную роль в регуляции теплового баланса планеты. Карта анализируемой территории представлена ниже, на рис. 1.

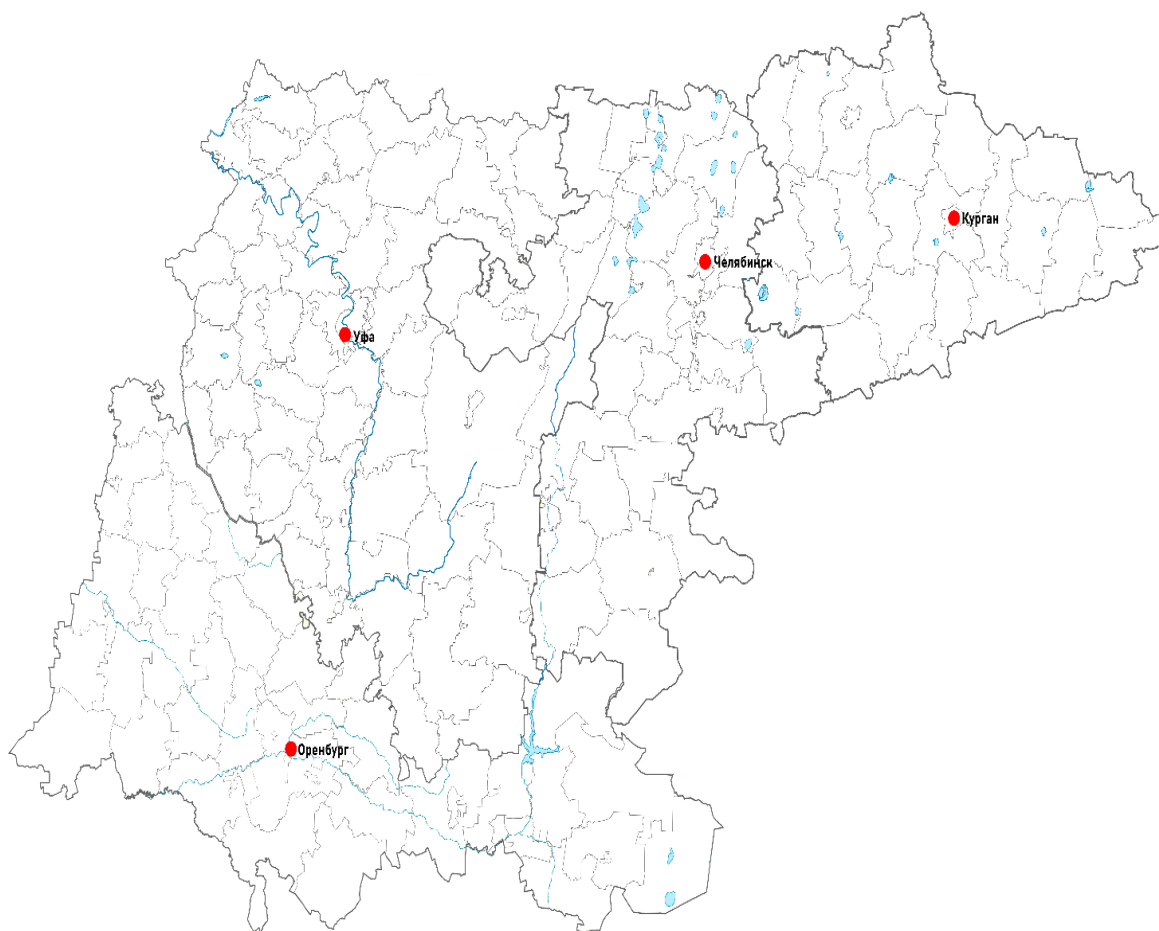


Рис. 1. Карта территории

Обработка данных по концентрациям H_2O и CO выполнена с использованием Python. Исследование проводилось на основе данных за 2023 год. Концентрации измерялись на 27 уровнях атмосферы, от поверхности земли (1-й уровень) до высоких слоев (27-й уровень). Концентрации представлены в ppmv.

Так выглядит представление концентрации озона и азотной кислоты в атмосфере. Показано на рис. 2.

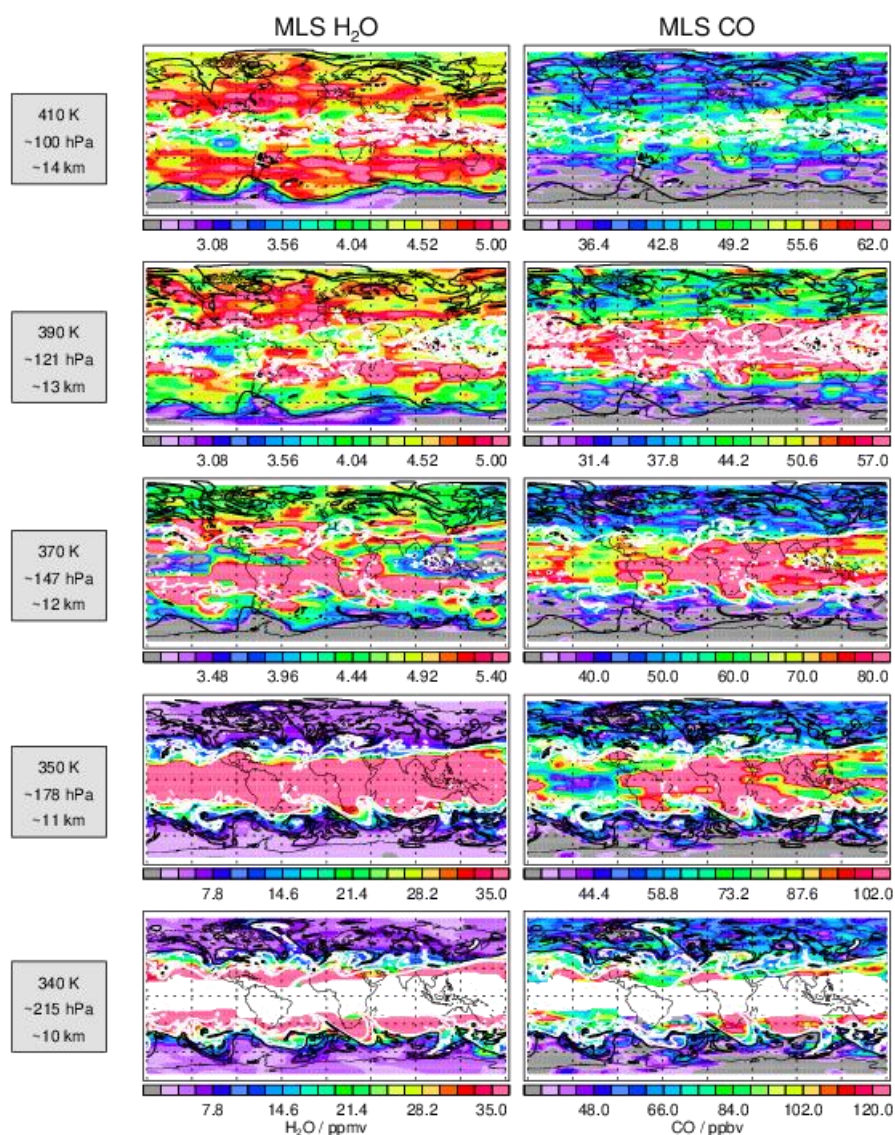


Рис. 2. Представление концентрации веществ за 1 декабря 2023 г.

Концентрации в ppbv. Линиями разделены области разного давления – слева концентрация по водяному пару, Справа – концентрация по угарному газу⁷.

Так выглядит график концентрации водяного пара по уровням – чем больше давление (в гПа) – тем более близко к поверхности. Показано на рис. 3.

⁷ Рис. 2 – изображение взято с сайта Aura MLS.

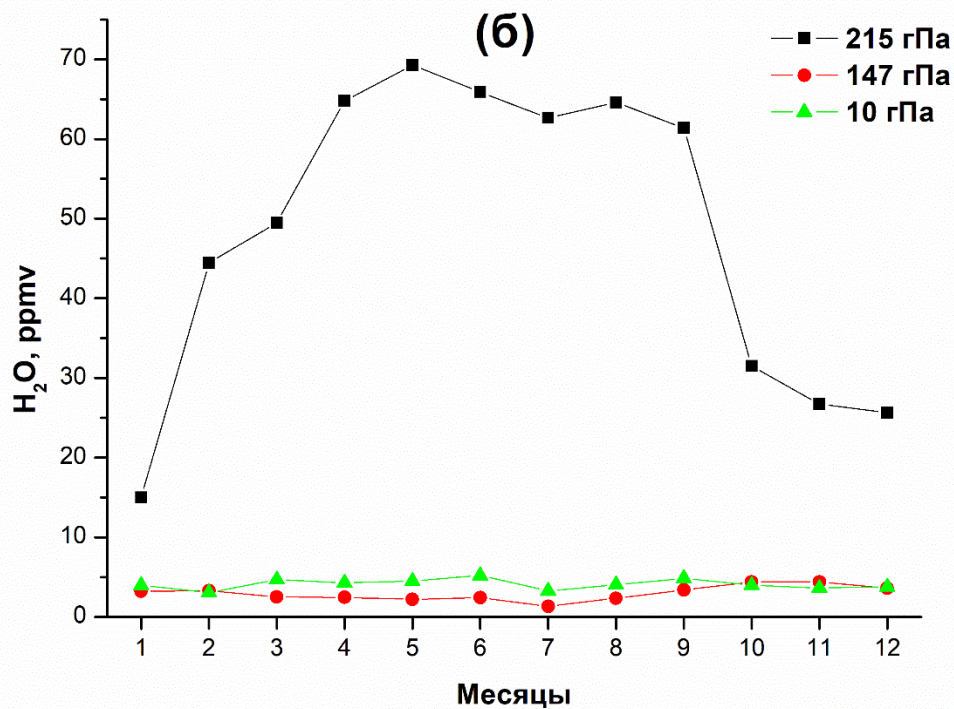


Рис. 3. График концентрации озона в соответствии с давлением по месяцам

Такой же график для угарного газа. Показано на рис. 4.

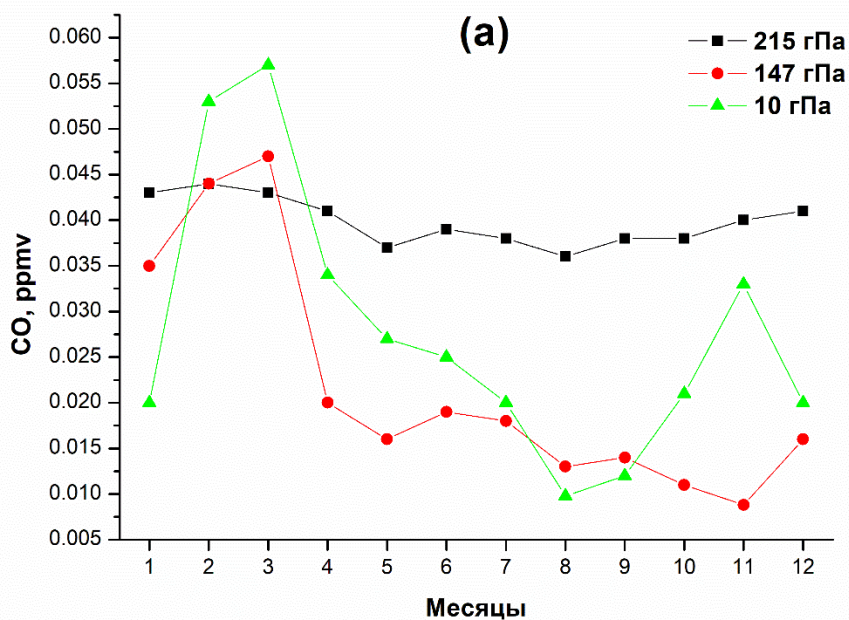


Рис. 4. График концентрации азотной кислоты в соответствии с давлением по месяцам

Полученные данные демонстрируют пространственно-временные особенности концентраций водяного пара и угарного газа на территории Южного Урала. Высокие концентрации СО наблюдаются вблизи промышленных центров, особенно в зимний период, что связано с увеличением выбросов отопительных систем. Динамика Н₂ О показывает сезонные колебания, которые также влияют на тепловой баланс региона.

Использование ГИС в экологическом мониторинге позволяет:

Выявлять источники загрязнения.

Оценивать зоны с превышением предельно допустимых концентраций.

Разрабатывать меры по улучшению экологической ситуации.

ГИС мониторинг водяного пара и угарного газа способствует достижению устойчивого развития, повышению экологической безопасности региона и улучшению качества жизни населения.

Библиографический список

1. Бенедиктов С.И. Геоинформационные системы в экологическом мониторинге / С.И. Бенедиктов. М.: Вестник Евразийской науки 2018, № 2, Том 10. 210 с.
2. Васильев Д.Ю., Лукманов Р.Л., Ферапонтов Ю.И., Чувывров А.Н. Цикличность гидрометеорологических характеристик на примере Башкирии // Докл. РАН. 2012. Т. 447. № 3. С. 331–334.
3. Григорьев В.И. Методы моделирования концентрации загрязняющих веществ в атмосфере / В.И. Григорьев. М.: Фундаментальные исследования, 2017. – № 8 (часть 2) – С. 325–330.
4. Дьяков В.И. Воздействие промышленности на экологию Южного Урала / В.И. Дьяков. Челябинск, 2019. 225 с.
5. Ильин А. П. Динамика концентрации озона и азотной кислоты в различных регионах России / А.П. Ильин. Уфа: [Изд-во], 2018. 190 с.
6. Лобачев, М. Ю., Шевченко, А. А. Загрязнение воздуха и его воздействие на здоровье населения: Теория и практика мониторинга / М.Ю. Лобачев, А. А. Шевченко. Челябинск, 2017. 210 с.
7. Михайлов А.И. Экологические проблемы Южного Урала: загрязнение атмосферы и пути их решения / А.И. Михайлов. Екатеринбург, 2016. 220 с.
8. Николаев Д.И. Экологическое воздействие азотных соединений в атмосфере / Д.И. Николаев. Екатеринбург, 2016. 180 с.

© Сахаутдинов А.А., 2024

С.Р. СУЛТАНОВ

roma_sultanov_2003@mail.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. **С.В. МАКСИМОВ**

Уфимский университет науки и технологий

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ КОМПЬЮТЕРОВ В ЛОКАЛЬНОЙ СЕТИ

Аннотация: в статье описан процесс разработки системы мониторинга состояния компьютеров в реальном времени на базе фреймворка Django. Такая информационная система позволяет упростить процессы наблюдения за работой компьютеров на мероприятиях подобных олимпиадам. Статья показывает архитектуру системы, модуль проверки состояния устройств, а также алгоритмы проверки доступности ip-адресов и обновления интерфейса.

Ключевые слова: мониторинг устройств; информационная система; алгоритм проверки; состояние компьютеров; веб-приложение; локальная сеть.

Современные IT-системы требуют постоянного мониторинга оборудования для обеспечения его бесперебойной работы. Одной из ключевых задач является отслеживание включенных и выключенных устройств в локальной сети. Для решения этой задачи было создано веб-приложение на базе Django, которое обеспечивает мониторинг состояния компьютеров в реальном времени с использованием PostgreSQL для хранения данных. В статье описаны архитектура системы, алгоритмы проверки состояния устройств и процесс отображения результатов через веб-интерфейс.

Приложение включает в себя следующие компоненты:

1. Сервер на Django: ядро приложения для обработки запросов и взаимодействия с базой данных.
2. База данных PostgreSQL: хранит информацию об устройствах (имена компьютеров, IP-адреса, статус: on/off).
3. Модуль проверки состояния: реализован на Python с использованием библиотеки ping3 для проверки доступности IP-адресов.
4. Веб-интерфейс: отображает текущее состояние устройств, используя цвета (зеленый для включенных, красный для выключенных).

Для лучшего понимания работы с базой данных приведу пример структуры таблицы computers:

```
CREATE TABLE computers (
name VARCHAR(100) PRIMARY KEY,
ip_address VARCHAR(15) UNIQUE NOT NULL,
status VARCHAR(10) DEFAULT 'off'
);
```

Перейдем к описанию алгоритмов и начнем с алгоритма проверки состояния компьютеров.

Алгоритм проверки состояния выполняется модулем `clientchecker.py` с периодическим обновлением данных в базе.

Ключевые особенности:

1. Использование `ping3` для ICMP-запросов.
2. Применение многопоточности для параллельной проверки IP-адресов.
3. Обновление статусов устройств в таблице базы данных `computers`.

Пример реализации:

```
def check_ip_availability(ip):
try:
import ping3
status = "on" if ping3.ping(ip, timeout=2) else "off"
except Exception as e:
print(f"Ошибка проверки IP {ip}: {e}")
status = "off"
# Обновление статуса в базе данных
conn = psycopg2.connect(host=db_host, database=db_name, user=db_user,
password=db_password)
cursor = conn.cursor()
cursor.execute(f"UPDATE computers SET status = '{status}' WHERE
ip_address = '{ip}'")
conn.commit()
conn.close()
```

Следующим будет алгоритм, отвечающий за передачу информации в базу данных. Для передачи данных используется функция `update_div_colors`, возвращающая JSON-объект с названиями устройств и их статусами.

Пример функции:

```
@csrf_exempt
def update_div_colors(request):
conn = psycopg2.connect(host=db_host, database=db_name, user=db_user,
password=db_password)
cur = conn.cursor()
cur.execute("SELECT name, status FROM computers")
```



```

computers = cur.fetchall()
response_data = {name: 'green' if status == 'on' else 'red' for name, status in
computers}
return HttpResponse(json.dumps(response_data),
content_type='application/json')

```

Страница веб-приложения позволяет пользователям наблюдать за состоянием устройств в реальном времени. Для обновления данных используется технология AJAX, что исключает необходимость перезагрузки страницы.

Пример AJAX-запроса:

```

Function updateColors() {
fetch('/update_colors/')
.then(response => response.json())
.then(data => {
for (const [name, color] of Object.entries(data)) {
document.getElementById(name).style.backgroundColor = color;
}
});
}
setInterval(updateColors, 5000);

```

В результате работы всех алгоритмов на интерфейсе будут отображаться либо красные блоки (компьютер выключен), либо зеленые (компьютер включен). Пример такого результата можно наблюдать на рис. 1.

test

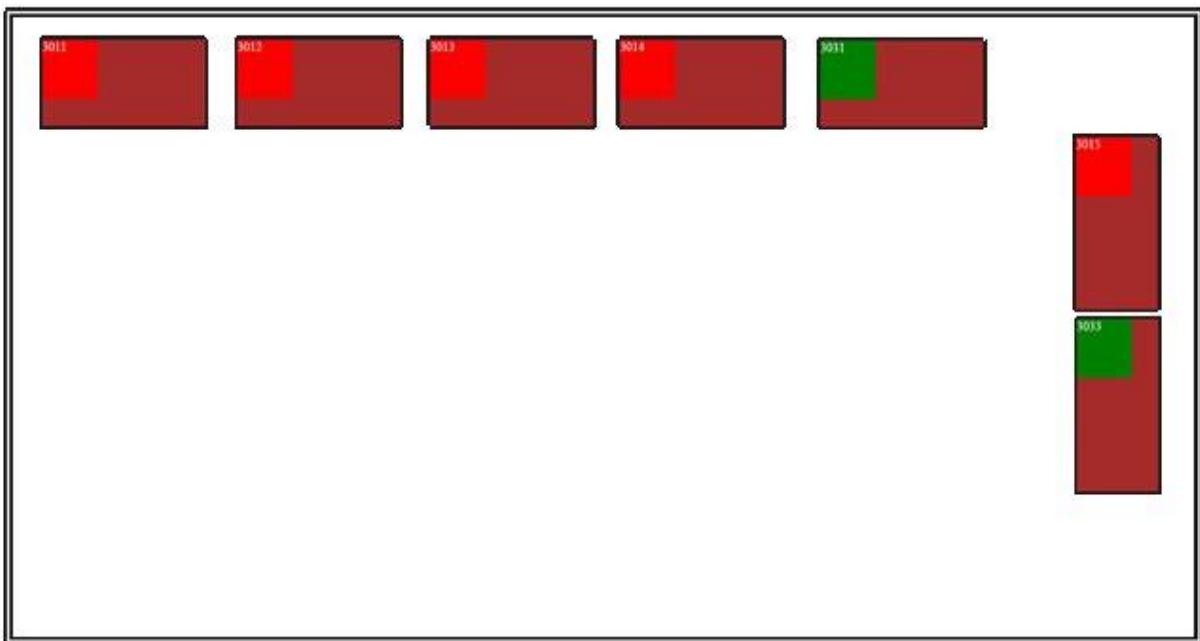


Рис. 1. Пример результата работы алгоритмов

Приложение успешно выполняет мониторинг состояния устройств в локальной сети, предоставляя пользователям простой, но удобный интерфейс.

Преимущества системы:

1. Высокая производительность благодаря многопоточности.
2. Простота настройки и масштабирования.
3. Удобная визуализация данных.

В заключение можно сказать, что данное приложение демонстрирует возможности Django для реализации систем мониторинга. Основной функционал обеспечивает эффективную проверку состояния устройств с минимальной нагрузкой на сервер. Перспективы развития включают расширенные метрики мониторинга и интеграцию с системами оповещения.

Библиографический список

1. Django Documentation: официальная документация фреймворка Django. URL: <https://docs.djangoproject.com>.
2. Obe R.O. PostgreSQL: Up and Running / R.O. Obe, L.S. Hsu . 3-е изд. Sebastopol: O'Reilly Media, 2015. 190 с.
3. Sarker M. O. F. Python Network Programming CookBook / Dr. M. O. Faruque Sarker. 2-е изд. Birmingham: Packt Publishing, 2017. 374 с.

© Султанов Р.В., 2024

Р.Л. ХАФИЗОВ

xafizoff.raf@yandex.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доцент **Н.Н. ЗВЕРЕВА**

Уфимский университет науки и технологий

РАЗРАБОТКА ИНТЕРАКТИВНЫХ КАРТ ФЕРМЕРСТВА НА ОСНОВАНИИ ГИС ТЕХНОЛОГИЙ

Аннотация: научная статья посвящена разработке интерактивных карт фермерства с использованием геоинформационных систем (ГИС), направленных на управление сельскохозяйственными ресурсами и оптимизацию фермерской деятельности. Описан процесс создания системы, выбор и интеграция инструментов визуализации данных, их особенности и преимущества. Рассматриваются методы сбора и обработки данных, структура базы данных, взаимодействие с пользовательским интерфейсом и возможности сохранения и анализа информации.

Ключевые слова: фермерство; геоинформационные системы; ГИС; интерактивные карты; сельское хозяйство.

Введение

Геоинформационные системы (ГИС) играют ключевую роль в управлении, функционировании и развитии сельскохозяйственных территорий. Так таковые геоинформационные системы предоставляют из себя широкий набор инструментов, но ключевым является использование интерактивных карт. Интерактивные карты предоставляют полную картину всех сельскохозяйственных процессов, что делает их незаменимым инструментом для фермеров, агрономов и специалистов в области земельного права. Основная функция ГИС – исследование земельных участков, оценка рисков, мониторинг состояния посевов, а также прогнозирование погодных условий для планирования работ по обработке земель и сбора урожая [1]. Программное обеспечение ГИС предлагает широкие возможности для анализа и представления данных о состоянии зерновых культур, характеристиках почв, потребности в воде и других значимых параметрах, способствуя тем самым эффективному развитию аграрной политики.

Концептуальное проектирование приложения

Создание интерактивных карт для сельского хозяйства на основе ГИС направлено на облегчение управления земельными ресурсами и анализа данных. Цель этих систем – предоставить фермерам удобный инструмент для планирования, мониторинга и контроля землепользования.

Основой архитектуры системы служит централизованная база данных, содержащая информацию о земельных участках: типах почв, видах растений, показателях урожайности, водном балансе и прочих экологических факторах [2]. Грамотное конструирование базы данных, учитывая все особенности системы и данных, которые там хранятся, позволит избежать повторений и быстро предоставлять актуальную информацию пользователям обновлять карту, повышая ее точность и производительность [2]. Система разрабатывается, ориентируясь на несколько пользователей и функций, представленных в виде вариантов использования, показанных на рис. 1. Основные пользователи включают специалиста фермерского хозяйства, руководителя и администратора информационной системы. Далее разберем структуру базы данных:

Дерево функций, предназначенное одному из основных пользователей системы. Структура базы данных представлена на ER-модели на рис. 2, где можно выделить следующие сущности:

Поле: характеризует участки земли, включает атрибуты: ID поля (PK); Название; Площадь; Тип почвы; Местоположение; Статус;

Состав почв: содержит данные о химическом составе почвы, включает атрибуты: ID состава почвы (PK); Поле (FK); Дата сбора данных; Вещество;

СХ культура: информация о выращиваемых культурах на полях, включает атрибуты: ID культуры (PK); Поле (FK); Название; Дата посева; Дата сбора; Состояние; Урожайность; Тип культуры;

История посевов: архив данных о прошлых посевах, включает атрибуты: ID истории (PK); Поле (FK); Название культуры; Дата посева; Дата сбора; Урожайность;

Интеграция данных: сущность для интеграции внешних источников данных, включает атрибуты: ID интеграции (PK); Поле (FK); Тип данных; Дата загрузки; Источник данных.

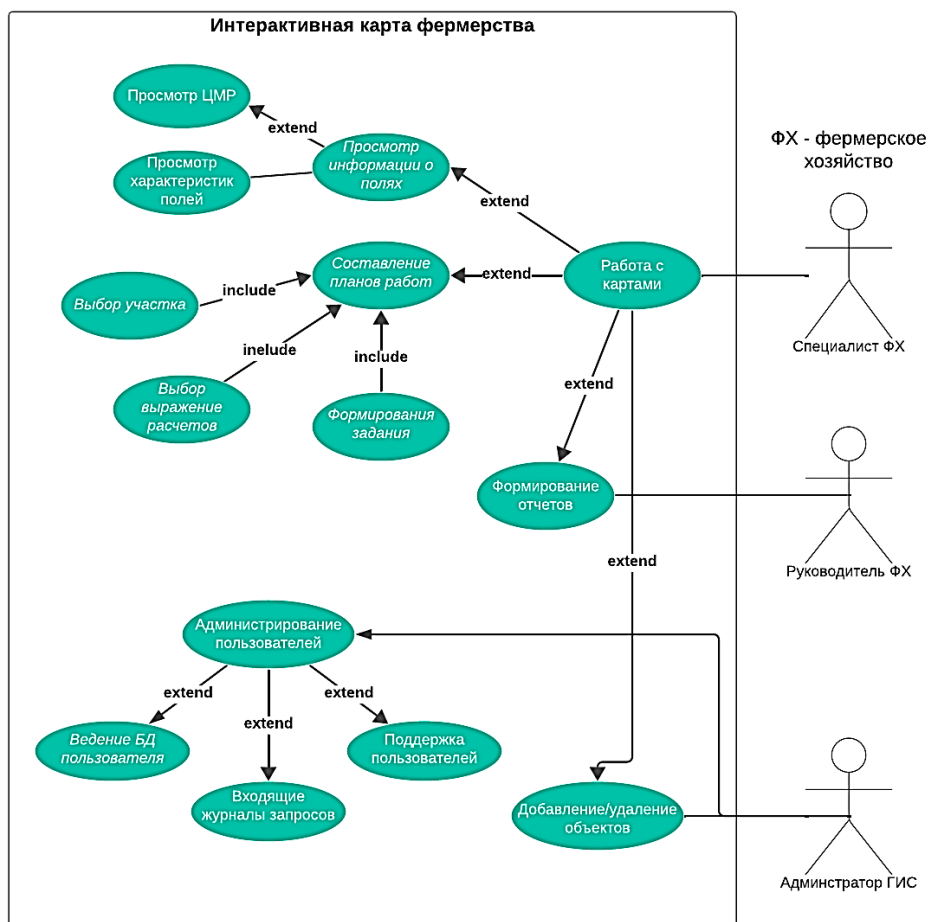


Рис. 1. USE-case диаграмма

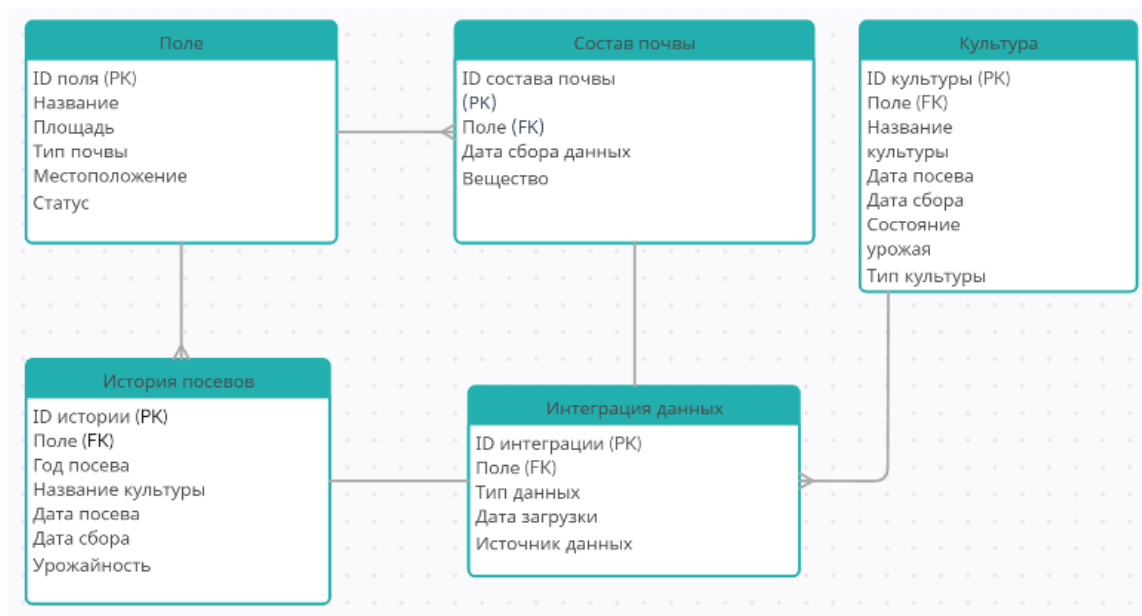


Рис. 2. ER-диаграмма

На рис. 3 представлено дерево функции с точки зрения специалиста фермерского хозяйства.

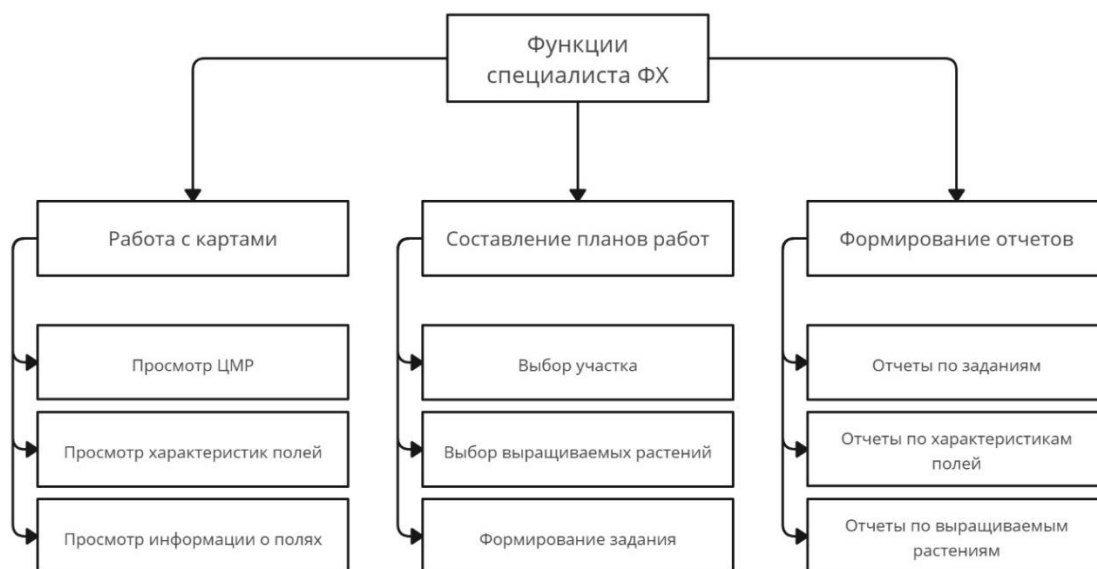


Рис. 3. Дерево функций

Заключение

На текущий момент, мы находимся на этапе проектирования системы. И в рамках ее описания, мы сформировали задачи, которые решает система и отобразили в виде диаграмм. Благодаря этому получится грамотная реализация продукта и его поддержка в рамках всего жизненного цикла.

Библиографический список

1. Бейкер П., & Мейтер Дж. (2014). Аграрные системы: агроэкология и сельские инновации для развития. Академический пресс. С.: 25-56, 102-134, 201–225.
2. Смирнов В.А. (2018). Географические информационные системы в сельском хозяйстве. ИНФРА-М. С: 45-78, 120-145, 198-221
3. Martynov V., Didyk T., Zvereva N., Sharonova J., “Electrical engineering enterprise’s architecture modeling as a basis for its transformation into Industry 4.0”, 2021 International Seminar on Electron Devices Design and Production, SED 2021. Proceedings. 2021. С. 1–8 (Дата обращения 04.11.2024).

© Хафизов Р.Л, 2024

А.А. ШИРОКОВА, Д.А. МИСЮКОВ

ann2002wide@gmail.com, Misukovv05@mail.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доцент, доцент **Ш.М. МИНАСОВ**

Уфимский университет науки и технологий

ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННАЯ МОДЕЛЬ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ОПАСНЫХ УЧАСТКОВ ДОРОГ ПО РЕСПУБЛИКЕ БАШКОРТОСТАН, НАИБОЛЕЕ ПОДВЕРЖЕННЫХ ДТП С УЧАСТИЕМ ДИКИХ ЖИВОТНЫХ

Аннотация: настоящая статья описывает архитектуру информационной системы оповещения об опасных участках дорог по Республике Башкортостан (РБ). Представлена статистика ДТП с дикими животными. Указаны возможные и уже применяемые решения этой проблемы, аргументированно выбрано наиболее возможное и подходящее. Описана технология ООМ, а также ее применение. Представлены возможные перспективы развития системы.

Ключевые слова: ДТП с участием диких животных, геоинформационная система, база пространственных данных, система визуализации данных, диаграмма классов, объектно-ориентированное моделирование.

Актуальность проблемы

ДТП с участием диких животных становится все более актуальной проблемой, включая Республику Башкортостан. Уникальная природа и богатое биологическое разнообразие региона создают условия для ДТП с дикими животными, среди которых наиболее опасны ДТП со взрослыми особями лосей, оленей, кабанов. Редко, но в ДТП попадают еще и медведи. Так, по данным источника [1], с января по сентябрь 2023 г. в общей сложности в 104 ДТП погибло 105 диких. Количество погибших в Республике Башкортостан животных каждого вида показаны на рис. 1.



Рис. 1. Число диких животных, погибших в результате ДТП в Башкирии с 01 января по 15 сентября 2023 г.

По официальным данным Министерства природопользования и экологии Республики Башкортостан [2], в 2024 году ситуация незначительно снизилась: за тот же период в результате ДТП зафиксировано 75 случаев гибели диких животных (рис. 2).

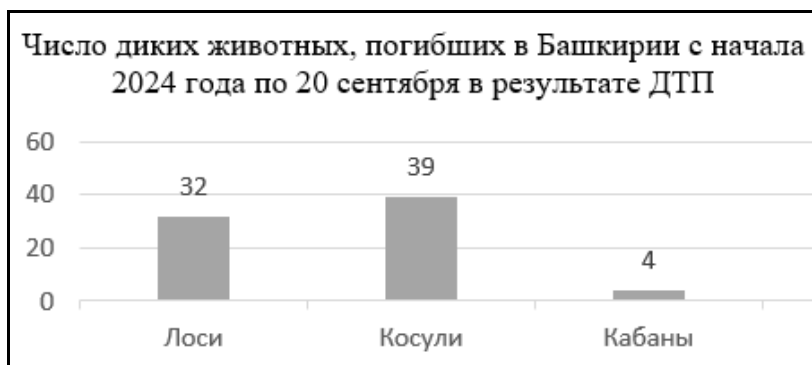


Рис. 2. Число диких животных, погибших в результате ДТП в Башкирии с 01 января по 20 сентября 2024 г.

Тем не менее ДТП с животными представляет собой серьезную угрозу не только для животных, но и для людей. Так по данным сайта gazeta.ru [3], число людей, погибших в ДТП с дикими животными, растет (рис. 3).



Рис. 3. Число людей, погибших в России в результате ДТП с дикими животными за период с 2018 по 2021 г.

Больше всего тяжелых аварий из-за столкновений с животными происходит в Тверской, Ленинградской, Ярославской и Вологодской областях, в Пермском крае и в Республике Башкортостан [3].

Существующие подходы к решению проблемы

Существует множество способов решения проблемы ДТП с участием диких животных: дорожные знаки о скоростном ограничении, дорожные знаки «дикие животные», билборды на опасных участках дорог, число которых, по данным Минэкологии уже достигает 120. Кроме этого, в местах с ограниченной видимостью расставляются специальные ограждения.

Практика применения этих ограничений показала, что дорожные знаки, особенно в темное время суток на пустой дороге, по которой

водители зачастую едут на большой скорости, далеко не всегда могут быть замечены водителем.

Ограждения же, призванные ограничить животным доступ к проезжей части, недостаточно эффективны. Звери, напуганные шумом автомобиля, ведут себя крайне непредсказуемо, могут оббежать забор, либо же – перепрыгнуть через него, также подвергая себя опасности травмирования, а также создания опасной ситуации на проезжей части.

Именно поэтому настоящая проблема требует альтернативных решений. Согласно [4], одним из решений проблемы ДТП с участием диких животных является создание специализированной геоинформационной системы (ГИС), которая позволила бы водителям заранее быть осведомленными об опасных участках дорог, а также о перемещении зверей по территориям.

Одним из возможных путей уменьшения числа ДТП является более активное информирование водителей об опасных участках дорог средствами ГИС. Идеальным вариантом было бы звуковое предупреждение водителя о том, что он въехал в зону, в которой либо чаще всего происходят ДТП с животными, либо в данный момент на этом участке находится их большое количество.

Первая проблема, которую необходимо решить, – реализовать систему, которая могла бы хранить, обрабатывать и представлять данные для водителей. В результате сотрудничества с Минэкологии были получены данные о почти 120 опасных по вероятности ДТП с участием диких животных на территории Республики Башкортостан.

Объектно-ориентированная модель ИС

В данном случае одним из самых эффективных и оправданных решений было бы применение объектно-ориентированного моделирования (ООМ). Согласно источнику [5], он значительно упрощает, а также детализирует структуру модели будущей системы.

Прежде всего, ООМ предназначено для реализации архитектуры именно программного продукта. Любая ГИС всегда предполагает работу с пространственными данными, и, чаще всего, – объектами.

В настоящей ситуации перечень важных для системы объектов выглядит следующим образом:

- муниципальный район;
- населенный пункт;
- дорога;
- опасный участок дороги;
- документация об опасном участке дороги.

Каждый из перечисленных пространственных объектов должен быть реализован как модель объекта реального мира, ограничившись атрибутами и операциями в рамках реализуемой модели, дабы не допустить избыточности данных в целях экономии различных ресурсов,

включая денежные, временные и многие другие. Они обязательно должны обладать пространственной привязкой по широте и долготе. Именно поэтому в системе должен существовать универсальный вспомогательный объект, который может решить эту проблему – *точка*, которая сама по себе будет обладать широтой и долготой, но также и быть привязанной к объектам, перечисленным ранее.

Так как объекты должны беспрепятственно взаимодействовать друг с другом, необходимо создать перечень вспомогательных объектов, реализующих собой связь реляционной модели «многие-ко-многим»:

- точка объекта;
- документация опасного участка дороги.

ООМ позволяет на этапе моделирования системы представить не только физическую модель данных будущей базы, но и методы взаимодействия объектов не только между ними, но и между пользователем системы и этими объектами.

Таким образом, ООМ позволяет на этапе составления физической модели базы дополнительно отчасти описать функционал системы и даже некоторые интерфейсные взаимодействия с пользователем.

Идеальным видом диаграммы для такого подхода является диаграмма классов [6]. Согласно стандартам ее реализации [7], каждый из перечисленных выше объектов необходимо представить как класс с его собственными атрибутами и методами, а также – связями между этими объектами.

С учетом всей информации, представленной выше, была реализована диаграмма классов системы (рисунок 4), которая будет призвана реализовать следующие (укрупненные) функции:

- работа с атрибутивными и пространственными данными о муниципальных районах;
- работа с атрибутивными и пространственными данными о населенных пунктах;
- работа с атрибутивными и пространственными данными о дорогах;
- работа с атрибутивными и пространственными данными об опасных участках дороги;
- работа с документацией об опасных участках дороги.

Также система, благодаря объектно-ориентированному подходу к ее реализации, позволит инкапсулировать ее функции и представить среднестатистическому пользователю, а именно, – водителю, необходимый минимум функций, среди которых:

- получение информации о расположении опасных участков дорог;
- получение доступа к части документации об этих участках;
- получение уведомлений о том, что водитель находится на территории опасного участка (в том случае, если водитель даст согласие на использование системой данных о его расположении).

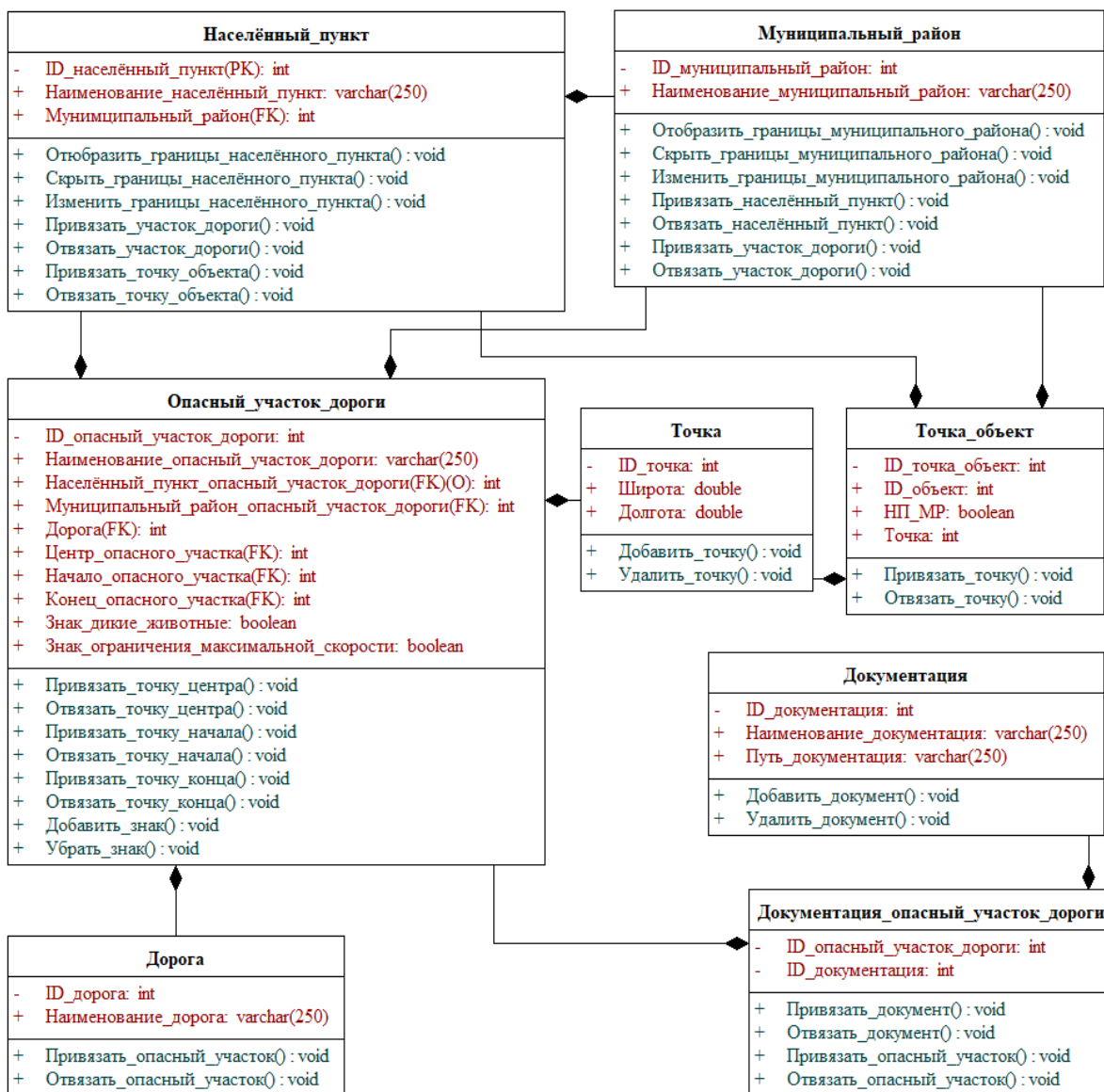


Рис. 4. Диаграмма классов системы

Заключение

В работе проведен анализ статистики гибели в результате ДТП с дикими животными как самих зверей, так и людей, участвовавших в ДТП, который подтвердил актуальность задачи предупреждения участников дорожного движения об опасности столкновения с дикими животными.

Рассмотрены возможные и уже применяемые решения этой проблемы, которые, как показывает практика, недостаточны и требуют разработки новых подходов в качестве дополнения к имеющимся.

Выявлены новые возможные решения, которые еще не были реализованы на практике для решения проблемы обеспечения безопасности дорожного движения в части ДТП с дикими животными, из которых, по мнению авторов, выбрано наиболее эффективное.

На основе технологии ООМ описана диаграмма классов системы, позволяющая реализовать обработку данных для решения задачи

снижения числа случаев ДТП с дикими животными. Примененная в работе технология описания моделей активно применяется в настоящее время [8] и доступна специалистам в области информационных технологий.

Реализация программного обеспечения на основе разработанной модели в дальнейшем предусматривает разработку административной и пользовательской подсистем. Административная подсистема может быть реализована в виде интернет-приложения для рабочей станции, в то время как для участников дорожного движения, наиболее подходящим решением является приложение для мобильного устройства. При этом необходимо учесть отсутствия полного покрытия связью отдельных территорий, т. е. предусмотреть механизм предварительной загрузки данных при планировании поездки.

Библиографический список

1. С начала 2023 года в Башкирии зарегистрировано 104 ДТП с участием диких животных. URL: https://vk.com/wall-219269683_8241 (дата обращения: 10.11.2024).
2. С начала 2024 года зафиксировано 75 случаев гибели диких животных на дорогах Башкортостана. URL: <https://ecology.bashkortostan.ru/presscenter/media/659071/> (дата обращения: 10.11.2024).
3. В России резко возросла смертность в ДТП с животными. URL: <https://www.gazeta.ru/auto/news/2022/02/11/17274709.shtml> (дата обращения: 10.11.2024).
4. Решение проблемы дорожно-транспортных происшествий с участием диких животных. URL: <https://science-pedagogy.ru/ru/article/view?id=1901> (дата обращения: 10.11.2024).
5. Разработка геоинформационных систем с использованием методов объектно-ориентированного программирования / Т.В. Сафонова, А.В. Мокряк, Н.В. Яготинцева [и др.] // Наукосфера. 2023. № 9-2. С. 136–141. EDN LDTVZD.
6. Диаграмма классов (Class diagram) URL: <https://docs.ensi.tech/analyst-guides/tools/diagrams/uml/class-diagram> (дата обращения: 10.11.2024).
7. UML Class Diagram Tutorial URL: <https://www.visual-paradigm.com/guide/uml-unified-modeling-language/uml-class-diagram-tutorial/> (дата обращения: 10.11.2024).
8. Design a Building Information Modeling (BIM) project concept in combination with foundation monitoring on the example of the Abu Dhabi Plaza construction project / A. Buranbayeva, A. Zhussupbekov, R. Nursafin, K. Badashvili // Вестник Евразийского национального университета имени Л.Н.Гумилева. Серия: Технические науки и технологии. 2022. No. 1(138). – P. 23–33. DOI 10.32523/2616-7263-2022-138-1-23-33. EDN KNCOTQ.

СЕКЦИЯ 5.6 АНАЛИЗ, ОБРАБОТКА И МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ

УДК 004.55

Д.М. ВАХИТОВ

zehiro@yousoro.ru

Науч. руковод. – старший преподаватель **С.Ю. МАКАРОВА**

Уфимский университет науки и технологий

РАЗРАБОТКИ АЛГОРИТМА ДЛЯ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНЫХ ЛОКАЦИЙ ТОРГОВЫХ ТОЧЕК С УЧЕТОМ ФАКТОРОВ ТРАФИКА, СЕЗОННОСТИ, НАЛИЧИЯ КОНКУРЕНТОВ И ДРУГИХ ПАРАМЕТРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТЬ МЕСТА

Аннотация: в статье представлен алгоритм оценки привлекательности локаций для размещения торговых точек, учитывающий технические и инфраструктурные особенности, трафик, расположение, сезонность и конкурентное окружение. Алгоритм позволяет определить рейтинг привлекательности места и его коммерческую перспективу с учетом значимых показателей: конверсий, наличия объектов поблизости, сезонных коэффициентов, характеристик входа и других факторов, влияющих на посещаемость и выручку. Предложенный подход позволяет предпринимателям обоснованно выбирать места для запуска новых точек, учитывая многокритериальные данные.

Ключевые слова: аналитика трафика; выбор локации; торговые точки; коммерческая привлекательность; алгоритм оценки; сезонность; конкурентное окружение; инфраструктурные показатели; коэффициенты конверсии; прогноз выручки.

В условиях высокой конкуренции и насыщенности рынка успешное открытие новой точки требует от предпринимателей внимательного анализа и учета множества факторов, влияющих на потенциальный поток клиентов и прибыль. Основные сложности заключаются в том, что выбор места для торговой точки требует обработки большого объема данных: от показателей трафика и плотности населения до анализа сезонности и близости конкурентов. В условиях городского пространства большое значение имеет точное определение «выгодной» локации, которая обеспечит высокий уровень проходимости и даст компании конкурентное преимущество.

Сегодняшние аналитические системы предлагают комплексные инструменты, однако, они не всегда доступны для малого и среднего

бизнеса. Это приводит к потребности в удобных и специализированных решениях, позволяющих предпринимателям и менеджерам по развитию принимать информированные решения на основе значимых критериев, оценивать перспективность места для открытия точки и минимизировать риски, связанные с неверным выбором локации.

В качестве варианта решения упомянутых проблем предлагается разработка алгоритма, помогающего бизнесу принимать решения о выборе локации для новой точки на основе автоматического анализа данных. Алгоритм учитывает широкий спектр факторов, включая инфраструктурные и технические параметры, трафик, расположение, влияние конкурентов и сезонные колебания, и предлагает наиболее выгодные для размещения точки на карте города.

Для решения задачи выбора оптимальной локации для торговой точки был разработан алгоритм, включающий многоступенчатый анализ множества факторов, влияющих на ее привлекательность. Основой алгоритма является последовательная оценка различных характеристик, которые имеют решающее значение для успешного функционирования будущего бизнеса. Включение многокритериального анализа позволяет сделать выбор, основанный не только на количественных показателях, но и на субъективной экспертной оценке. Ниже представлено подробное описание этапов работы алгоритма.

1. Сбор исходных данных

На первом этапе пользователю предлагается ввести ключевые параметры, которые будут использоваться для оценки локации. Входные параметры включают:

– трафик (d): Тип потока людей в районе локации, характеризуемый, например, в числовом выражении или типе ("высокий", "средний", "низкий");

– инфраструктурные параметры (e): Технические характеристики, такие как наличие парковки (e_1), доступность канализации (e_2), электричества (e_3) и других критически важных для бизнеса элементов;

– экономические параметры (f): сюда входят данные об аренде (f_1), оценка предполагаемых расходов (f_2), а также прогнозируемая валовая выручка (f_3);

– конкурентное окружение (g): учитывается плотность и количество конкурентов в районе, а также наличие других объектов, которые могут оказывать положительное влияние на поток клиентов (например, близость к торговым центрам).

2. Определение функций расчета

Алгоритм использует несколько ключевых математических функций для оценки привлекательности локации:

– расчет валовой выручки (m). Формула для прогнозируемой валовой выручки локации представляет собой совокупность множителей,

включающих трафик, инфраструктурные параметры и сезонные коэффициенты:

Формула для прогнозируемой валовой выручки локации представляет собой совокупность множителей, включающих трафик, инфраструктурные параметры и сезонные коэффициенты:

$$m = d \times f_1 \times j \times (1 + e_1 \times 0.2 + e_2 \times 0.1 + e_3 \times 0.1)$$

Здесь j – коэффициент сезонности, учитывающий, насколько период года влияет на посещаемость торговой точки (например, высокий сезон или низкий).

– формула конверсии (l). Конверсия (l) показывает вероятность того, что человек из потока (d) станет клиентом. Конверсия зависит от привлекательности места, видимости, уровня конкуренции и других факторов:

$$l = d \times e_3 \times (1 - g \times 0.5)$$

Здесь e_3 – доступность объекта (например, наличие удобного входа и видимости с улицы), а g – параметр конкурентного окружения.

– итоговая оценка привлекательности (n) рассчитывается с учетом всех собранных данных и их весов. Веса (k, l, m) определяют, насколько тот или иной параметр важен для конечного выбора:

$$n = (m \times k_m) + (l \times k_l) + (e_3 \times k_e)$$

Весовые коэффициенты могут корректироваться в зависимости от типа бизнеса и целей предпринимателя.

3. Корректировка через экспертный коэффициент

На этом этапе итоговая оценка (n) корректируется с учетом экспертного коэффициента (o). Этот коэффициент позволяет учитывать субъективные факторы, которые невозможно учесть количественно:

$$n' = n \times o$$

Экспертный коэффициент (o) представляет собой множитель, который может либо повышать, либо понижать итоговую оценку (n) в зависимости от специфических факторов, таких как текущие дорожные работы, близость к специфическим объектам (например, школа или больница), которые могут оказывать влияние на поток клиентов.

4. Вывод результата и визуализация

На финальном этапе пользователь получает визуализацию результата. Результаты отображаются на карте города, где представлены наиболее выгодные для открытия места. Пользователь видит рейтинг районов и может выбирать из рекомендованных локаций.

– на карте отображаются как точки с высоким рейтингом (например, $n \geq 0.8$), так и локации, требующие доработки (например, с низким n' , которые требуют улучшения инфраструктуры);

– также пользователь может просматривать графики и отчеты, которые дают подробное понимание того, какие именно параметры сделали данную точку привлекательной или, наоборот, менее подходящей.

Для более наглядного представления работы алгоритма ниже приведен пример вычислений с использованием гипотетических данных.

Таблица 1

Параметры	Обозначение	Значение
Трафик (тип потока людей)	d	500 человек в день
Наличие парковки	e_1	1 (да)
Доступность канализации	e_2	1 (да)
Стоимость аренды	f_1	50 000 рублей в месяц
Коэффициент сезонности	j	1.2 (высокий сезон, характеризующийся пиковым спросом, например, на 20 % выше обычного уровня в период максимального спроса)
Плотность конкурентов	g	0.8 (умеренная плотность)
Доступность объекта (видимость)	e_3	0.9
Экспертный коэффициент	o	1.1 (положительное влияние факторов)

Расчет валовой выручки (m):

$$m = 500 \times 50000 \times 1.2 \times (1 + 1 \times 0.2 + 1 \times 0.1 + 0.9 \times 0.1) = 39\,000\,000;$$

$m = 39\,000\,000$ рублей.

Расчет конверсии (l):

$$l = 500 \times 0.9 \times (1 - 0.8 \times 0.5) = 225;$$

$l = 225$ человек в день.

Итоговая оценка привлекательности (n):

$$n = (39\,000\,000 \times 0.5) + (225 \times 0.3) + (0.9 \times 0.2) = 19\,500\,067.18$$

Корректировка с экспертным коэффициентом (n'):

$$n' = 19\,500\,067.18 \times 1.1 = 21\,450\,073.90;$$

Таким образом, на основе проведенных вычислений можно сделать вывод, что данная локация имеет высокий рейтинг привлекательности и подходит для открытия новой торговой точки. Высокий рейтинг обусловлен несколькими факторами: высоким уровнем трафика (500 человек в день), положительным влиянием инфраструктурных параметров (наличие парковки, канализации, видимости), а также коэффициентом

сезонности, увеличивающим посещаемость на 20 %. Число 21 450 073.90 представляет собой итоговый показатель привлекательности локации, учитывающий все перечисленные метрики. Это значение демонстрирует совокупную оценку, которую можно использовать для сравнения с другими локациями. Для более глубокого понимания можно рассчитать разницу (дельту) между значениями показателей, чтобы понять, как каждое из них повлияло на итоговую оценку привлекательности.

Рассмотрим локацию с менее благоприятными условиями. Предположим, что трафик (d) составляет 100 человек в день, парковки нет ($e_1 = 0$), канализация недоступна ($e_2 = 0$), видимость объекта также снижена ($e_3 = 0.5$), а плотность конкурентов высока ($g = 1$). Стоимость аренды (f_1) осталась на прежнем уровне – 50 000 рублей в месяц, коэффициент сезонности (j) составляет 0.8 (низкий сезон), а экспертный коэффициент (o) равен 0.9 (негативное влияние).

Расчет валовой выручки (m):

$$m = 100 \times 50000 \times 0.8 \times (1 + 0 \times 0.2 + 0 \times 0.1 + 0.5 \times 0.1) = 4\,200\,000;$$

Расчет конверсии (l):

$$l = 100 \times 0.5 \times (1 - 1 \times 0.5) = 25;$$

Итоговая оценка привлекательности (n):

$$n = (4\,200\,000 \times 0.5) + (25 \times 0.3) + (0.5 \times 0.2) = 2\,100\,007.85;$$

Корректировка с экспертным коэффициентом (n'):

$$n' = 2\,100\,007.85 \times 0.9 = 1\,890\,007.07$$

Таким образом, данная локация имеет низкий рейтинг привлекательности из-за слабого уровня трафика, отсутствия инфраструктуры и высокого уровня конкуренции. Число 1 890 007.07 является итоговой оценкой привлекательности, которая демонстрирует низкую привлекательность данной локации по сравнению с предыдущим примером с высоким рейтингом.

Разработанный алгоритм оценки привлекательности локации позволяет комплексно анализировать различные параметры, такие как трафик, инфраструктурные особенности, сезонность и конкуренцию. Итоговая оценка привлекательности, полученная на основе многокритериального анализа и корректировки через экспертные коэффициенты, помогает предпринимателям обоснованно выбирать лучшие места для открытия торговых точек. Примеры, представленные в статье, показывают, как изменение ключевых параметров может значительно повлиять на привлекательность локации.

Разработанный алгоритм будет использоваться в веб-сервисе для корреляции и ранжирования локаций по привлекательности, что позволит пользователям принимать обоснованные решения по выбору наилучших мест для новых торговых точек, снижая риски, связанные с неудачным выбором. Алгоритм может быть адаптирован под различные виды бизнеса,

учитывая специфические потребности, и применен для автоматизации принятия решений в условиях высокой конкуренции и ограниченных ресурсов. Таким образом, предложенный подход представляет собой практическое и эффективное решение для поддержки принятия решений в сфере планирования и развития бизнеса.

Библиографический список

1. Редкин А.В. Методы анализа трафика в городской среде для повышения эффективности розничной торговли // Вестник Московского университета. Серия 3. География. 2021. № 4. С. 56–67.
2. Шеметов А.Н. Алгоритмы и методы анализа данных для выбора оптимальных торговых локаций // Журнал экономической теории и практики. 2020. № 2. С. 98–104.
3. Иванов М.С. Стратегическое планирование расположения объектов торговли на основе геомаркетингового анализа // Российский журнал менеджмента. 2019. № 1. С. 77–83.

© Вахитов Д.М., 2024

Р.М. ГАЛИУЛЛИН

klmj@bk.ru

Науч. руковод. – старший преподаватель **С.Ю. МАКАРОВА**

Уфимский университет науки и технологий

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К АНАЛИЗУ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ В ТАРГЕТИРОВАННОЙ РЕКЛАМЕ

Аннотация: в статье обзревается современные технологии и методы анализа пространственных данных, применяемых в таргетированной рекламе. Рассмотрены основные подходы к сбору и обработке геоданных, анализ существующих платформ и инструментов, определены ключевые тенденции отрасли. Рассмотрены проблемы и ограничения существующих решений.

Ключевые слова: пространственные данные; таргетированная реклама; геотаргетинг; анализ данных.

Введение

Размещение рекламы с учетом геолокации позволяет нацеливать рекламные кампании на конкретные территории. Многие компании недооценивают эту возможность, предпочитая традиционные способы продвижения, что может приводить к потере потенциальных клиентов. С ростом объемов данных и развитием цифровых технологий открываются новые перспективы для более эффективного использования таргетированной рекламы. В статье рассмотрены методы геотаргетинга.

Механизм сбора данных для геотаргетинга

Для геотаргетинга используются данные о поведении и передвижениях пользователей, которые собираются через мобильных операторов, GPS, IP-адреса, Wi-Fi и Bluetooth. Это позволяет определить, где человек живет, работает, учится, какими маршрутами он пользуется, а также где проводит свободное время. Такая информация помогает настраивать рекламу под конкретные местоположения и более тонко подбирать целевую аудиторию для компаний.

Преимущества для локальных бизнесов

Геотаргетинг особенно полезен для локальных ритейлеров и предприятий, для которых важна шаговая доступность. Так, например, кафе, расположенное в определенном районе, может настраивать рекламу на жителей ближайших улиц или тех, кто регулярно бывает поблизости.

Инструменты геомаркетинга

Существуют несколько видов инструментов геомаркетинга.

Можно использовать аналоговые инструменты:

Наружная реклама. Включает в себя билборды, рекламу на стенах здания, плакаты на улицах или в торговых центрах. Этот формат пользуется спросом, но есть существенные недостатки. Большие баннеры – это дорого. Маленьких баннеров недостаточно. А также не стоит забывать, что люди зачастую не замечают и проходят мимо рекламных стоек.

Промоутеры. Нанимаются люди, которые раздают листовки на улицах с информацией. Но, зачастую, большая часть флаеров отправляется в ближайшую урну: людям неинтересна информация на флаере, они просто хотят помочь промоутеру в выполнении его работы.

Аэромены. Большие надувные фигуры на улицах, зачастую стоят перед самим магазином. Интересное решение, которое сразу привлекает много внимания. Недостатками являются сильная зависимость от видимости фигуры, проходимости места и потребностями клиента в текущий момент времени.

Аналоговые методы не позволяют точно сегментировать аудиторию, что делает их менее эффективными по сравнению с современными цифровыми инструментами.

Рекламная сеть Яндекса. Позволяет настраивать показ рекламы по регионам, а также создавать сегменты на основе нескольких локаций.

ВКонтакте и MyTarget. Эти платформы предоставляют возможность показывать рекламу пользователям, находящимся в радиусе от 500 до 10 000 метров от выбранной точки на карте

Telegram Ads. В отличие от предыдущих, этот инструмент настраивает рекламу лишь на основе языковых данных, что ограничивает его использование для геотаргетинга.

Данные мобильных операторов. Благодаря большим данным можно старгетироваться на людей в локации с большей точностью.

Большинство цифровых инструментов ориентированы на активных пользователей интернета, что делает их весьма эффективными, но одновременно ограничивает охват. К тому же, многие пользователи используют VPN для защиты своих данных, что усложняет точное определение их местоположения. В этом контексте наиболее точным источником информации о геопозиции остаются данные мобильных операторов.

Люди в течении всего дня перемещаются по городу, при этом телефон человека переключается с одной вышки на другую. По этим перемещениям можно отследить передвижение человека, где он живет, работает, учится. Например, если человек каждые будние дни в одно и то же время куда-то едет, то скорее всего это учеба или работа.

Также существуют сервисы, сотрудничающие с банками, торговыми центрами, операторами и получают массивы информации для более точечной настройки рекламы.

Примером такого сервиса является Stream Target, который использует данные мобильных операторов страны и данные других партнеров.

Заключение

В отличие от традиционных аналоговых методов, цифровые инструменты более гибкие и точные, а также легче поддаются прогнозированию. Однако стоит учитывать, что цифровые методы могут не охватить всю аудиторию. Например, старшее поколение менее активно использует интернет, а широкое распространение VPN может снижать точность геолокации.

Одним из самых эффективных решений остается геотаргетинг, основанный на больших данных мобильных операторов. Этот подход позволяет с высокой точностью охватывать целевую аудиторию, так как основывается на реальных перемещениях пользователей. В целом, использование пространственных данных в рекламе открывает перед компаниями новые возможности для персонализированного взаимодействия с клиентами, что способствует повышению эффективности рекламных кампаний.

Библиографический список

1. Почему маркетологам стоит включить таргет от операторов в бюджеты: [сайт] // Stream Target. URL: <https://stream-target.ru/pochemumarketologamstoit-vklyuchit-target-ot-operatorov-v-byudzhety> (дата обращения: 17.11.2024).
2. Торлюн М. Секреты геотаргетированной рекламы или как дешево и эффективно рекламировать свою компанию с учетом ее местоположения: [сайт] / М. Торлюн // vc.ru. 2019. 27 февр. URL: <https://vc.ru/marketing/59697-sekrety-geotargetirovannoi-reklamy-ili-kak-deshevo-i-effektivno-reklamirovat-svoyu-kompaniyu-s-uchetom-ee-mestopolozheniya> (дата обращения: 17.11.2024).
3. Николаев Р. Геотаргетинг в рекламе: чем уже, тем лучше: [сайт] / Р. Николаев // vc.ru. 2024. 16 янв. URL: <https://vc.ru/marketing/982558-geotargeting-v-reklame-chem-uzhe-tem-luchshe?ysclid=m31fz3jdzm16720910> (дата обращения: 17.11.2024).
4. Геотаргетинг и локализация рекламных объявлений: [блог] // SMM-агентство. URL: <https://smm-agentstvo.ru/blog/geotargeting-i-lokalizaciia-reklamnykh-objevavlenii/?ysclid=m31gbjuzjz80786784> (дата обращения: 17.11.2024).
5. Что такое геотаргетинг и как его настроить: [сайт] // ads.vk.com. 2023. 9 сент. URL: <https://ads.vk.com/insights/что-такое-geotargeting> (дата обращения: 17.11.2024).

© Галиуллин Р.М., 2024

И.Т. ГАРИЕВ

garievi2003@mail.ru

Науч. руковод. – старший преподаватель **С.Ю. МАКАРОВА**

Уфимский университет науки и технологий

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ АГРОНОМИЧЕСКОГО УЧЕТА И ПЛАНИРОВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАБОТ

Аннотация: статья посвящена разработке информационной системы, которая позволяет автоматизировать агрономический учет и планирование сельскохозяйственных мероприятий. В систему интегрированы различные функциональные модули для мониторинга посевов, учета использования ресурсов, планирования агротехнических мероприятий, прогнозирования урожайности, планирования всех затрат и более эффективного формирования бюджета для агрокомплекса. Система благодаря использованию современных информационных технологий позволяет оптимизировать процесс планирования, учета и контроля в агрономии, а также повысить точность получаемых данных, улучшить распределение работ на различных этапах сельскохозяйственного производства и снизить затраты на ресурсы. Ожидаемый результат внедрения – улучшение эффективности управления сельскохозяйственными предприятиями и их экономической устойчивости.

Ключевые слова: автоматизация учета; агрономический мониторинг; планирование сельскохозяйственных работ; управление данными; визуализация данных; картографический интерфейс; прогнозирование урожайности; атрибутивные данные; цифровизация сельского хозяйства.

В современных условиях многие сельскохозяйственные предприятия сталкиваются с проблемой фрагментации данных, когда информация о посевах, агрономических мероприятиях, использовании ресурсов и погодных условиях хранится в различных системах, базах данных и документах [1]. Такая децентрализация данных затрудняет их обработку, анализ и актуализацию, что может привести к неэффективному управлению ресурсами и ошибкам в принятии решений. Эти проблемы особенно остро ощущаются в аграрном секторе, где необходимо иметь быстрый доступ к точной информации для эффективного планирования и мониторинга сельскохозяйственных работ.

Цель данной работы – разработка информационной системы для автоматизации агрономического учета и планирования сельскохозяйственных работ, которая даст возможность внести данные о посевах, ресурсах и

агротехнических мероприятиях в единую платформу. Система может обеспечить точность и актуальность информации, улучшить процесс планирования и мониторинга, а также предоставить удобные инструменты для анализа данных и принятия оперативных решений. Разработка интегрируется с источниками данных и использует современные технологии для их обработки и визуализации.

Основные задачи проекта:

1. Разработка базы данных в том числе и базы геоданных. Система должна обеспечить доступ к собранной и внесенной информации и своевременно обновлять ее. Пользователь платформы может получить централизованное управление данными о состоянии полей, посевах, использовании ресурсов и прогнозу погоды для получения максимальной урожайности [2];

2. Создание интерфейса для планирования и мониторинга сельскохозяйственных процессов. Разработка удобного и простого интерфейса для пользователей, который позволит управляющим лицам составлять план обработки земель и следит за ходом их выполнения, а механизаторам отсчитываться о завершении сельскохозяйственных работ на том или ином участке и ознакомится со следующими указаниями;

3. Реализация набора инструментов для обработки и анализа агрономических данных и прогнозирования будущих объемов урожая. Система должна включать инструменты для сбора статистических данных на основе проведенных работ на сельскохозяйственных угодьях о состоянии посевов для того, чтобы агроном смог внести корректировки в операции, проводимые на полях. Это поможет не допустить ошибок при проведении и планировке работ, снизить затраты и повысить урожайность;

4. Обеспечение безопасности данных и управления доступом. Добавление механизмов защиты информации и предоставление различных уровней доступа, позволяющих разграничить права пользователей в зависимости от их должностей в информационную систему. Это обеспечит безопасное хранение конфиденциальных сведений и увеличение уровня надежности данных.

Разработка информационной системы для автоматизации агрономического учета и планирования сельскохозяйственных работ реализует уникальные возможности для внедрения данных из различных источников и их комплексного анализа. Она значительно упрощает обработку полученных сведений тем самым ускоряя скорость принятия решений для получения более высоких результатов в производстве. Такая информация может позволить агрокомплексам значительно снизить затраты за счет более рационального использования расходных материалов и получения больших объемов урожая благодаря правильному подходу к обработке земли.

Многоуровневая платформа системы обеспечивает наиболее правильный подход к анализу данных, учитывая различные сельскохозяйственные культуры, тип почвы и содержание в ней различных минеральных веществ, позволяя обеспечить наиболее благоприятные условия для роста конкретного сорта культуры. Она учитывает такие факторы, как климатические особенности региона, состояние земли, уровень влажности, а также динамику роста и состояния посевов. Информационная система позволяет автоматизировать все процессы, выполняемые на протяжении всего года за счет возможности их планирования, что безусловно поможет увеличить оборот как для больших агрокомплексов, так и для маленьких фермеров.

Информационная система включает в себя ряд функций для решения поставленных задач:

1. Учет и мониторинг ресурсов предполагают создание базы данных: средств защиты растений, удобрения минеральными веществами, расход семенного материала и средств, потраченных на обслуживание работающей техники. Эти знания будут полезны при составлении необходимого количества расходных материалов для закупки на следующие года, оптимизации внесения этих средств в поля точно по необходимой норме, что значительно снизит будущие потребности.

2. Планирование сельскохозяйственных работ включает возможности составления календаря всех выполняемых полевых работ, распределение их по персоналу и технике, а также система позволяет распределить какую площадь необходимо обработать. При необходимости план можно редактировать. Например, если какая-либо техника не смогла выполнить план из-за поломки, есть необходимость обработать какие-либо ни будь культуры дополнительно или работы не были завершены из-за погоды³.

3. Мониторинг состояния полей и культур обеспечивает сбор данных с датчиков, дронов и спутников о влажности почвы, температуре, стадиях роста и наличии вредителей [3]. Это позволяет своевременно выявлять проблемы и принимать решения для повышения урожайности.

4. Климатический и метеорологический анализ включает обработку данных о погоде, таких как осадки, температура и ветер, для прогнозирования условий работы. Система оповещает о неблагоприятных явлениях, помогая минимизировать риски для сельскохозяйственных операций.

5. Аналитика и отчетность предоставляет инструменты для анализа урожайности, расходов и эффективности сельскохозяйственных работ. Система генерирует отчеты и прогнозы, помогая оптимизировать управление ресурсами и планировать будущие сезоны.

Разработка информационной системы для автоматизации агрономического учета и планирования сельскохозяйственных работ

представляет собой важный шаг в цифровизации агропромышленного комплекса. Система позволяет интегрировать данные из различных источников, автоматизировать ключевые процессы и принимать обоснованные решения на основе аналитики. Это не только повышает эффективность управления, но и способствует устойчивому развитию сельского хозяйства за счет рационального использования ресурсов и минимизации потерь. Внедрение таких технологий открывает новые перспективы для повышения урожайности, снижения затрат и обеспечения экологической безопасности в агросекторе [4].

Библиографический список

1. Сидоров А.Г. Геоинформационные системы в сельском хозяйстве: принципы и примеры использования / А.Г. Сидоров, Н.Ю. Васильев // Вестник аграрной науки. 2021. Т. 67, № 3. С. 102–108.
2. Захаров М.Н. Управление ресурсами в агропромышленном комплексе с использованием информационных технологий / М. Н. Захаров // Аграрный вестник. 2021. № 2. С. 21–27.
3. Смирнов И.Л. Дистанционный мониторинг полей и культур с использованием беспилотных технологий / И.Л. Смирнов, А.В. Гусев // Журнал прикладных исследований в аграрной сфере. 2020. № 4. С. 33–39.
4. Иванов В.П. Автоматизация аграрных процессов: теоретические основы и практика применения / В.П. Иванов, Е.К. Смирнова. М.: Агронаука, 2019. 280 с.

© Гариев И.Т., 2024

З.С. МАМЕДОВ

cool.orion2015@yandex.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. **Е.И. ФИЛОСОВА**

Уфимский университет науки и технологий

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ АНАЛИЗА ЗАБОЛЕВАНИЙ ПОСЕВОВ С ПОМОЩЬЮ ДАННЫХ С БАС

Аннотация: статья описывает процесс проектирования информационной системы, которая позволяет обрабатывать и анализировать данные для обнаружения заболеваний или насекомых вредителей в полях. Система позволяет упростить процесс оценки здоровья посевов и принятие решения о дальнейших действиях. В статье описываются функциональные возможности системы, ее преимущества и особенности использования.

Ключевые слова: здоровье полей; агрокультура; анализ данных; геоинформационные системы; информационная система.

Агрокультурная промышленность одна из самых древних и самых важных в истории человечества, поэтому она требует большого внимания, в частности, за здоровьем посевов. Индустрия активно развивается в этой сфере, используя современные технологии. Чтобы облегчить процесс мониторинга создаются информационные системы, анализирующие здоровье полей по фотографиям, здоровье самих растений по листьям и так далее. Проектируемая система призвана помочь в решении этой задачи.

Проектируемая система рассчитана на два типа анализа:

1. Анализ фотографий в мультиспектровом диапазоне с высоты птичьего полета.

2. Анализ фотографий растений на земле.

В первом случае прекрасно подойдет реализация алгоритма, ориентирующегося на нормализованный вегетационный индекс (NDVI) – числовой показатель качества и количества растительности для участка [1]. В случае анализа фотографий растений на земле система будет производить анализ посредством нейронной сети, данный способ позволит достаточно быстро и относительно точно давать результат. Однако, требуются данные, верная архитектура и вычислительные ресурсы для обучения модели [2].

Важной частью такой системы является возможность мониторинга динамики изменений здоровья растений на участке поля. Это поможет определить верно ли были подобраны методы лечения посевов, правила

ухаживания и, возможно, составить прогноз на ближайшее время относительно погодных условий при прочих равных.

Комплекс функций, предназначенных для выполнения вышеупомянутых задач и выполненный в виде модели «Function Tree» в методологии Арис [3], отображен на рис. 1.

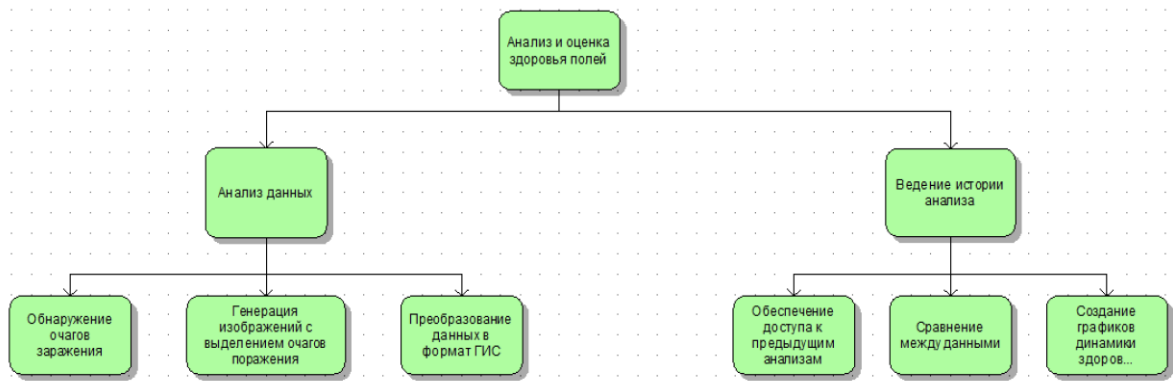


Рис. 1. Дерево функций системы анализа здоровья посевов

После анализа и вынесение результатов в пользовательский интерфейс система так же позволяет импортировать данные об очагах заражений в ГИС для лучшего отображения и ясности картины.

Архитектура приложения приведена на рис. 2.

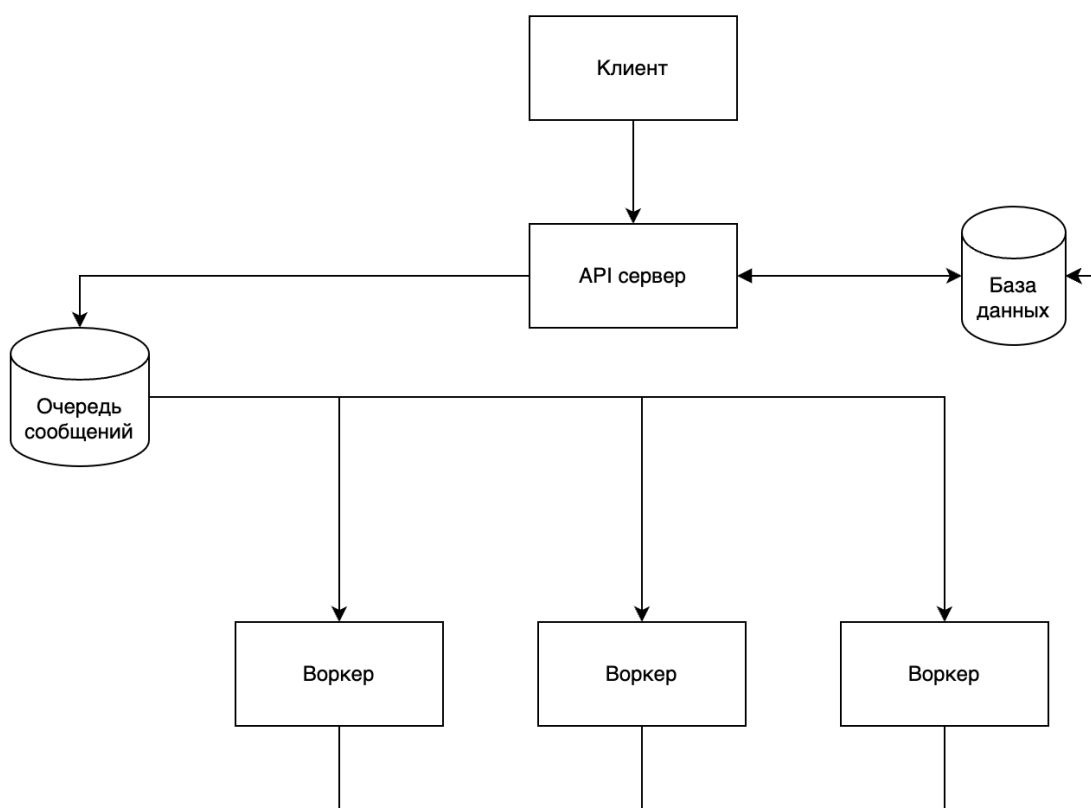


Рис. 2. Архитектура приложения

Здесь клиент общается с сервером API, который будет обрабатывать авторизацию, выдачу доступных полей и запросов на анализ, а также предоставлять возможность добавления полей и создания запросов.

При получении запроса на анализ, API сервер будет загружать необходимые данные в базу данных и отправлять в очередь задач запрос на анализ. Далее эти задачи разбираются воркерами для последующей обработки и сохранения результатов в базу данных. Воркерами, в данном случае, является ничто иное как экземпляр приложения обработки данных в зависимости от запроса: анализ NDVI или листьев. Таким образом, достигается горизонтальная масштабируемость системы в случае высоких нагрузок [3].

С помощью данной ИС будут реализованы следующие функции:

1. Анализ заболеваний посевов.
2. Преобразование данных в формат ГИС.
3. Мониторинг динамики.
4. Сохранение истории анализа.

С БПЛА могут быть получены изображения листьев и изображения полей для анализа по NDVI. Однако, для последнего требуется наличие мультиспектральных датчиков. Периодичность анализа можно обеспечить с помощью автоматизированных полетов и загрузкой сырых данных в систему для последующего анализа.

В результате эта система может стать отличным инструментом для стабилизации планирования доходов и расходов фермерского предприятия, прогнозирования и мониторинга урожайности и здоровья посевов.

Библиографический список

1. Pettorelli N. The Normalized Difference Vegetation Index – Oxford : Oxford University Press, 2014. 206 с.
2. Burkov A. The Hundred-Page Machine Learning Book. 2019. 160 с.
3. Мартынов В.В. Проектирование информационных систем : учебное пособие для студентов очной формы обучения, обучающихся по направлению 080700 подготовки бакалавров «Бизнес-информатика» / В.В. Мартынов, Е.И. Филосова; В.В. Мартынов, Н.О. Никулина, Е.И. Филосова; Федеральное агентство по образованию, Гос. образовательное учреждение высш. проф. образования «Уфимский гос. авиационный технический ун-т». Уфа : УГАТУ, 2008. 379 с. ISBN 978-5-86911-885-1.

© Мамедов З.С., 2024

В.А. СТОЛЯРОВ

stolyarow200138@gmail.com,

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доцент **А.Ф. АТНАБАЕВ**

Уфимский университет науки и технологий

ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДОВ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ ВИЗУАЛИЗАЦИИ РАСПИСАНИЯ ЗАНЯТИЙ НА КАРТЕ КАМПУСА

Аннотация: в статье рассматриваются методы разработки системы визуализации расписания занятий на карте кампуса учебного заведения. Особое внимание уделяется двум основным задачам: получению данных о расписании с веб-ресурсов (с использованием парсинга или API) и их интеграции с картографическими данными в формате шейп-файла. Описаны способы связки этих данных с использованием базы данных. Исследуются решения на языках программирования Python и C#. Приведены примеры автоматизации процессов и визуализации данных на карте кампуса с использованием различных библиотек и инструментов для обработки данных и работы с картами.

Ключевые слова: визуализация данных, парсинг, расписание занятий, шейп-файл, карты, база данных, Python, C#.

Введение

С развитием технологий информационные системы управления учебным процессом становятся все более востребованными. Одной из актуальных задач является автоматизация и визуализация расписания занятий на карте кампуса учебного заведения. Это позволяет не только упростить доступ к информации о занятиях для студентов и преподавателей, но и эффективно использовать аудиторный фонд.

Традиционные способы представления расписания, такие как таблицы или списки на сайтах университетов, часто недостаточно информативны и неудобны для восприятия. Студенты и преподаватели могут столкнуться с проблемами поиска необходимой информации, особенно если занятия распределены по разным зданиям. Визуализация расписания на карте кампуса решает эту проблему, наглядно демонстрируя, где и в какое время проходят занятия. Это также позволяет легко определить занятость конкретных аудиторий и спланировать перемещения по кампусу, что особенно полезно в больших университетах.

Создание такой системы требует интеграции данных о расписании занятий с географической информацией. Данные о занятиях могут поступать либо через открытые API университетов, либо путем парсинга веб-страниц с расписанием. Эти данные необходимо связать с

картографическими объектами, такими как здания и аудитории, что требует использования специализированных форматов геоданных, например, шейп-файл. Интеграция этих данных с использованием базы данных позволяет создать систему, которая может эффективно управлять большими объемами информации и быстро обновлять расписание.

Разработка таких систем становится важным шагом в цифровизации учебного процесса и повышении его эффективности.

Методы получения данных о расписании

Для создания системы визуализации необходимо сначала получить данные о занятиях. Существует два подхода для решения этой задачи:

1. Использование API: Некоторые учебные заведения предоставляют API для доступа к информации о расписании. API предоставляет структурированные данные (например, в формате JSON или XML), которые можно легко интегрировать в систему.

2. Парсинг веб-страниц: если API не предоставляется, необходимо использовать методы веб-скрапинга. Веб-страницы могут быть динамическими, что требует работы с инструментами для эмуляции браузера, такими как Selenium (Python) или HtmlAgilityPack (C#).

Выбор метода получения данных зависит от доступности API и сложности веб-страницы. Парсинг может потребовать дополнительных шагов для работы с динамическим содержанием.

Интеграция данных с картой кампуса

После получения данных о расписании важно интегрировать их с географической информацией о кампусе. Одним из вариантов является формат шейп-файл, который содержит информацию о расположении зданий и аудиторий на карте.

Для работы с шейп-файлами в Python можно использовать библиотеку Geopandas, которая позволяет легко обрабатывать географические данные или SharpMap на C#. Эти данные могут быть использованы для визуализации на карте кампуса, где каждое здание и аудитория будет представлено на основе пространственных координат.

Связывание данных с базой данных

Для хранения и управления информацией о расписании и привязки ее к географическим объектам (аудиториям) целесообразно использовать базу данных. В базе данных будут храниться:

1. Информация о занятиях;
2. Информация об аудиториях.

Затем с помощью SQL-запросов можно связывать информацию о расписании с аудиторией и ее координатами на карте. В Python для работы с базой данных можно использовать библиотеку SQLAlchemy, а в C# – Entity Framework.

Визуализация данных на карте

Для визуализации данных на карте используется связка расписания и географической информации, загруженной из шейп-файла. В зависимости от языка программирования используются разные подходы для отображения данных на карте.

Для отображения карты кампуса с информацией о занятиях можно использовать библиотеку Folium, которая позволяет строить интерактивные карты. В С# для визуализации можно использовать ArcGIS SDK for .NET, которая поддерживает работу с пространственными данными, картографическими слоями и интеграцию с данными ArcGIS.

Заключение

В статье были рассмотрены основные методы создания системы визуализации расписания занятий на карте кампуса. Использование API или парсинга веб-страниц позволяет автоматизировать сбор данных о занятиях, а интеграция с шейп-файлами и географическими данными обеспечивает их отображение на карте. Привязка этих данных к базе данных позволяет гибко управлять расписанием и эффективно использовать учебные помещения. Примеры на языках Python и С# показывают, как различные технологии могут быть использованы для решения этих задач.

Библиографический список

1. Григорьев К.А. Принципы парсинга html - страниц / К.А. Григорьев // Новые информационные технологии в науке: сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции, Челябинск, 29 декабря 2017 г. Том Часть 3. Челябинск: Общество с ограниченной ответственностью «Агентство международных исследований», 2017. С. 30–32. EDN YBVXYR.

2. Хамитов М.А. Разработка кроссплатформенного мобильного приложения с выводом технического плана ВУЗа УГАТУ карте и возможностью поиска аудиторий / М.А. Хамитов, А.Ф. Атнабаев // Академия педагогических идей Новация. Серия: Студенческий научный вестник. 2018. № 6. С. 38–42. EDN USYOYY

© Столяров В.А., 2024

Р.Р. ТЕМИРГАЛИН

rail.temirgalin@mail.ru

Науч. руковод. – старший преподаватель **С.Ю. МАКАРОВА**

Уфимский университет науки и технологий

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К АНАЛИЗУ ДАННЫХ В РОЗНИЧНОЙ ТОРГОВЛЕ: МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ

Аннотация: в статье представлен обзор современных методов анализа данных, применяемых в розничной торговле. Основное внимание уделено подходам к сегментации клиентов, прогнозированию продаж и управлению ассортиментом с помощью ABC-XYZ-анализа. Рассмотрены возможности использования программного обеспечения Loginom и других инструментов для автоматизации аналитических процессов.

Ключевые слова: анализ данных; ритейл; кластеризация; прогнозирование спроса; ABC-XYZ-анализ; Loginom; визуализация; большие данные; data science.

Введение

В условиях возрастающей конкуренции на рынке ритейла компании все чаще обращаются к технологиям анализа данных, чтобы повысить свою эффективность. Обработка данных о транзакциях, клиентах и продажах позволяет компаниям лучше понимать потребности клиентов, прогнозировать спрос и оптимизировать бизнес-процессы.

Современные аналитические инструменты, такие как Loginom, поддерживают интеграцию с различными источниками, позволяют обрабатывать большие объемы данных, предлагают простые и доступные решения для их анализа, что делает их востребованными среди ритейлеров, которые стремятся адаптироваться к быстроменяющимся условиям в потребительском спросе.

Методы анализа данных в ритейле

1. Сегментация клиентов.

RFM-анализ – это анализ клиентов компании с целью их сегментации по ценности для бизнеса. Широко используется в маркетинге, директ-маркетинге, и, особенно, в розничной торговле и сфере услуг.

RFM-анализ использует 3 измерения:

- Recency (давность) – как давно клиент совершил последнюю покупку;
- Frequency (частота) – как часто клиент совершал покупки;
- Monetary (деньги) – сколько клиент тратит (ниже).

Сегментация клиентов на основе RFM позволяет выделить группы покупателей с похожими характеристиками, такими как возраст, пол, частота покупок и сумма среднего чека. Такие подходы помогают таргетировать рекламные кампании и разрабатывать программы лояльности. Например, лояльным клиентам можно предложить эксклюзивные скидки, а "спящим" – специальные предложения, чтобы вернуть их интерес.

2. Прогнозирование продаж.

Для прогнозирования спроса ритейлеры применяют модели временных рядов, инструменты которых позволяют учитывать сезонные тренды и предсказывать пиковые периоды продаж, что важно для управления запасами. Один из таких инструментов – модель ARIMA.

AutoRegressive Integrated Moving Average (ARIMA) – модель авторегрессии скользящего среднего, которая применяется для построения краткосрочных прогнозов величины на основании ее предыдущих значений (ниже). Принцип ее работы:

- AR (AutoRegression): использует зависимость между текущим значением временного ряда и его прошлыми значениями;
- I (Integrated): разности значений временного ряда используются для стабилизации данных и устранения сезонных трендов;
- MA (Moving Average): учитывает ошибки предыдущих прогнозов для коррекции текущего прогноза.

Также имеет место применение метода прогнозирования на основе скользящего окна. Он заключается в разделении временного ряда на окна фиксированной длины и использовании данных внутри каждого окна для прогнозирования следующих значений. Этот подход полезен для данных с локальными трендами или быстро меняющимися динамиками.

3. ABC-XYZ-анализ.

ABC-XYZ-анализ – это два взаимодополняющих подхода для управления ассортиментом и запасами.

ABC-XYZ-анализ позволяет разбить данные по продажам на 9 групп в зависимости от вклада в выручку компании (ABC) и регулярности покупок (XYZ):

- А-группа – товары, которые приносят основной доход (например, 80 % от выручки). Обычно это ключевые товары, для которых важно поддерживать высокий уровень запасов;
- В-группа – товары средней важности (около 15 % выручки), нуждаются в регулярном пополнении, но не требуют постоянного наличия;
- С-группа – наименее значимые товары (около 5 % выручки), для которых можно сократить запасы;
- Х-группа – товары с предсказуемым спросом, их запасы можно точно планировать;

- Y-группа – товары с сезонным или переменным спросом, что требует периодического планирования;
- Z-группа – товары с нестабильным, случайным спросом, запасы которых рекомендуется поддерживать на минимальном уровне.

Такая классификация может упростить планирование ассортимента, а также оптимизацию логистики и склада, что может способствовать уменьшению товарных излишков и минимизации расходов, связанных с избыточными запасами. При этом данный анализ достаточно универсален и может применяться не только для сегментации товаров, но и, например, для услуг, клиентов или партнеров (ниже).

Практическое применение методов анализа данных с помощью Loginom

Loginom предлагает удобные инструменты для импорта, подготовки и анализа данных. Имея входные данные в формате csv (рис. 1), для сегментации клиентов с помощью RFM-анализа можно применить следующие инструменты: узлы Группировка, Калькулятор, Квантование (рис. 2). Также, с помощью визуализатора Куб, можно построить необходимые графические отображения результатов анализа, например, диаграммы, гистограммы, и т. д. (рис. 3).

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	,Date,Customer_ID,Transaction_ID,SKU_Category,SKU,Quantity,Sales_Amount							
2	1,02/01/2016	2547,1	X52,0EM7L,1	3.13				
3	2,02/01/2016	822,2	2ML,68BRQ,1	5.46				
4	3,02/01/2016	3686,3	0H2,CZUZX,1	6.35				
5	4,02/01/2016	3719,4	0H2,549KK,1	5.59				
6	5,02/01/2016	9200,5	0H2,K8EHH,1	6.88				
7	6,02/01/2016	5010,6	JPI,GVBRC,1	10.77				
8	7,02/01/2016	1666,7	XG4,АНАЕ7,1	3.65				
9	8,02/01/2016	1666,7	FEW,АНЗНС,1	8.21				
10	9,02/01/2016	1253,8	0H2,9STQJ,1	8.25				
11	10,02/01/2016	5541,9	N5F,7IE9S,1	8.18				
12	11,02/01/2016	5541,9	H8O,M15RG,1	6.35				

Рис. 1. Фрагмент таблицы входных данных по ритейлу

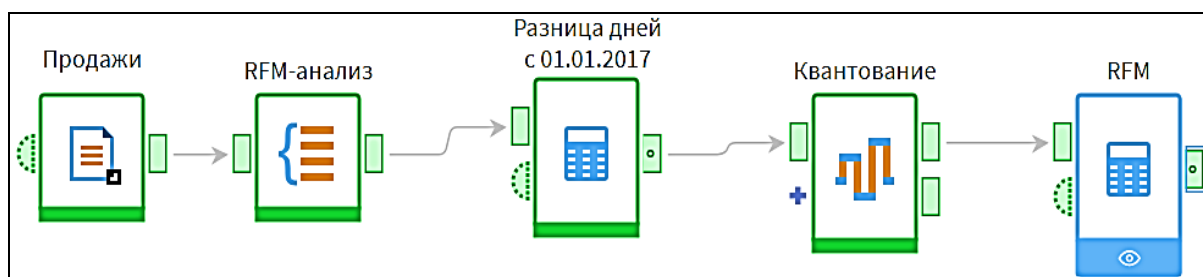


Рис. 2. Пример рабочего сценария для RFM-анализа на платформе Loginom

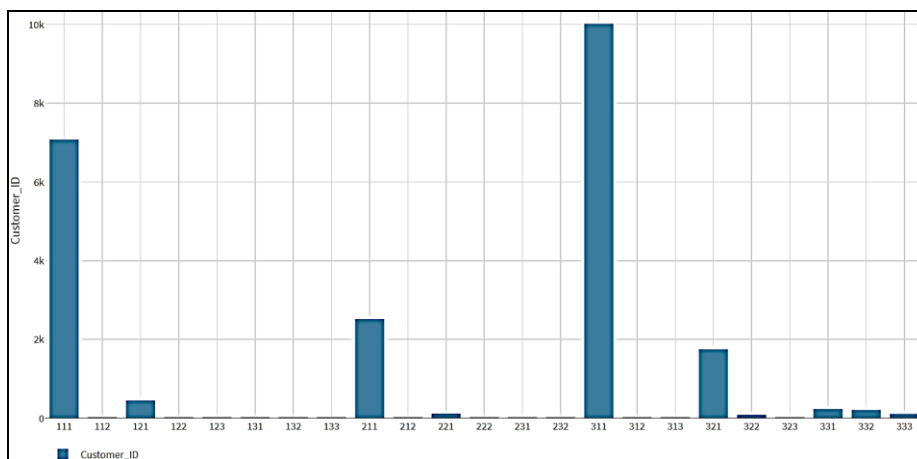


Рис. 3. Диаграмма RFM-анализа

Заключение

Современные методы анализа данных – это не просто инструмент для повышения операционной эффективности, но и основа для построения долгосрочной стратегии развития компании. Использование платформы Loginom и ее инструментов дает компаниям возможность не только автоматизировать аналитические процессы, но и минимизировать человеческий фактор при обработке больших данных.

Перспективы развития включают внедрение искусственного интеллекта и машинного обучения для более точного прогнозирования и персонализации клиентского опыта.

Библиографический список

1. «Вольфсон М.Б. Анализ данных» (Вольфсон М.Б. Анализ данных: учебно-методическое пособие / М.Б. Вольфсон. СПб.: СПбГУТ им. М.А. Бонч-Бруевича, 2023. 69 с. Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. URL: <https://e.lanbook.com/book/381533> (дата обращения: 17.11.2024). Режим доступа: для авториз. пользователей. С. 56).

2. Пример использования модели ARIMA для прогнозирования временных рядов (Пример использования модели ARIMA для прогнозирования временных рядов: блог Loginom. Текст: электронный // Loginom: аналитическая платформа. URL: <https://loginom.ru/blog/arima-example> (дата обращения: 17.11.2024). Режим доступа: общий).

3. Крюкова А.А. Работа с аналитической платформой Loginom: методические указания / А.А. Крюкова. Самара: ПГУТИ, 2021. 82 с. Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. URL: <https://e.lanbook.com/book/301124> (дата обращения: 17.11.2024). Режим доступа: для авториз. пользователей. С. 61.

© Темиргалин Р.Р., 2024

И.А. ТИМОФЕЕВ

timosha.2004@mail.ru

Науч. руковод. – старший преподаватель **С.Ю. МАКАРОВА**

Уфимский университет науки и технологий

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СФЕРЕ ОБРАЗОВАНИЯ

Аннотация: в статье исследуется влияние искусственного интеллекта (далее ИИ) на современное образование. Изучаем, технологии ИИ чаще всего используются в сфере образования. ИИ способствует ускорению обучения студентов и открывает новые возможности для самообучения. Преподаватели могут использовать ИИ в целях создания учебных пособий, тестов, заданий и проверки работ студентов. Также в статье рассматривается потенциал внедрения искусственного интеллекта в образование будущих студентов.

Ключевые слова: образование; ИИ; искусственный интеллект; преподаватель; студент; обучающийся; будущее; исследование; технология.

Введение. За последние годы ИИ используют все чаще и чаще. Искусственный интеллект встречается в разных сферах, в том числе и в образовании. Благодаря ИИ в образовании появляется много возможностей, которые позволяют не только улучшить уровень образования, но также сделать его более доступным и уникальным для каждого обучающегося.

На сегодняшний день студенты уже активно используют ИИ в обучении. ИИ позволяет быстро находить ответы на любые вопросы и давать обоснованные и качественные ответы. С помощью искусственного интеллекта обучающийся может сформировать порядок изучения материала в правильной последовательности, избегая лишней информации на начальных этапах обучения [1].

ИИ может помочь не только студентам, но и преподавателям в том числе. Искусственный интеллект можно использовать для создания тестов, задач и даже целых учебных пособий для студентов. Проверку тестов так же можно доверить ИИ, его база знаний растет с каждым днем и ИИ быстро находит ответы на любые вопросы [4].

Интегрирование искусственного интеллекта в образование - большой шаг в его развитии. ИИ в сфере образования можно использовать во многих областях.

Самостоятельное обучение. Искусственный интеллект может помочь в самостоятельном обучении. Благодаря ИИ, обучающийся может быстро найти нужные ему ответы и использовать их в целях развития.

Анализ успеваемости. С помощью ИИ можно разработать систему автоматической проверки работ, тестов, благодаря чему можно значительно сократить количество работы преподавателю.

Создание учебных материалов. Всем известно, что ИИ обладает огромным количеством знаний, которые существуют в сети Интернет. Следовательно, можно направить ИИ на создание учебных пособий, тестов, а также целых курсов, учитывая то, что у искусственного интеллекта есть возможность быстро систематизировать и группировать данные.

Автоматическая проверка работ. На проверку работ и тестов обучающихся у преподавателя уходит большое количество времени. Для этих целей можно внедрить ИИ, благодаря чему преподаватель может направить свое время и ресурсы на другие аспекты обучения.

Образовательные платформы Duolingo, Coursera, edX и прочие уже активно пользуются ИИ для улучшения качества обучения [2]. Благодаря ИИ, эти платформы уже способны рекомендовать курсы, основываясь на текущем уровне обучающихся, а также предлагать задания, которые побуждают студентов к более тщательному изучению материала. ИИ также способен проанализировать ответы студентов и дать обратную связь, что способствует исправлению ошибок и профессиональному росту.

Использование ИИ в сфере образования поможет обучающимся в их недалеком будущем. С каждым днем количество областей, в которых используется ИИ, увеличивается. Следовательно, умение работать с искусственным интеллектом ценится все больше и больше. Благодаря непосредственному внедрению ИИ в процесс образования студенты узнают больше о данной технологии и смогут использовать этот опыт в будущем [6].

Потенциал искусственного интеллекта неограничен. То, что мы видим сегодня, далеко не вершина развития ИИ. В будущем искусственный интеллект можно будет использовать во многих других областях обучения, открывая для студентов новые возможности в получении образования [5]. Вот несколько направлений, которые будут возможны в будущем благодаря ИИ:

- виртуальные стажировки. ИИ может создать виртуальные стажировки и практики для студентов, позволяя им получать любой профессиональный опыт не выходя из дома;

- психологическая поддержка. ИИ может помочь студентам в поддержке ментального здоровья и психологической устойчивости;

- специальное образование. ИИ может разработать индивидуальный подход к каждому студенту с особыми образовательными потребностями, учитывая их скорость усвоения материала, уникальные потребности и особенные способности [7].

Это лишь одни из многих возможных направлений, в которые в будущем могут интегрировать ИИ. Этот список неограничен, так как искусственный интеллект – универсальный инструмент для решения различных задач любой сложности [9].

Исследование. Было проведено исследование, какие технологии ИИ чаще всего используются в сфере образования (табл. 1).

Таблица 1

Использование технологий ИИ в сфере образования

Технология ИИ	О технологии	Платформы, использующие эту технологию	Преимущества	Недостатки
Адаптивное обучение	Использование алгоритмов ИИ для анализа данных об ученике	Яндекс Учебник; Фоксфорд; Duolingo; Coursera; Moodle	Индивидуализация учебного процесса; улучшение результатов ученика; повышение мотивации	Основывается на результатах строгих тестов, без учета творческой составляющей ученика.
Системы автоматической проверки	Автоматическая проверка и оценивание тестов, работ и пр.	Антиплагиат; Грамота.ру; Google Classroom; Gradescope	Освобождает учителей от рутинной проверки; быстрое определение результатов	Не способен объективно оценить творческую составляющую работы; без конструктивной обратной связи
Виртуальные помощники	Виртуальные помощники и чат-боты, с помощью которых можно найти информацию, ответы, учебные пособия	Яндекс Алиса; ChatGPT; Google Assistant	Можно обратиться в любое время; быстро находит информацию	Не способны заменить отношения учителя и ученика; отсутствие конфиденциальности (библ. список 8)
Распознавание речи и обработка естественного языка	Распознавание человеческой речи и текста	Google Translate, Grammarly, Яндекс Переводчик	Доступность для людей с ограниченными возможностями	Не всегда точно понимает, что говорит человек
Системы прогнозирования	Прогнозирование успеваемости; выявление слабых сторон ученика и предотвращение отставания	Российская электронная школа; Google Classroom; Canvas	Возможность заранее найти пробелы в обучении	Отсутствие конфиденциальности; не учитывает особые условия; риск неверного прогноза

Заключение. Использование искусственного интеллекта в сфере образования открывает новые возможности в обучении и освоении материала. Помимо того, что ИИ упрощает поиск информации и составляет структурированный план обучения, также его возможности позволяют автоматизировать образовательный процесс, благодаря чему преподаватели могут сфокусироваться на других частях обучения [3]. Количество платформ, использующих ИИ, растет с каждым днем, что говорит о его важности в современном мире. Перспективы применения искусственного интеллекта указывают на его важность в создании более качественной и уникальной образовательной системы [10]. Интеграция ИИ в образование необходима. Это способствует развитию образовательной системы и следующего поколения в целом. Искусственный интеллект - неотъемлемая часть современного мира, а в грядущем будущем его влияние будет только расти.

Библиографический список

1. Никольский С.Н. Автоматизация информационного поведения и искусственный интеллект: учебное пособие / С.Н. Никольский. М.: РТУ МИРЭА, 2020. 95 с.
2. Баланов А.Н. Искусственный интеллект. Понимание, применение и перспективы: учебник для вузов / А.Н. Баланов. СПб.: Лань, 2024. 312 с. ISBN 978-5-507-49392-0.
3. Чулюков В.А., Дубов В.М. Искусственный интеллект и будущее образования / Современное педагогическое образование. 2020. № 3.
4. Как искусственный интеллект меняет сферу образования. URL: <https://softline.ru/about/blog/kak-iskusstvennyj-intellekt-menyaet-sferu-obrazovaniya>.
5. McKinsey Company. *The future of work in education: How AI is transforming the classroom* / McKinsey Company.
6. Эра искусственного интеллекта. URL: <https://ntb.tti.sfedu.ru/?p=5107>.
7. Казарян А.Ю. Искусственный интеллект в процессах образования и обучения, положительные и отрицательные стороны // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2023. № 11-2 (86).
8. Методология и Технология Непрерывного Профессионального Образования. URL:
9. Коровникова Н.А. Искусственный интеллект в современном образовательном пространстве: проблемы и перспективы / // Социальные новации и социальные науки. 2021. № 2 (4). С. 98–113. DOI 10.31249/snsn/2021.02.07
10. Дробахина А.Н. Информационные технологии в образовании: искусственный интеллект // Проблемы современного педагогического образования. 2021. № 70-1. С. 125–128.

© Тимофеев И.А., 2024

AI-МОНИТОРИНГ ЖИВЫХ СУЩЕСТВ НА ТЕРРИТОРИИ ЗАПОВЕДНИКОВ

Аннотация: статья посвящена разработке и применению системы искусственного интеллекта для мониторинга животных в природных заповедниках. Рассматривается двухэтапный подход, включающий обнаружение объектов и их классификацию с последующей интеграцией данных в геоинформационную систему (ГИС), которая отображает ареалы обитания животных и предоставляет возможность пространственно-временного анализа данных. Работа направлена на усовершенствование мониторинга дикой природы, упрощение управления заповедными территориями и повышение точности анализа экосистем.

Ключевые слова: обнаружение объектов, классификация животных, YOLOv11, ГИС, заповедники, мониторинг, пространственные данные.

Введение

В последние годы наблюдается активное внедрение технологий искусственного интеллекта для мониторинга дикой природы. Применение камер наблюдения позволяет фиксировать объекты в естественной среде обитания, однако такие системы зачастую не способны классифицировать обнаруженные объекты. Это ограничение приводит к необходимости внедрения алгоритмов глубокого обучения, которые могут выполнять автоматическую классификацию [3].

Задача мониторинга дикой природы имеет значение для ученых, занимающихся изучением биоразнообразия, экологов, разрабатывающих меры по охране экосистем, и управленцев, ответственных за эффективное управление заповедниками. В условиях изменяющегося климата и антропогенного давления точные данные о популяциях животных необходимы для предотвращения вымирания редких видов, прогнозирования изменений ареалов обитания и контроля за состоянием экосистем.

В связи с этим возникает необходимость в использовании современных моделей глубокого обучения, способных эффективно решать задачи мониторинга дикой природы. Далее рассмотрим анализ существующих моделей, чтобы определить наиболее подходящее решение для этих целей.

Особенности мониторинга дикой природы

Для успешного мониторинга животных в заповедниках необходимо учитывать следующие аспекты:

- сложные условия наблюдения: плохое освещение, неоднородный фон, высокая изменчивость среды;
- ограниченные ресурсы: низкая вычислительная мощность устройств, автономные системы с ограниченной емкостью аккумулятора;
- большие объемы данных: камеры фиксируют множество объектов, что требует быстрой обработки и точной классификации;
- необходимость интеграции с аналитическими системами: данные о животных должны быть структурированы и представлены в удобном формате для визуализации и анализа.

Эти факторы подчеркивают важность выбора модели, которая может справиться с подобными ограничениями. Далее мы рассмотрим преимущества YOLO, чтобы показать, почему эта модель лучше всего соответствует требованиям мониторинга в условиях дикой природы.

Анализ существующих моделей для мониторинга дикой природы

Для автоматизации мониторинга дикой природы используются модели глубокого обучения, которые отличаются по точности, скорости работы и вычислительным требованиям. Рассмотрим три наиболее популярных решения:

TensorFlow Object Detection API: TensorFlow предоставляет мощные инструменты для создания моделей, подходящих для компьютерного зрения. Он широко используется благодаря своей гибкости и наличию предобученных моделей. Однако его высокая ресурсоемкость ограничивает применение в автономных системах и полевых условиях [6].

PyTorch Faster R-CNN: Faster R-CNN демонстрирует отличную точность классификации объектов, особенно на сложных фонах. Тем не менее, ее сложная настройка и высокие требования к вычислительным ресурсам делают модель менее пригодной для задач, где требуется быстрая обработка данных и работа в удаленных зонах [4].

YOLO (You Only Look Once): YOLO обеспечивает оптимальный баланс между производительностью и эффективностью. Модель работает в режиме реального времени, обладает относительно низкими вычислительными требованиями и легко адаптируется под специфические задачи мониторинга, что делает ее особенно полезной для полевых условий [1, 2].

Таким образом, YOLO выгодно отличается от TensorFlow и Faster R-CNN благодаря своей скорости и универсальности. Это делает ее наиболее подходящей для мониторинга дикой природы, где критически важна работа в сложных условиях с ограниченными ресурсами.

Преимущества YOLO для мониторинга дикой природы

На основе сравнения моделей становится очевидным, что YOLO обладает рядом уникальных характеристик, которые делают ее оптимальным выбором для задач мониторинга животных:

1. Реализация в режиме реального времени позволяет обрабатывать данные с высокой скоростью, что важно для оперативного анализа событий.

2. Компактность и энергоэффективность обеспечивают возможность использования на автономных устройствах и в полевых условиях.

3. Высокая точность детекции объектов сохраняется даже в условиях плохого освещения и сложного фона, что характерно для природной среды [5].

4. Гибкость и масштабируемость позволяют адаптировать YOLO для классификации редких видов животных, характерных для конкретных территорий.

Однако простая классификация видов животных недостаточна для полноценного понимания состояния экосистем. Необходимо рассматривать пространственные и временные аспекты ареалов обитания и поведенческой активности животных, что позволяет более полно оценить воздействие на экосистему и принимать обоснованные решения по ее сохранению.

Таким образом, интеграция данных с геоинформационными системами (ГИС) становится критически важным этапом мониторинга. ГИС позволяют не только визуализировать данные, но и предоставляют возможности для проведения пространственно-временного анализа, что значительно расширяет возможности анализа и принятия решений в сфере охраны природы. В следующем разделе рассмотрим, как применение ГИС в сочетании с YOLO способствует улучшению мониторинга дикой природы.

Геоинформационная система

Интеграция методов глубокого обучения с ГИС дает уникальные возможности для мониторинга дикой природы. При помощи ГИС можно представлять и анализировать пространственные данные, которые собираются при наблюдении за животными. Такой подход позволяет не только классифицировать животных, но и фиксировать их местоположение, анализировать миграции и изучать динамику изменения ареалов обитания в пространственно-временной перспективе.

Процесс мониторинга включает несколько этапов: сначала животные фиксируются при помощи камер наблюдения, затем с помощью алгоритмов глубокого обучения, таких как YOLO, они идентифицируются и классифицируются. Следующий важный этап – интеграция этих данных в ГИС для дальнейшей обработки. Визуализация ареалов обитания, создание временных графиков активности, пространственный анализ

данных – все это становится возможным благодаря использованию ГИС. Такой подход позволяет исследователям получать полную картину о состоянии популяций, что важно для разработки стратегий по охране природы и управлению заповедными территориями. На рис. 1 представлена диаграмма взаимодействия компонентов системы мониторинга, иллюстрирующая этапы сбора и обработки данных.

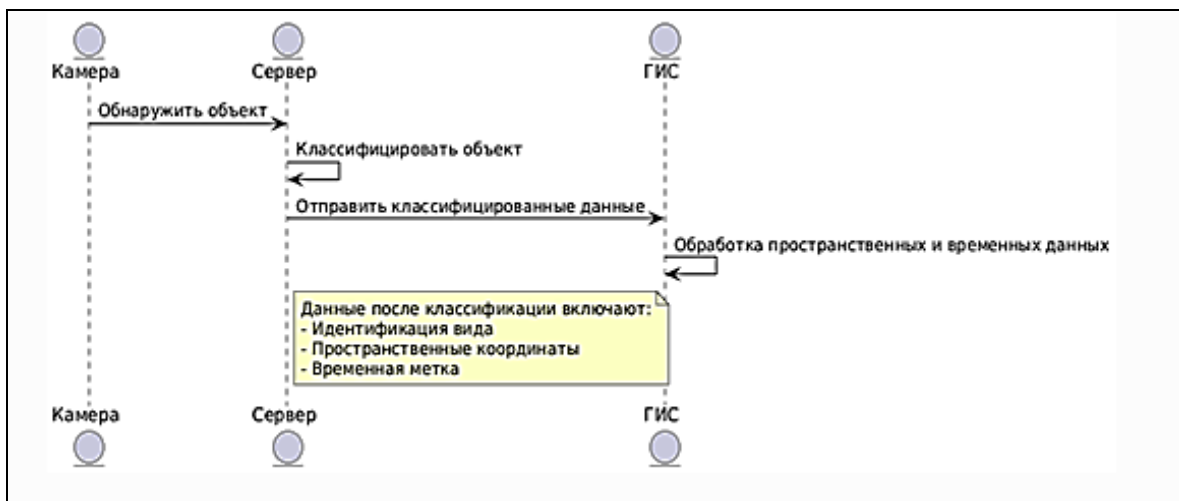


Рис. 1. UML-диаграмма

Диаграмма демонстрирует взаимодействие между камерами, сервером и ГИС в процессе мониторинга дикой природы. Камеры обнаруживают объекты, классифицируемые сервером. После классифицированные данные отправляются в ГИС для обработки пространственных и временных данных. На рис. 2 показан пример использования алгоритма YOLO для классификации животных на сервере. [1]

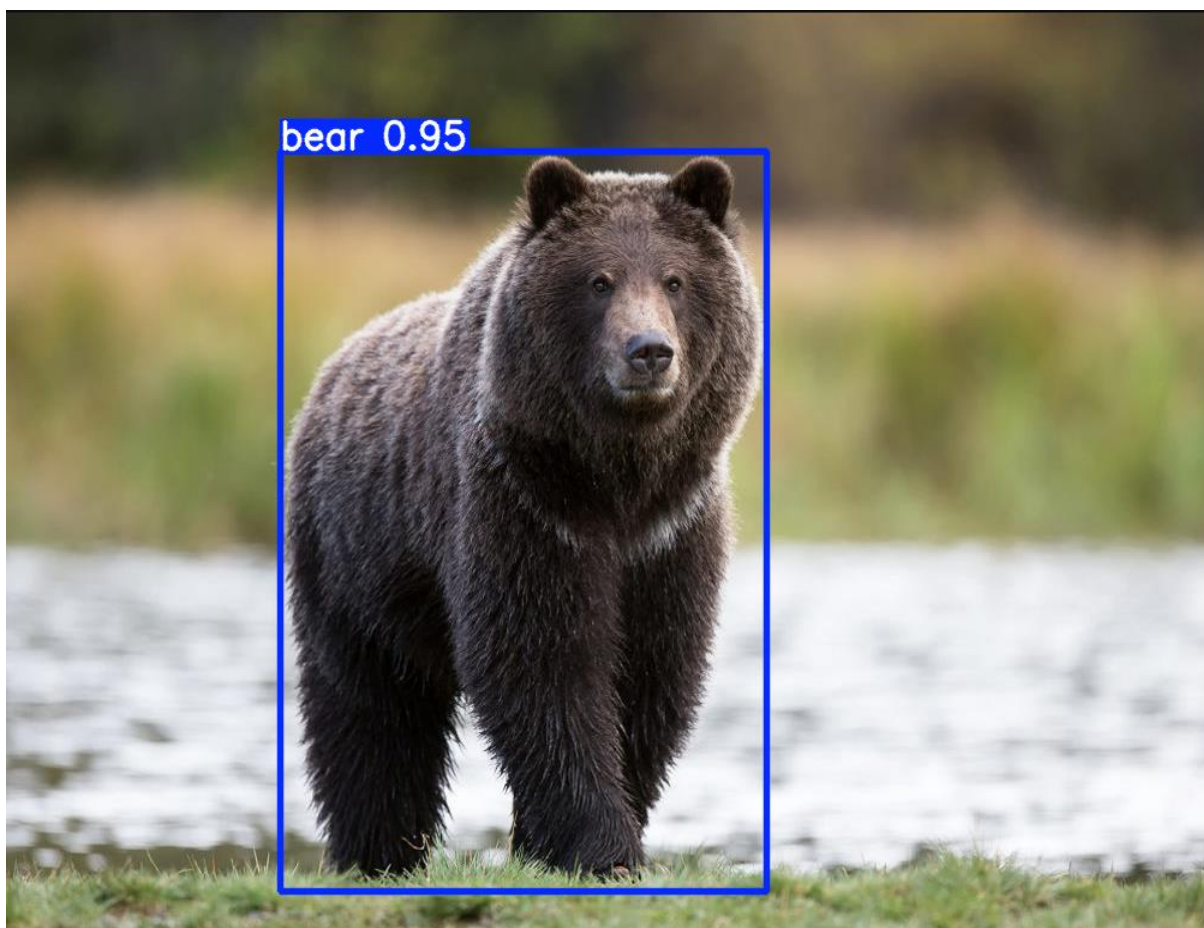


Рис. 2. Пример использования алгоритма YOLO

Алгоритм YOLO используется для автоматической классификации животных в кадре. На рис. 2 видно, как система точно идентифицирует объекты (медведей) и указывает вероятность точность классификации. Это упрощает анализ и сбор данных, обеспечивая безошибочные результаты на сервере.



Рис. 3. Геоинформационная система

ГИС предоставляет ряд важных возможностей для исследователей и специалистов по управлению заповедными территориями:

1. Визуализация ареалов обитания животных: Данные, обработанные моделями, сохраняются в формате shape-файлов и интегрируются в ГИС. Это позволяет исследователям и аналитикам заповедников визуализировать ареалы обитания животных, анализировать пространственное распределение популяций и отслеживать их изменения с течением времени.

2. Интерактивный анализ и данные с камер наблюдения: Каждая точка, обозначающая фотоловушку, может содержать информацию о количестве и виде животных, дате и времени их обнаружения, а также условиях среды. Это позволяет исследователям в режиме реального времени оценивать текущую ситуацию в заповеднике, а также анализировать поведенческие особенности видов.

3. Пространственно-временной анализ данных: ГИС позволяет исследовать не только текущее распределение животных, но и анализировать их миграцию и изменение активности в зависимости от сезонных факторов или времени суток. Использование временных слоев позволяет понять, как поведение и ареалов обитания видов меняются во времени.

4. Статистический анализ и прогнозирование: ГИС предоставляет возможность строить графики активности животных по их координатам, визуализировать изменения ареалов и прогнозировать возможные изменения популяции. Также возможно создание тепловых карт, которые показывают наиболее активные участки территории, и использование прогнозных моделей, предсказывающих изменения ареалов обитания в зависимости от изменений климатических и антропогенных факторов.

5. Интеграция с другими аналитическими инструментами: данные в ГИС могут быть экспортированы и использованы для дальнейшего анализа в специализированных программах или интегрированы с другими системами мониторинга, что позволяет проводить еще более глубокий анализ и обмениваться данными с другими исследовательскими группами.

Заключение

В данной работе предложена и описана система мониторинга животных в природных заповедниках, основанная на технологиях искусственного интеллекта. Использование двухэтапной модели с применением YOLO обеспечивает высокую точность и эффективность обработки данных. Интеграция с геоинформационными системами позволяет не только визуализировать ареалы обитания, но и проводить глубокий анализ пространственно-временных данных [6]. Представленная система имеет широкий спектр применения и может существенно повысить эффективность охраны дикой природы.

Интеграция методов глубокого обучения с ГИС дает возможность исследователям не только фиксировать и классифицировать животных, но и анализировать их миграцию, распределение и поведение с учетом пространственно-временных данных. Такой комплексный подход позволяет более точно оценивать состояние экосистем, определять критически важные ареалы и разрабатывать обоснованные стратегии охраны природы.

Таким образом, предложенная система мониторинга представляет собой инструмент, способный значительно повысить эффективность управления заповедными территориями, а также улучшить качество исследований дикой природы и охраны редких видов животных. Внедрение такой технологии может способствовать значительному улучшению экологической устойчивости и сохранению биоразнообразия.

Библиографический список

1. Redmon J., Divvala S., Girshick R., Farhadi A. You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection // Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2016. URL: <https://arxiv.org/abs/1506.02640> (дата обращения: 06.10.2023).

2. Bochkovskiy A., Wang C.-Y., Liao H.-Y. M. YOLOv4: Optimal Speed and Accuracy of Object Detection // arXiv preprint, 2020. URL: <https://arxiv.org/abs/2004.10934> (дата обращения: 06.10.2023).

3. Norouzzadeh M.S., Nguyen A., Kosmala M., et al. Automatically identifying, counting, and describing wild animals in camera-trap images with deep learning // PNAS, 2018. URL: <https://www.pnas.org/content/115/25/E5716> (дата обращения: 06.10.2023).

4. Schneider S., Taylor G. W., Liguist S., Kremer S. C. Past, present and future approaches using computer vision for animal re-identification from camera trap data // Methods in Ecology and Evolution, 2018. URL: <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/2041-210X.12947> (дата обращения: 06.10.2023).

5. Willi M., Pitman R.T., Cardoso A.W., et al. Identifying animal species in camera trap images using deep learning and citizen science // Methods in Ecology and Evolution, 2019. URL: <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/2041-210X.13120> (дата обращения: 06.10.2023).

6. Tabak M.A., Norouzzadeh M.S., Wolfson D.W., et al. Machine learning to classify animal species in camera trap images: Applications, challenges, and solutions // Frontiers in Ecology and Evolution, 2019. URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fevo.2019.00257/full> (дата обращения: 06.10.2023).

© Хайруллин М.С., 2024

Д.А. ШАЙМАРДАНОВ, Л.Г. ПАВЛОВА

dinar-vvv@yandex.ru, liana.pavlova2001@mail.ru

Науч. руковод. – старший преподаватель **С.Ю. МАКАРОВА**

Уфимский университет науки и технологий

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ И ВИЗУАЛИЗАЦИИ ГЕОДАННЫХ

Аннотация: в статье рассматривается проблема фрагментации пространственных и атрибутивных данных на предприятиях. Предлагается решение в виде единого веб-сервиса для централизованного хранения, управления и визуализации данных.

Ключевые слова: геоданные; визуализация; дашборды; система управления данными; картографический интерфейс; атрибутивные данные.

На сегодняшний день предприятия, активно работающие с геоданными, сталкиваются с проблемой их фрагментации, когда пространственные и атрибутивные данные распределены по различным приложениям, базам данных, электронным таблицам и прочим документам. Такая децентрализованность распределения данных затрудняет доступ к данным, их актуализацию и может привести к потере важной информации.

В качестве варианта решения упомянутых проблем предлагается разработать геопортал, объединяющий все пространственные и атрибутивные данные компании в единой системе, которая обеспечивает их целостность, надежное хранение, понятную визуализацию и простоту в управлении этими данными для специалистов компании. Существует несколько трактовок понятия «геопортал», в зависимости от области применения и поставленных задач, но для описания исследований авторы опирались на следующее определение: термин «геопортал» представляет собой информационную систему, выполняющая роль единого сервиса доступа к ресурсам инфраструктуры пространственных данных.

Разработка такого сервиса включает интеграцию с различными источниками данных и реализацию инструментов для их обработки и анализа [1].

Для наглядного представления сервиса создан дизайн-макет, приведенный на рис. 1. Картографическая страница с демонстрацией взаимодействия пространственных и атрибутивных данных путем вывода методанных в отдельном окне. Также представлена группировка слоев.

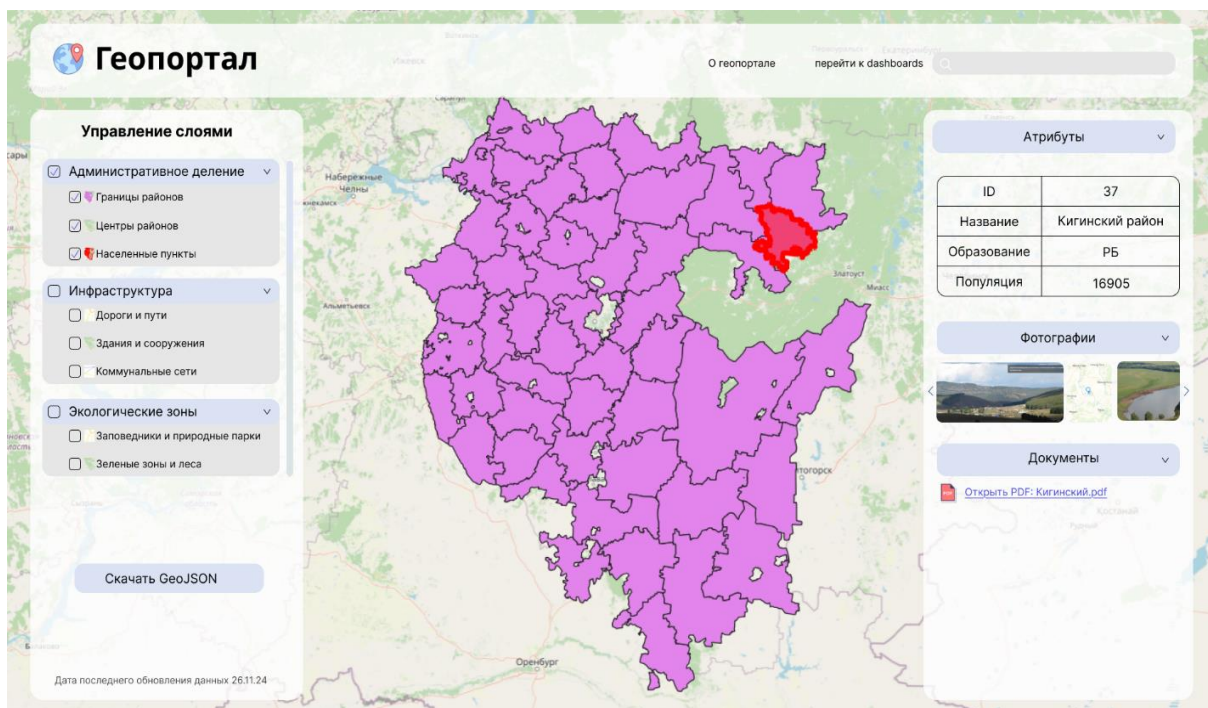


Рис. 1. Дизайн-макет геопортала

Основные задачи разработки:

Разработка хранилища данных для централизованного управления пространственными и атрибутивными данными. Система обеспечивает хранение и доступ к данным через единую базу, что позволяет оперативно обновлять и анализировать данные;

Создание картографического интерфейса для визуализации данных, включая возможность взаимодействия с атрибутивной информацией об объектах. С помощью интерфейса пользователи могут просматривать географическое распределение объектов, взаимодействовать с атрибутивными, просматривать сопутствующие документы [2].

Интеграция с различными источниками данных [3]. Взаимодействие с GeoServer – база геоданных, реляционными базами данных PostgreSQL, MySQL и файловый сервер.

Разработка интерфейса для управления векторными слоями. Возможность управления видимостью слоев, их группировкой по тематическим категориям, что обеспечит удобный доступ к информации [2, 3].

Реализация дашбордов для мониторинга показателей и анализа данных. Система предоставляет дашборды для удобного отслеживания состояния ключевых метрик и параметров. Дашборды позволяют анализировать данные в реальном времени и предоставляют пользователям необходимые инструменты для принятия обоснованных решений.

Обеспечение безопасности и разграничение доступа к данным в системе. Сервис включает механизмы разграничения доступа для разных групп пользователей, что повышает безопасность данных.

Целевой аудиторией разрабатываемого программного решения могут быть:

инженеры и специалисты по картографии, которым требуется актуальная и точная информация для принятия оперативных решений и выполнения своих задач;

менеджеры и аналитики, которым важен доступ к данным в наглядной форме, включая отчеты и ключевые метрики;

разработчики программного обеспечения и специалисты в сфере информационной безопасности, обеспечивающие надежность системы и управление правами доступа.

Разработанная система управления геоданными реализует решение в виде единого централизованного хранения и визуализации пространственных данных. Она значительно упрощает доступ к данным, их обновление и анализ, что позволяет снизить риски утечек информации и упростить ее переработку. Использование дашбордов для оценки последних изменений и аналитики делают данное решение универсальным и более гибким. Такое решение имеет широкий потенциал для использования на предприятиях, работающих с пространственными данными, и может быть адаптировано для других организаций [2].

Интеграция интерактивных дашбордов предоставляет возможность следить за основными показателями в реальном времени, создавать графики и анализировать изменения. Гибкость и универсальность данной платформы позволяет настроить ее под уникальные требования разных отраслей, таких как городское планирование, наблюдение за состоянием окружающей среды, управление производственными объектами и другие.

Для более наглядного представления ключевых функций геопортала представлена диаграмма в виде дерева функций, приведенная на рис. 2 ниже. Она охватывает пять основных разделов: управление данными, визуализацию, аналитику и дашборды, интерфейс пользователя и интеграцию. Каждый из этих разделов подробно описан, включая такие функции, как импорт и экспорт данных, работа с пространственными и атрибутивными слоями, создание графиков и диаграмм, настройка пользовательского интерфейса и авторизация пользователей [5].

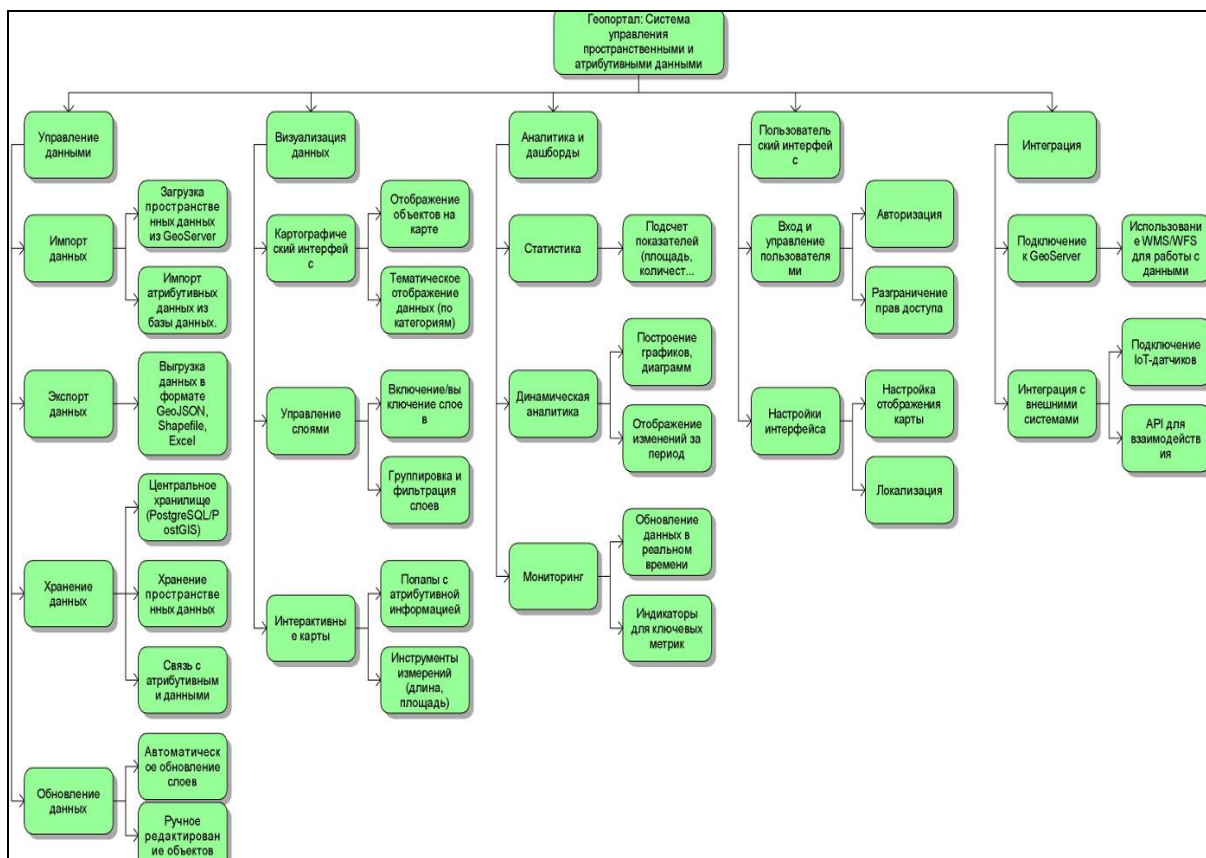


Рис. 2. Диаграмма дерева функций

Библиографический список

1. Гладышева Н.В., Сидорова Л.А., Орлов Д.П. Методология создания геопорталов для управления пространственными данными // Современные наукоемкие технологии. 2021. № 5. С. 34–41.
2. Орлов С.А. Геопорталы как инструмент для территориального планирования // Вестник Московского государственного университета геодезии и картографии. 2022. Т. 14, № 2. С. 22–30.
3. Государственная программа РФ. Национальная система пространственных данных: Постановление № 2148 от 1 декабря 2021 г. // Официальный портал правовой информации. URL: <https://pravo.gov.ru> (дата обращения: 19.11.2024).
4. Федотова И.П., Зимин К.В. Программные платформы для создания геопорталов: опыт и перспективы // Геоинформатика. 2020. № 3. С. 45–53.
5. Попов А.И., Кузнецова Т.В. Интеграция пространственных данных в управлении природными ресурсами // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2019. № 6. С. 78–85.

© Шаймарданов Д.А., Павлова Л.Г., 2024

СЕКЦИЯ 5.7 СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, УПРАВЛЕНИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 004.8

А.С. АНТОНОВ

aleksander.antonov.2013@mail.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. **А.П. КОСТЮКОВА**

Уфимский университет науки и технологий

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ РОБОТОМ-МАНИПУЛЯТОРОМ С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Аннотация: в статье рассматривается проектирование и реализация программно-аппаратного комплекса (ПАК) для управления роботом-манипулятором. Разработанный комплекс позволяет оптимизировать управление за счет использования методов машинного обучения, что повышает точность и надежность управления.

Ключевые слова: робот-манипулятор; нейронные сети; программно-аппаратный комплекс; автоматизация; управление движением; машинное обучение; 3D-моделирование; шаговые двигатели; сенсоры.

Использование роботов-манипуляторов на базе нейронных сетей позволяет значительно повысить их адаптивность, эффективность и надежность. Такие технологии особенно актуальны в условиях промышленной автоматизации, где предъявляются высокие требования к точности и скорости выполнения операций. Применение нейронных сетей открывает возможности для адаптивного реагирования на изменения окружающей среды, минимизации ошибок при выполнении задач и улучшения взаимодействия между аппаратной и программной частью.

Проведен сравнительный анализ современных роботов-манипуляторов, таких как DOBOT Magician, WLKATA Mirobot и другие. Выявлено, что традиционные алгоритмы управления, основанные на жестко заданных траекториях, ограничены в своей гибкости и плохо подходят для задач с изменяющимися условиями. На основе анализа была обоснована необходимость внедрения методов машинного обучения, в частности нейронных сетей, для улучшения управления. Выбраны архитектуры, подходящие для задачи регрессии и классификации данных от сенсоров.

Проектирование аппаратной и программной архитектуры

Аппаратная часть. Контроллер Arduino Mega обрабатывает команды и управляет шаговыми двигателями. Сенсоры (ультразвуковые и инфракрасные) используются для измерения расстояний и обнаружения препятствий. Механический захват, оснащенный сервоприводом, выполняет операции захвата и перемещения объектов.

Программная архитектура. Обученная нейронная сеть анализирует данные от сенсоров для определения оптимальных траекторий и силы захвата. Низкоуровневое ПО реализует связь между контроллером и исполнительными механизмами. Использован фреймворк TensorFlow для разработки нейронной сети, а обучение сети выполнено с использованием 10 000 выборок, смоделированных в виртуальной среде.

Реализация алгоритмов управления

Нейронная сеть принимает данные от сенсоров: Входные параметры: расстояние до препятствий, текущий угол поворота манипулятора, нагрузка на захват. Выходные параметры: оптимальная траектория движения, угол поворота и степень раскрытия захвата. Сеть состоит из трех скрытых слоев по 128 нейронов, использует ReLU в качестве функции активации и Adam для оптимизации. Во время тестирования сеть показала точность предсказания траекторий в 95 %, а средняя ошибка при расчете угла поворота составила $0,08^\circ$.

Проектирование комплекса

На рис. 1 представлена модель программно-аппаратного комплекса.

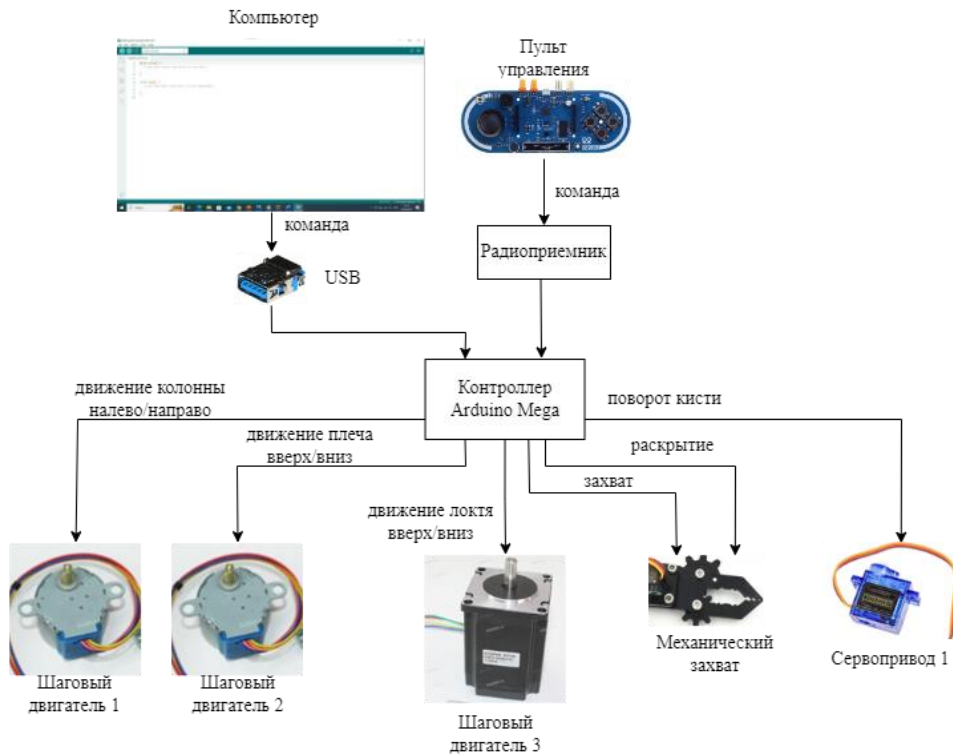


Рис. 1. Компонентная модель робота-манипулятора

Контроллер Arduino Mega управляет шаговыми двигателями, сервоприводами и сенсорами. Шаговые двигатели и сервоприводы выполняют перемещения манипулятора в трехмерном пространстве. Сенсоры передают данные о текущем положении манипулятора и обнаруживают препятствия. Нейронная сеть, работающая на внешнем компьютере, принимает данные сенсоров и генерирует команды для управления манипулятором.

Программная часть. Разработанная нейронная сеть была обучена на синтетических данных, созданных в 3D-симуляторе. Такой подход позволил смоделировать широкий спектр сценариев: от перемещения объектов различных форм и размеров до работы с грузами разной массы. Для реализации системы была выбрана модель многослойного перцептрона (MLP), оптимизированная для задач регрессии. Взаимодействие между нейронной сетью и аппаратной частью комплекса осуществляется через интерфейс USB, что обеспечивает стабильную и быструю передачу данных.

Преимущества использования нейронных сетей

1) Адаптивное управление: сеть автоматически корректирует траектории на основе текущих условий.

2) Повышенная точность: манипулятор способен позиционировать объекты с точностью до 0,1 мм.

3) Устойчивость к внешним помехам: сеть обрабатывает данные в реальном времени и игнорирует ложные сигналы сенсоров.

Реализация

Для сборки манипулятора использовались компоненты, напечатанные на 3D-принтере, и шаговые двигатели NEMA, обеспечивающие плавное движение. Управление манипулятором было интегрировано в микроконтроллер Arduino Mega, который отвечает за выполнение низкоуровневых задач. Нейронная сеть выполняется на внешнем компьютере, используя библиотеки TensorFlow и NumPy для анализа данных и построения траекторий.

Результаты тестирования

Разработанная система продемонстрировала следующие показатели:

1) точность управления: 95 % успешного выполнения операций по перемещению объектов;

2) средняя ошибка траектории: всего 0,08°, что подтверждает высокую точность расчетов;

3) скорость обработки: сеть обрабатывает данные с частотой 30 гц, что позволяет обеспечить плавные и естественные движения манипулятора;

4) улучшение производительности: снижение количества ошибок на 23 % и сокращение времени выполнения задач на 17 % по сравнению с традиционными подходами.

Дополнительные возможности

В перспективе функционал системы можно расширить, добавив видеокамеру для распознавания объектов, что улучшит взаимодействие манипулятора с окружающей средой. Также рассматривается возможность разработки алгоритмов координации работы нескольких манипуляторов в составе производственной линии, что повысит эффективность и гибкость автоматизированных процессов.

Вывод

Результаты работы подтверждают, что использование нейронных сетей для управления роботами-манипуляторами значительно повышает их точность, адаптивность и надежность. Разработанный ПАК может быть использован для автоматизации производственных процессов, требующих высокой точности позиционирования и гибкости в управлении. В перспективе предполагается добавить функции визуального распознавания объектов и координации между несколькими роботами.

Библиографический список

1. Басаргин А.А. Методы искусственного интеллекта: учебное пособие / А.А. Басаргин. Новосибирск: СГУГиТ, 2022. 164 с.
2. Иванов И.И. Основы робототехники: монография / И.И. Иванов. М.: Изд-во МАИ, 2020. 320 с.
3. Добряков П.В. Управление роботами: учебное пособие / П.В. Добряков. СПб.: Политех, 2019. 248 с.
4. Смирнов А.К. Алгоритмы и структуры данных для управления роботами / А.К. Смирнов. М.: МИЭМ, 2021. 180 с.
5. Лысенко И.П. Основы машинного обучения / И.П. Лысенко. Новосибирск: Наука, 2020. 256 с.
6. Юрьев А.С. Робототехнические комплексы: проектирование и управление / А.С. Юрьев. Екатеринбург: УрФУ, 2020. 310 с.

© Антонов А.С., 2024

А.С. АНТОНОВ

aleksander.antonov.2013@mail.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. **А.П. КОСТЮКОВА**

Уфимский университет науки и технологий

НАСТРОЙКА НЕЙРОННОЙ СЕТИ Д ЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ ПО ЦВЕТУ И ФОРМЕ

Аннотация: в статье рассматривается проблема классификации объектов по цвету и форме с использованием нейронной сети. В качестве аппаратной основы используется датчик цвета TCS3200 на базе Arduino. Приведены этапы калибровки датчика, формирования обучающей выборки и обучения нейронной сети. Также представлены результаты тестирования системы и оценка ее потенциала для внедрения в промышленные системы.

Ключевые слова: нейронная сеть; сортировка по цвету; датчик цвета; персептрон; обучение нейронной сети.

Применение нейронных сетей в робототехнике предоставляет возможности для решения задач распознавания объектов. Данная работа фокусируется на разработке системы, распознающей детали по цвету и форме, используя датчик TCS3200 и микроконтроллер Arduino.

Описание установки

Разработанная система состоит из датчика цвета TCS3200, подключенного к микроконтроллеру Arduino Uno, который используется для анализа цветовых характеристик объектов. Датчик цвета TCS3200 представляет собой модуль с массивом фотодиодов, разделенных на группы по цветам: красный, зеленый, синий и без фильтра. Каждый цветовой канал преобразует свет в частоту, пропорциональную интенсивности отраженного света.

Микроконтроллер Arduino считывает сигналы с датчика через цифровые входы. В устройстве предусмотрены элементы управления, включая кнопки для запуска измерений. Данные с датчика передаются в компьютер через последовательный порт для последующей обработки и визуализации.

Для уменьшения ошибок измерений система оборудована защитой от бокового света. Используются пластиковые экраны и ИК-фильтры, которые предотвращают воздействие нежелательных источников излучения на матрицу фотодиодов. Установка оптимизирована для работы в условиях лаборатории, но может быть адаптирована для производственных целей. Структурная схема представлена на рис. 1.

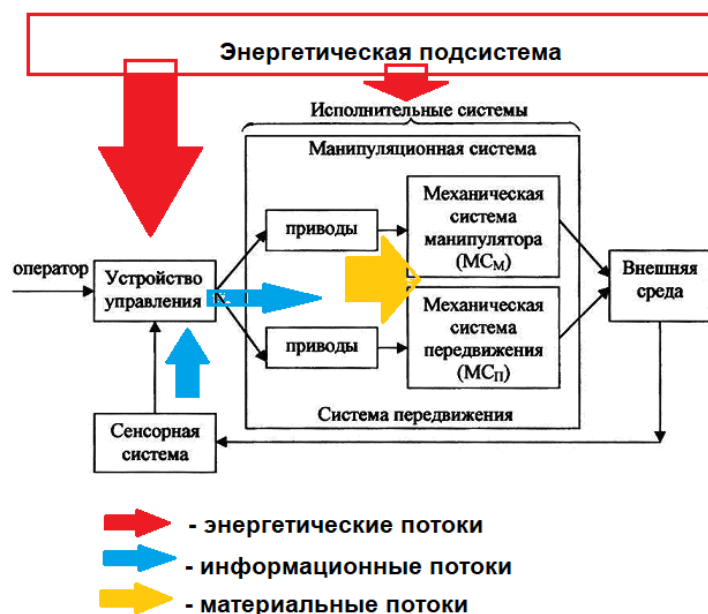


Рис. 1. «Связность» энергетическая, механическая, информационная в составе робота, оснащенного нейронной сетью

Калибровка датчика

Перед началом измерений проводилась калибровка датчика TCS3200 для повышения точности распознавания цветов. Процедура включала тестирование с использованием эталонных объектов: красного, зеленого и синего цветов. Каждый объект размещался на фиксированном расстоянии (10 мм) от датчика. На рис. 2 представлены основные компоненты датчика цвета TCS3200, включая фотодиоды, фильтры и дополнительные элементы.

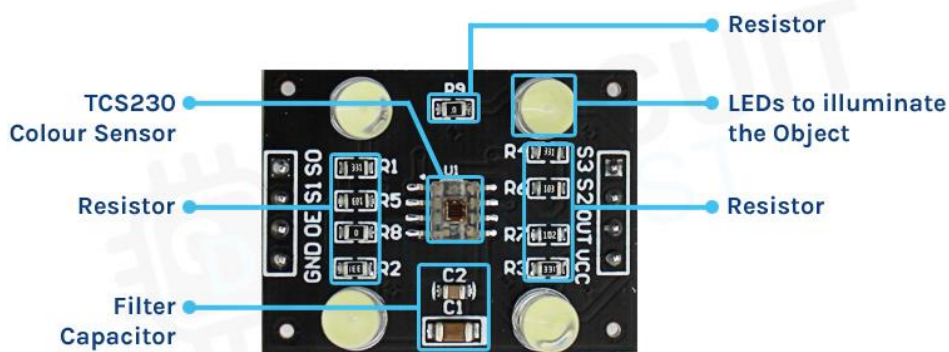


Рис. 2. Компоненты датчика цвета TCS3200

Считывались значения частот, генерируемых для каждого цветового канала (RGB). Эти данные использовались для создания таблиц преобразования частот в значения интенсивностей (0–255). В процессе измерений учитывались такие факторы, как яркость освещения, стабильность напряжения питания и свойства поверхности объекта (гладкая или шероховатая).

Для каждого измерения сигнал датчика усреднялся по 10–20 выборкам, чтобы исключить флуктуации, вызванные внешними помехами. На основе полученных значений были определены границы отклика датчика, что позволило минимизировать ложные срабатывания и повысить надежность системы.

Формирование обучающих выборок

После завершения калибровки система использовалась для сбора обучающих данных. Объекты разных цветов размещались перед датчиком, а их RGB-характеристики сохранялись в виде массивов данных. Эти массивы включали значения интенсивностей красного (R), зеленого (G) и синего (B) цветов, а также метки класса (например, "1" для красного цвета и "0" для других).

Полученные данные были разделены на тренировочную и тестовую выборки в соотношении 70:30. Анализ выборок проводился с использованием графического представления точек в трехмерном RGB-пространстве. Как видно на рис. 3, данные из разных классов образуют четко различимые кластеры, что свидетельствует о возможности их классификации с использованием нейронной сети.

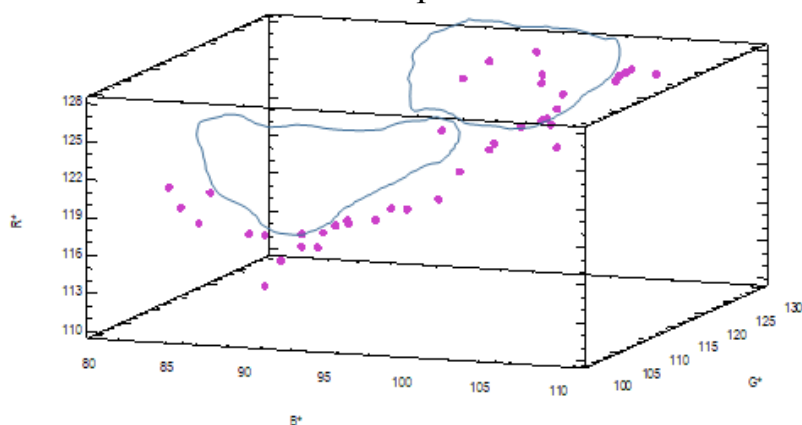


Рис. 3. Наборы 1 и 2 в трехмерном пространстве

Для оценки качества обучающих выборок проводились тесты на нормальность распределения данных и их однородность. Результаты анализа показали, что выборки соответствуют требованиям, необходимым для обучения модели.

Обучение сети

Для задачи классификации использовалась однослойная нейронная сеть (персептрон) с логистической функцией активации. Эта функция преобразует взвешенные суммы входных сигналов в значения вероятностей, лежащие в диапазоне от 0 до 1.

Обучение сети проводилось методом градиентного спуска. На каждом шаге вычислялась ошибка между предсказанными и реальными метками классов. Весовые коэффициенты модели корректировались с целью минимизации этой ошибки. Алгоритм обучения состоял из следующих этапов:

1. Инициализация начальных весов случайными значениями.
2. Последовательная обработка каждого элемента обучающей выборки.
3. Вычисление квадратичной ошибки для текущего набора данных.
4. Коррекция весов с использованием формулы обратного распространения ошибки.

Процесс обучения завершился, когда средняя ошибка по всей выборке достигала заданного порога. Для ускорения сходимости использовалась динамическая регулировка скорости обучения.

Тестирование модели на отложенной выборке показало точность классификации 92 %. Это подтверждает эффективность предложенного подхода и его пригодность для практического использования в системах автоматизации.

Вывод

В ходе исследования разработана и реализована система классификации объектов по цвету и форме с использованием датчика цвета TCS3200 и микроконтроллера Arduino. Проведенная настройка датчика, формирование обучающих выборок и обучение нейронной сети подтвердили высокую эффективность предложенного подхода.

Разработанная система демонстрирует точность классификации на уровне 92 %, что делает ее пригодной для использования в промышленных автоматизированных системах. Применение однослойной нейронной сети позволяет добиться высокой производительности при минимальных вычислительных затратах, что особенно важно для встраиваемых решений.

Предложенная методика может быть успешно внедрена в производственные процессы, такие как сортировка деталей, контроль качества или управление роботами-манипуляторами. Дальнейшее развитие работы может включать расширение функциональности системы, добавление новых классов объектов и адаптацию под более сложные условия эксплуатации.

Библиографический список

1. Фролов А.А., Муравьев И.П. Нейронные модели ассоциативной памяти. М.: Наука, 2004. 160 с.
2. Флах П. Машинное обучение. Наука и искусство построения алгоритмов, которые извлекают знания из данных. М.: ДМК Пресс, 2015. 400 с.
3. Петров С. Сверточная нейронная сеть для распознавания символов номерного знака автомобиля // Международный Университет природы, общества и человека «Дубна», 2013. Вып. 3. С. 56.
4. Чабаненко В.Д. Модификации метода стохастического градиентного спуска для задач машинного обучения с большими объемами

данных. Master's thesis, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 2016.

5. Семенов К.К. Автоматическое дифференцирование функций, выраженное программным кодом. Вестник Саратовского государственного технического университета, 2011.

6. Форсайт Д.А., Понс Ж. Компьютерное зрение. Современный подход. М.: Вильямс, 2004. 928 с.

© Антонов А.С., 2024

Е.А. БАРЫКИНА

barykinakate24@mail.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. **А.Г. КАРАМЗИНА**

Уфимский университет науки и технологий

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ СОДЕРЖАНИЯ ПДК ГАЗОВЫХ ПРИМЕСЕЙ В МНОГОКВАРТИРНОМ ДОМЕ

Аннотация: в данной статье анализируется необходимость и значимость создания системы управления и контроля предельно допустимых концентраций газовых примесей в многоквартирном доме. Также представлена классификация газоанализаторов и сигнализаторов, предназначенных для выявления и измерения опасных уровней газов.

Ключевые слова: предельно допустимая концентрация (ПДК); газоанализатор; сигнализатор; система управления; газовая примесь; контроль.

Разработка системы управления и контроля предельно допустимых концентраций газовых примесей в многоквартирных домах становится все более актуальной из-за растущих требований к безопасности и здоровью жителей.

Газовые примеси, такие как угарный газ и диоксид углерода, могут оказывать негативное влияние на здоровье человека, вызывая различные заболевания и ухудшая общее самочувствие.

В наше время современные технологии позволяют создать эффективные системы мониторинга и управления качеством воздуха в закрытых помещениях. Использование датчиков для измерения концентрации различных газов, а также автоматизированных систем для анализа данных и управления вентиляцией может значительно улучшить качество воздуха. Эти технологии могут быть интегрированы в существующие системы жизнеобеспечения зданий, что делает их внедрение более доступным и экономически целесообразным.

Система управления и контроля ПДК газовых примесей позволит своевременно выявлять превышение норм и принимать необходимые меры для защиты здоровья граждан. Это не только улучшает качество жизни жителей, но и способствует повышению энергоэффективности зданий за счет оптимизации вентиляционных систем. Кроме того, такая система может стать важным элементом умного дома, интегрируясь с другими технологическими решениями для автоматизации управления климатом.

Законодательные инициативы и нормы, касающиеся охраны окружающей среды и обеспечения безопасности в жилых помещениях, требуют от управляющих компаний и владельцев жилья принятия мер по контролю за качеством воздуха. Введение обязательных стандартов по содержанию ПДК газовых примесей в жилых зданиях создает необходимость разработки эффективных систем мониторинга. Это не только повысит уровень безопасности, но и улучшит репутацию управляющих компаний и повысит доверие со стороны жильцов. Кроме того, стоит отметить, что многие современные жильцы становятся более осведомленными о вопросах экологии и здоровья. Они ожидают от своих жилищных условий не только комфорта, но и безопасности. Поэтому наличие системы контроля за содержанием ПДК газовых примесей может стать конкурентным преимуществом для застройщиков и управляющих компаний.

Внедрение системы управления ПДК газовых примесей в многоквартирных домах – это необходимая мера для защиты здоровья граждан, соблюдения законодательных норм, повышения качества жизни и создания безопасной городской среды. Инвестиции в такие системы не только оправдают себя с точки зрения здоровья населения, но и станут важным шагом к устойчивому развитию городов, что делает данное направление исследований и разработок особенно актуальным.

На данный момент существует большое количество производителей систем контроля ПДК вредных веществ. Например, «Артгаз», «ЭМИ-Прибор», НПО «ПРИБОР» ГАНК и другие.

Для своевременного обнаружения и контроля уровня предельно допустимой концентрации существуют устройства, такие как газоанализаторы и сигнализаторы.

Газоанализаторы – это измерительные приборы, которые предназначены для измерения и определения концентрации различных газов в воздухе или в газовых смесях. Данные устройства используются для обеспечения безопасности, отслеживания и контроля качества воздуха в различных средах. Основными функциями приборов являются:

- измерение концентрации газов;
- предупреждение о превышении предельно допустимых концентраций;
- мониторинг окружающей среды.

Классификация газоанализаторов представлена на рис. 1.



Рис. 1. Классификация газоанализаторов

В свою очередь, физическо-химические газоанализаторы подразделяются на:

- термохимические – определяют энергию выделяемого тепла при прохождении химической реакции в смеси газов;

- электрохимические – выделяют определенный реагент, который вступает в реакцию с необходимым компонентом газовой смеси, далее измерение концентрации газа в смеси происходит по значению электропроводимости раствора, поглощающего этот газ;

- хроматографические – разделяют компоненты смеси на основе их взаимодействия с неподвижной фазой, используются для анализа сложных смесей газов;

- фотоколориметрические: принцип действия состоит в изменении цвета веществ при взаимодействии с необходимым компонентом газовой смеси;

- фотоионизационные – измеряют силу тока, которая вызывается ионизацией молекул газа и паров фотонами, излучаемыми источником ультрафиолетового излучения).

Сигнализаторы – устройства, предназначенные для обнаружения и сигнализации о наличии опасных концентраций газов или паров в воздухе помещения. Они используются в различных сферах, таких как химическая промышленность, нефтегазовая промышленность, а также в системах вентиляции и безопасности зданий [2]. Основные функции сигнализаторов:

- обнаружение газа;
- сигнализация при достижении опасной концентрации газов;
- отслеживание окружающей среды.

Классификация сигнализаторов представлена на рис. 2.



Рис. 2. Классификация сигнализаторов

Выбор конкретного типа сигнализатора и газоанализатора зависит от его назначения, условий эксплуатации и требований к системе. Правильная классификация помогает эффективно организовать систему безопасности и контроля.

Библиографический список

1. Классификация газоанализаторов / [Электронный ресурс] // gazoanalizators: [сайт]. URL: <https://gazoanalizators.ru/articles/klassifikatsiya-gazoanalizatorov/> (дата обращения: 21.11.2024).
2. Сигнализатор / [Электронный ресурс] // spravochnick: [сайт]. URL: https://spravochnick.ru/elektronika_elektrotehnika_radiotekhnika/signalizator/ (дата обращения: 21.11.2024).
3. Типы сигнализаторов загазованности / [Электронный ресурс] // energomatica: [сайт]. URL: <https://energomatica.ru/articles/typyi-signalizatorov-zagazovannosti> (дата обращения: 21.11.2024).

© Барыкина Е.А., 2024

Л.Ф. ГАБДРАХМАНОВА

klyajsan1997@gmail.com

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. **Г.А. САИТОВА**

Уфимский университет науки и технологий

АНАЛИЗ УСТОЙЧИВОСТИ ДВУСВЯЗНОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ С РАЗНОРОДНЫМИ ПОДСИСТЕМАМИ

Аннотация: в данной статье рассматриваются двусвязные системы автоматического управления. Проводится оценка устойчивости двусвязной системы с разнородными подсистемами при изменении коэффициентов связи.

Ключевые слова: многосвязная система автоматического управления, двусвязная система, амплитудно-фазовая характеристика, разнородная подсистема, коэффициент демпфирования.

Зачастую на практике возникает проблема, когда две рассматриваемые идентичные подсистемы оказываются разнородными по своей физической природе и по математической модели описываются уравнениями разного порядка. Существующие два подхода к описанию многосвязных систем автоматического управления (САУ), такие как описание многосвязной системы в пространстве состояний в виде системы дифференциальных уравнений первого порядка в форме Коши и описание движения многосвязных САУ в форме матричных передаточных функций, не учитывают разнородность подсистем. Тогда для исследования двусвязных САУ с разнородными амплитудно-фазовыми характеристиками (АФХ) подсистем [2] необходимо применять методологию системного подхода, которая позволяет исследовать систему именно с разнородными характеристиками подсистем.

Двусвязная САУ с разнородными амплитудно-фазовыми характеристиками представляет собой систему, состоящую из устройства управления, исполнительного механизма, многомерного объекта управления и перекрестных связей в многомерном объекте, которая позволяет оказывать влияние одной подсистемы на другую, тем самым взаимодействуя между собой.

В общем виде схема двусвязной САУ с однократными связями между подсистемами в многомерном объекте управления с разнородными подсистемами представлена на рис. 1.

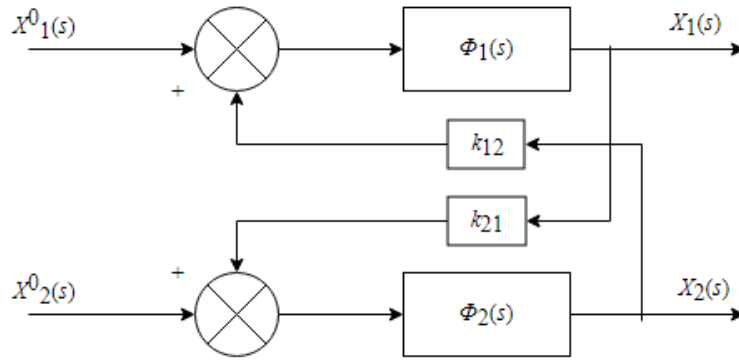


Рис. 1. Структурная схема исследуемой двусвязной САУ с разнородными подсистемами

Рассмотрим двусвязную САУ с разнородными подсистемами, описываемую следующей системой уравнений

$$\begin{aligned} X_1(s) &= \Phi_1(s) \times [X^0_1(s) + k_{12}X_2(s)] \\ X_2(s) &= \Phi_2(s) \times [X^0_2(s) + k_{21}X_1(s)], \end{aligned} \quad (1)$$

где $\Phi_1(s) = \frac{1}{\tau_1^2 s^2 + 2\zeta_1 \tau_1 s + 1}$; $\Phi_2(s) = \frac{1}{\tau_2^2 s^2 + 2\zeta_2 \tau_2 s + 1}$.

Здесь разнородность подсистем проявляется в различии коэффициентов демпфирования: $\zeta_1 \neq \zeta_2$. Изменяя значения коэффициентов демпфирования, можно оценить влияние изменения параметров на устойчивость системы в целом.

Тогда характеристическое уравнение двусвязной САУ, основанное на предложенном в работе [1, 3, 4] способе описания многосвязных САУ сложным динамическим объектом через индивидуальные характеристики подсистем и характеристики многомерных элементов связей между ними, равно

$$1 + h_2(s) \times \Phi_1(s) \times \Phi_2(s) = 0.$$

Условие устойчивости в частотной области для двусвязной системы, состоящей из разнородных динамических характеристик подсистем, определяется следующим критерием устойчивости: для устойчивости двусвязной САУ с разнородными амплитудно-фазовыми характеристиками подсистем необходимо и достаточно, чтобы при изменении частоты ω от 0 до плюс ∞ обобщенная АФХ двух подсистем $\Phi_0(j\omega)$ удовлетворяла условию:

$$\begin{aligned} |\Phi_0(j\omega)| &< \left| -\frac{1}{h_2(j\omega)} \right|, \\ \arg \Phi_0(j\omega) &= \arg \left(-\frac{1}{h_2(j\omega)} \right), \end{aligned} \quad (2)$$

где $\Phi_0(j\omega) = \Phi_1(j\omega) \times \Phi_2(j\omega)$; рассмотрим случай, когда коэффициенты связи вещественные значения, тогда

$$- h_2 = \frac{\begin{vmatrix} 0 & k_{12} \\ k_{21} & 0 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} k_{11} & 0 \\ 0 & k_{22} \end{vmatrix}}$$

Если $h_2 < 0$, то критическая точка лежит в правой полуплоскости. Если $h_2 > 0$, то критическая точка лежит в левой полуплоскости.

Пример 1.

Требуется оценить устойчивость двухсвязной САУ с устойчивыми подсистемами для следующей структурной схемы с использованием *Matlab (Simulink)*, которая представлена на рисунке 2, при следующих значениях коэффициентов $\tau_1 = \tau_2 = 1$ с, $\zeta_1 = 0,4$, $\zeta_2 = 0,15$, $k_{11} = 1$, $k_{12} = 0,9$, $k_{21} = 0,9$, $k_{22} = 1$ (коэффициенты связи в системе положительны).

В данной системе $h_2 = -0,81$ тогда $\left| -\frac{1}{h_2} \right| = 1,24$, $\arg \Phi_0(j\omega) = 0$, $\arg \left(-\frac{1}{h_2(j\omega)} \right) = 0$, то есть произведение АФХ $\Phi_0(j\omega)$ должно быть меньше 1.24. Общая АФХ $\Phi_0(j\omega)$ представлена на рис. 2, из которой видно, что двусвязная система с разнородными характеристиками устойчива, что подтверждают переходные процессы в системе (рис. 3). Следовательно, критерий устойчивости (2) справедлив.

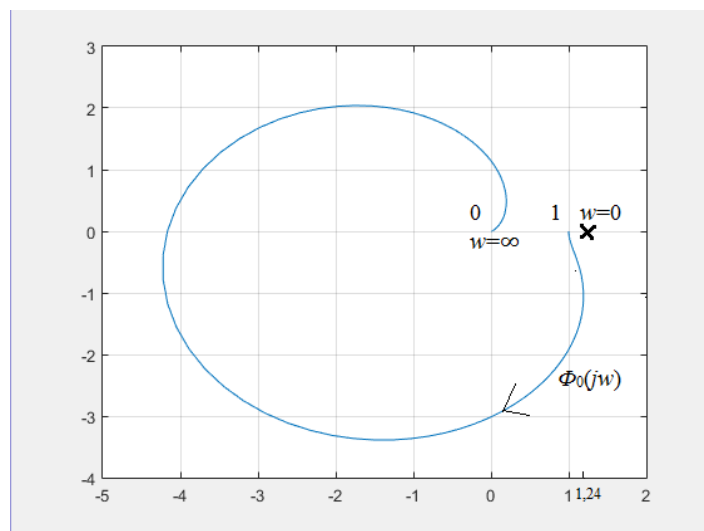
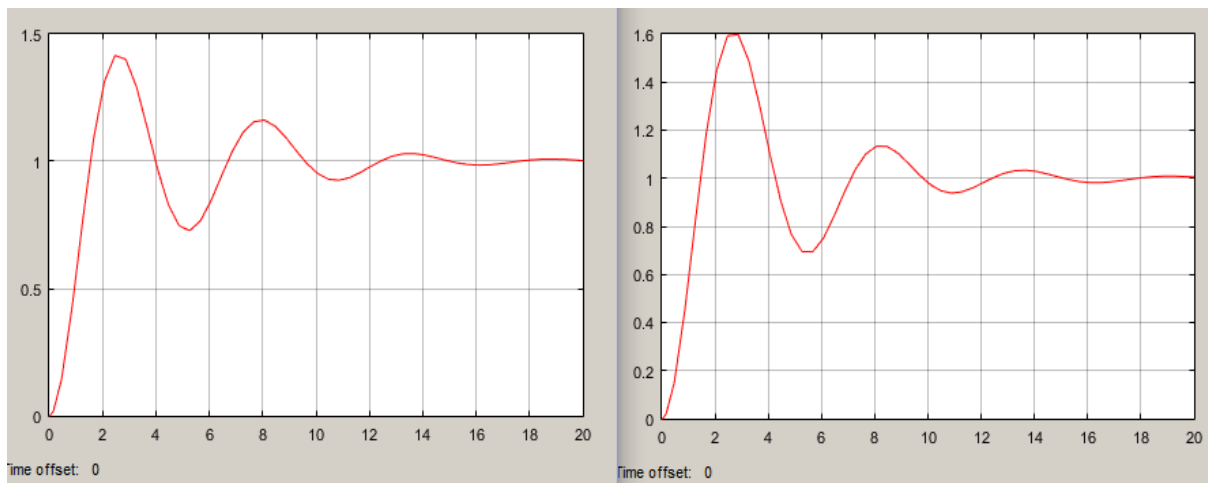


Рис. 2. АФХ $\Phi_0(j\omega)$ устойчивой двусвязной САУ



а) б)
Рис. 3. Переходные процессы в устойчивой двусвязной САУ
a – первая подсистема; *б* – вторая подсистема

Пример 2.

Рассмотрим данную задачу для случая, когда коэффициенты связи в объекте с одного канала на другой меняет знак на противоположный $\tau_1 = \tau_2 = 1$ с, $\zeta_1 = 0,4$, $\zeta_2 = 0,15$, $k_{11} = 1$, $k_{12} = -0,9$, $k_{21} = 0,9$, $k_{22} = 1$.

В этом случае условие устойчивости (2) двусвязной системы не выполняется $|\Phi_0(j\omega)| > |-1,24|$, $\arg \Phi_0(j\omega) = -\pi$, $\arg \left(-\frac{1}{h_2(j\omega)} \right) = -\pi$.

Это видно из рис. 4, где АФХ $\Phi_0(j\omega)$ охватывает точку $-1,24$, и переходные процессы соответствуют неустойчивой системе (рис. 5), что подтверждают справедливость критерия (2).

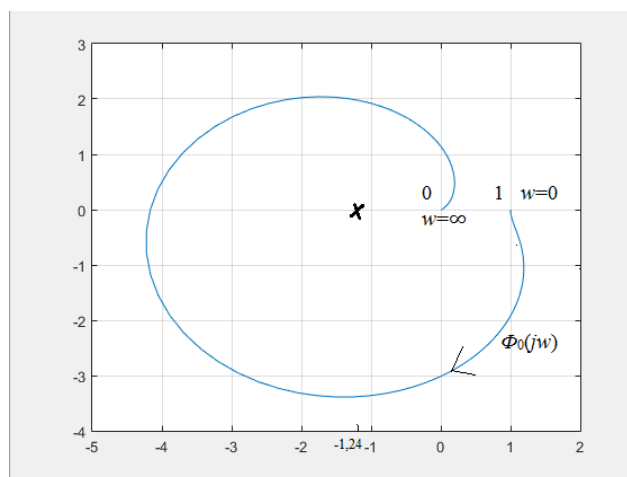
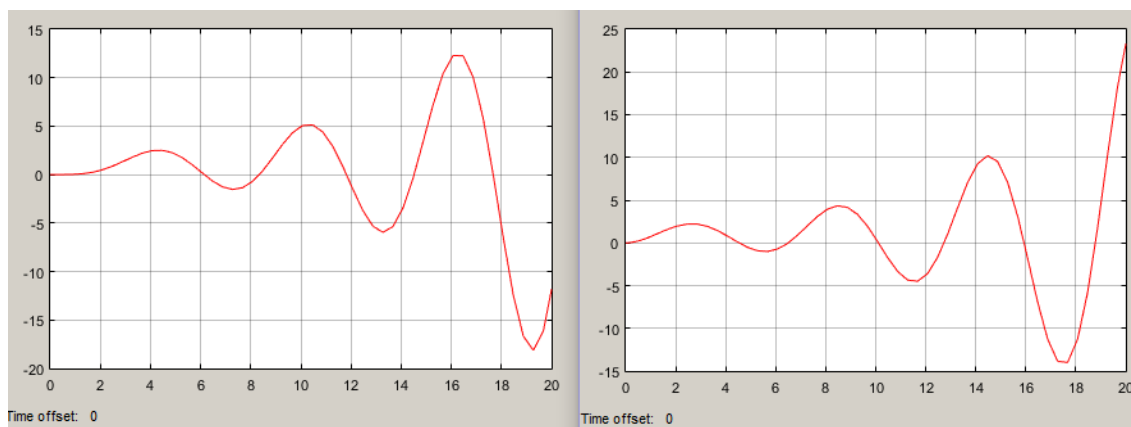


Рис. 4. АФХ $\Phi_0(j\omega)$ неустойчивой двусвязной САУ



а) б)
 Рис. 5. Переходные процессы в неустойчивой системе
 а – первая подсистема, б – вторая подсистема

Устойчивость данной системы возможно достичь, если изменить коэффициенты связи между подсистемами на меньшие значения, например, $k_{12} = -0,4$, $k_{21} = 0,4$. При этом один из коэффициентов связи остается отрицательным.

В этой структуре условие устойчивости двусвязной системы: $|\Phi_0(j\omega)| < |-6,25|$, $\arg \Phi_0(j\omega) = -\pi$, $\arg \left(-\frac{1}{h_2(j\omega)} \right) = -\pi$ выполняется, АФХ не охватывает точку $-6,25$, что видно из рисунка общей АФХ $\Phi_0(j\omega)$ (рис. 6) и переходных процессов в системе (рис. 7), в которых амплитуда колебаний уменьшается, но система недостаточно качественна, т. к. уменьшение амплитуды колебаний достаточно слабое, т. е. малый коэффициент демпфирования системы.

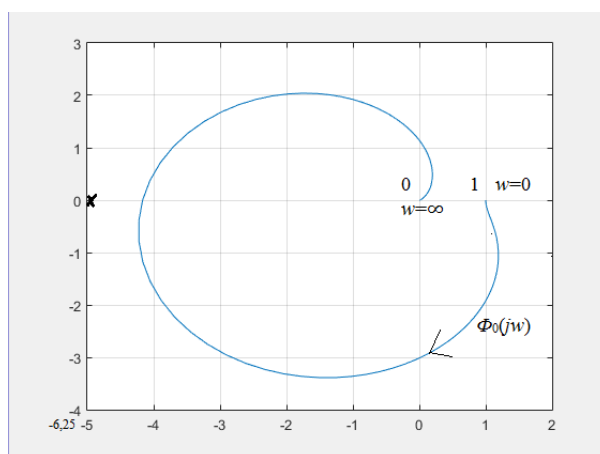
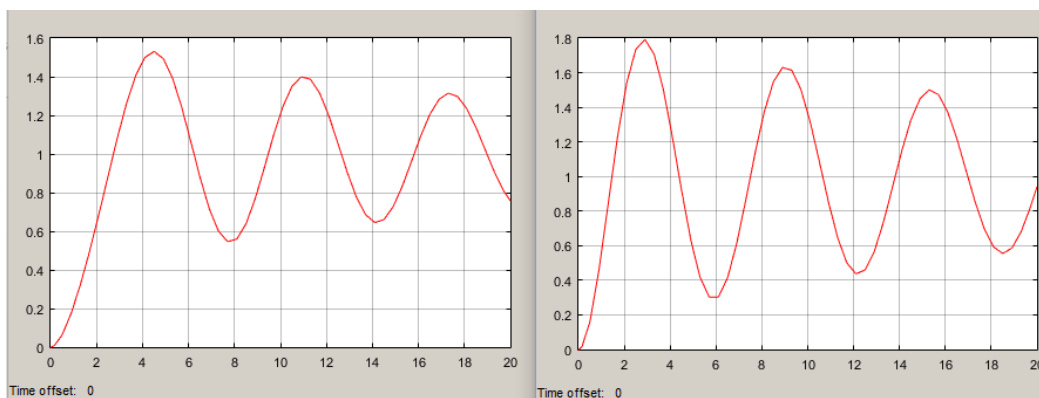


Рис. 6. АФХ $\Phi_0(j\omega)$ устойчивой системе



а)

б)

Рис. 7. Переходные процессы в устойчивой системе
а – первая подсистема; *б* – вторая подсистема

Таким образом, в ходе исследования анализа устойчивости двусвязной САУ с разнородными амплитудно-фазовыми характеристиками подсистем установлено, что для устойчивости в частотной области двусвязной системы необходимо и достаточно выполнение условия (2), что подтверждено переходными характеристиками системы, а также общей АФХ исследуемой двусвязной системы. При уменьшении коэффициентов связи между подсистемами можно достичь устойчивости системы и высокого качества управления системы в целом.

Библиографический список

1. Петров Б.Н. Частотный метод анализа и синтеза многомерных систем автоматического регулирования» / Б.Н. Петров, Б.А. Черкасов, Б.Г. Ильясов, Г.Г. Куликов // Докл. АН СССР. 1979. Т. 247, № 2. С. 304–307.
2. Ильясов Б.Г. Алгоритм реконфигурации структуры многосвязной системы автоматического управления из условия устойчивости на основе частотных методов / Б.Г. Ильясов, Г.А. Саитова, А.Ш. Назаров // Вестник УГАТУ. Уфа: УГАТУ, 2012. Т. 16, № 3 (48). С. 3–10.
3. Ильясов Б.Г., Саитова Г.А., Исследование многосвязных систем автоматического управления сложными динамическими объектами на основе парадигмы Б.Н. Петрова // Проблемы управления. 2021. № 3. С. 3–15.
4. Ильясов Б.Г., Саитова Г.А. Системный подход к исследованию многосвязных систем автоматического управления на основе частотных методов» // Автоматика и телемеханика. 2013. № 3. С. 173–191.

© Габдрахманова Л.Ф., 2024

А.И. ГАЗИЗОВ

gazizovy2@mail.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. **О.Я. БЕЖАЕВА**

Уфимский университет науки и технологий

АГЛОМЕРАТИВНАЯ КЛАСТЕРИЗАЦИЯ СЕТЕЙ СО СЛУЧАЙНОЙ СТРУКТУРОЙ

Аннотация: в статье рассматривается актуальная проблема кластеризации графов физической топологии сети, которая становится все более значимой в условиях роста объемов данных и развития информационных технологий. Основное внимание уделяется агломеративной кластеризации, как методу, позволяющему выявлять скрытые структуры и закономерности в сложных сетях. В работе представлены два подхода к агломеративной кластеризации: с использованием коэффициента ассоциативности и транзитивного замыкания.

Ключевые слова: сетевые структуры; агломеративная кластеризация; физическая топология; коэффициент ассоциативности.

Введение

В последние десятилетия наблюдается значительный рост интереса к исследованию сетевых структур и их топологических свойств, что обусловлено развитием информационных технологий и увеличением объемов данных. Одним из ключевых направлений в этой области является кластеризация графов, которая позволяет выявлять скрытые закономерности и структуры в сложных сетях. Кластеризация графов физической топологии сети имеет важное значение для оптимизации сетевых ресурсов, повышения эффективности передачи данных и улучшения качества обслуживания пользователей.

Основными задачами кластеризации графов физической топологии сети являются прогностические задачи: анализ уязвимостей, прогнозирование поведения, разведочный анализ. На основе кластеризации сети можно прогнозировать поведение сети в различных условиях, что может быть полезно при проектировании.

Агломеративная кластеризация – это подход к кластеризации графа, при котором изначально каждая вершина графа находится в своем кластере. В ходе кластеризации вершины, наиболее близкие друг к другу, объединяются в один кластер. Понятие «близость вершин» может быть интерпретировано по-разному. Эта неопределенность является причиной наличия обширного множества методов агломеративной кластеризации. В

данной работе были рассмотрены два подхода к агломеративной кластеризации: метод с использованием коэффициента ассоциативности и метод с использованием транзитивного замыкания.

Материалы и методы

В ходе проделанной работы были реализованы следующие алгоритмы на языке программирования *Python*:

- алгоритм генерации случайного графа с заданным количеством вершин;

- алгоритм генерации случайного графа с заданным количеством вершин и произвольными весами ребер;

- алгоритм агломеративной кластеризации с использованием коэффициента ассоциативности;

- алгоритм агломеративной кластеризации путем создания транзитивного замыкания исходного графа.

Программный пакет был реализован с помощью следующих библиотек языка программирования *Python*:

- *Networkx* – библиотека для работы с графами;

- *Numpy* – библиотека для работы с матрицами смежности;

- *Matplotlib* – библиотека для визуализации графов;

- *Plotly* – библиотека для отображения аналитических графиков.

Алгоритм генерации случайного графа принимает на вход две переменные: количество вершин графа и вероятность нахождения ребра между двумя вершинами. Алгоритм работает для каждой вершины итеративно, используя генератор случайных чисел для установления ребер графа. После случайной генерации на выход алгоритма передается матрица смежности нового графа [1].

Алгоритм генерации случайного графа с произвольными весами ребер использует тот же программный код, что и вышеописанный алгоритм, добавляя в исходный алгоритм генерацию весов для каждого существующего ребра. После случайной генерации на выход алгоритма передается матрица весов нового графа.

В данной работе были реализованы два подхода к агломеративной кластеризации: с использованием транзитивного замыкания и с использованием коэффициента ассоциативности.

Прежде чем описывать алгоритмы кластеризации графов, разумно было бы определить граф, с которым работают эти алгоритмы.

Исходный граф создается со следующими параметрами: N вершин с вероятностью нахождения ребра между любыми двумя вершинами P , где N и P задаются вручную. В рассмотренных примерах количество вершин было зафиксировано на значении 15, а вероятность P – на значении 0.25.

Для работы алгоритма агломеративной кластеризации необходимо определить критерий «близости» двух вершин. Для этого создается матрица $N \times N$ типа «объект-объект», в ячейках которых находятся

характеристики отношений между узлами графа, например, надежность каналов, длина пути, пропускная способность канала и т. д.

Для реализации алгоритма агломеративной кластеризации с использованием коэффициента ассоциативности необходимо задать алгоритм нахождения КА для двух вершин.

Коэффициент ассоциативности – отношение попарно совпадающих элементов двух множеств к размеру этих множеств. Эта безразмерная метрика говорит о наличии или отсутствии сходств топологии у двух сравниваемых вершин.

Коэффициент ассоциативности рассчитывается следующим образом:

1. Из матрицы смежности берутся 2 строки, соответствующие вершинам, для которых необходимо вычислить коэффициент ассоциативности.

2. Полученные 2 строки сравниваются поэлементно.

3. Количество совпавших элементов делится на N .

Полученное число с плавающей точкой является коэффициентом ассоциативности для двух вершин [2].

Для дальнейшей работы алгоритма на этом этапе необходимо заполнить матрицу ассоциативности – квадратную матрицу $N \times N$, в ячейках которой находятся коэффициенты ассоциативности для данных двух вершин.

Алгоритм агломеративной кластеризации с помощью коэффициента корреляции работает следующим образом:

1. На вход алгоритма поступает матрицы смежности и ассоциативности исходного графа, а также пороговое значение КА.

2. Каждая вершина изначально помещается в отдельный кластер, следовательно, изначально число кластеров равно N .

3. Для каждой пары вершин происходит обращение к матрице ассоциативности: если значение коэффициента выше порогового, вершины проверяются нахождение в одном кластере. Если вершины находятся в разных кластерах, алгоритм объединяет эти два кластера в один и продолжает работу с новой парой вершин; в противном случае объединение уже произведено, и алгоритм переходит к следующим вершинам.

4. По результатам кластеризации формируется конденсированный граф: все вершины, принадлежащие одному кластеру, объединяются в одну. Если хотя бы одна вершина из кластера была соединена ребром с вершиной из другого кластера, в конденсированном графе вершины, соответствующие этим двум кластерам, будут соединены ребром. В результате на выход алгоритма передается матрица смежности конденсированного графа, содержащая $N_i \leq N$ вершин.

Алгоритм агломеративной кластеризации с использованием транзитивного замыкания работает следующим образом:

1. На вход алгоритма передается матрица $N \times N$ весов исходного графа, в ячейках которой содержатся веса ребер, лежащих между двумя вершинами.

2. Кроме матрицы, на вход должно поступить пороговое значение p , с помощью которого выполняется кластеризация вершин.

3. Алгоритм проходит по каждому ребру графа и сравнивает значение веса ребра со значением p . В случае, если вес ребра больше p , ребро остается в графе; в противном же случае ребро удаляется из графа.

4. После итеративного прохода по всем ребрам графа вершины образуют некоторые компоненты связности. Эти компоненты связности являются искомыми кластерами, которые передаются на выход алгоритма [3].

Результаты

1. Пример работы алгоритма агломеративной кластеризации с использованием коэффициента ассоциативности (рис. 1–3):

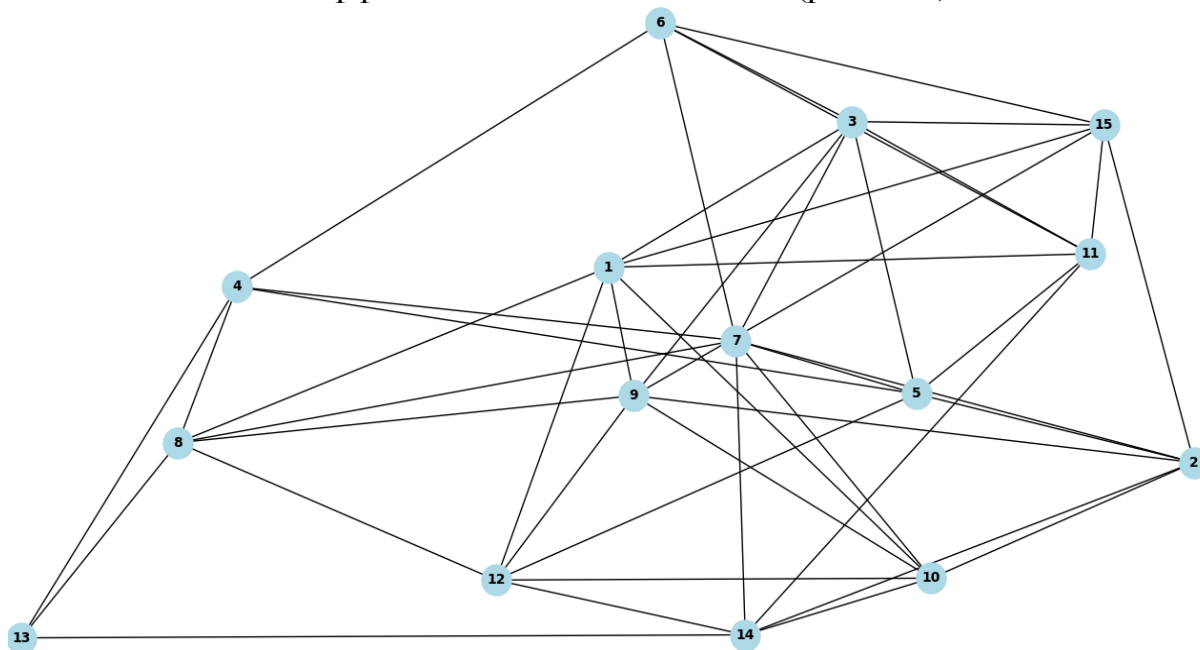


Рис. 1. Работа алгоритма агломеративной кластеризации с использованием коэффициента ассоциативности: исходный граф

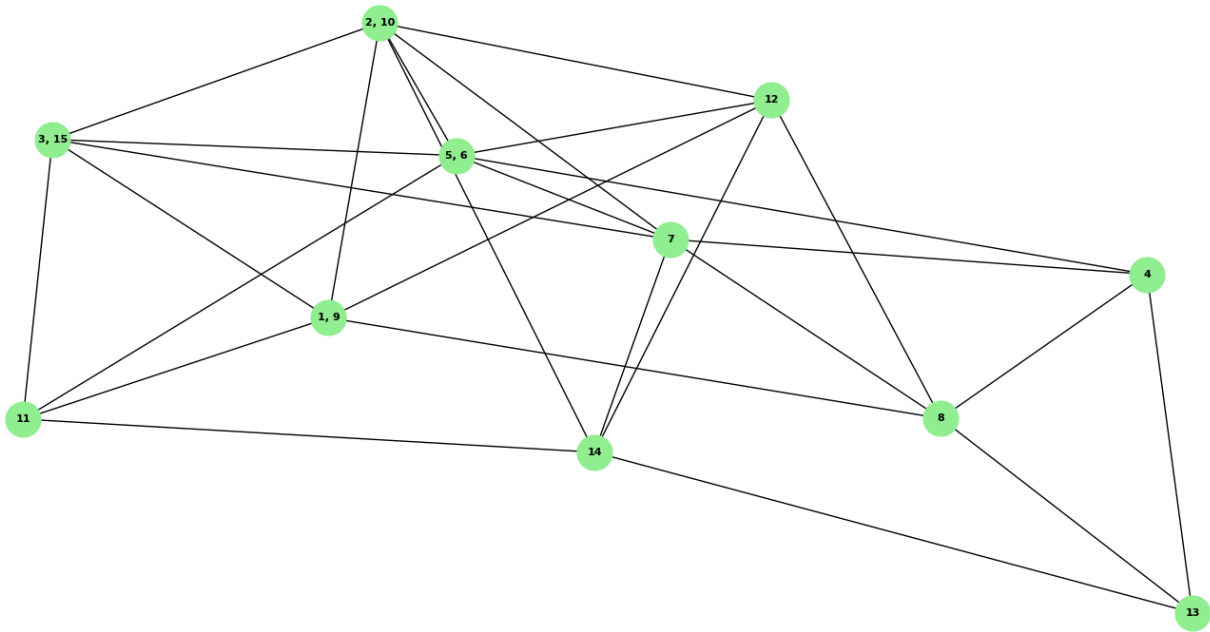


Рис. 2. Работа алгоритма агломеративной кластеризации с использованием коэффициента ассоциативности: конденсированный граф

В результате работы алгоритма пары вершин 3 и 15, 2 и 10, 1 и 9, 5 и 6 были объединены попарно в кластеры на основе высокого коэффициента ассоциативности, что говорит о высокой схожести топологии этих пар вершин.

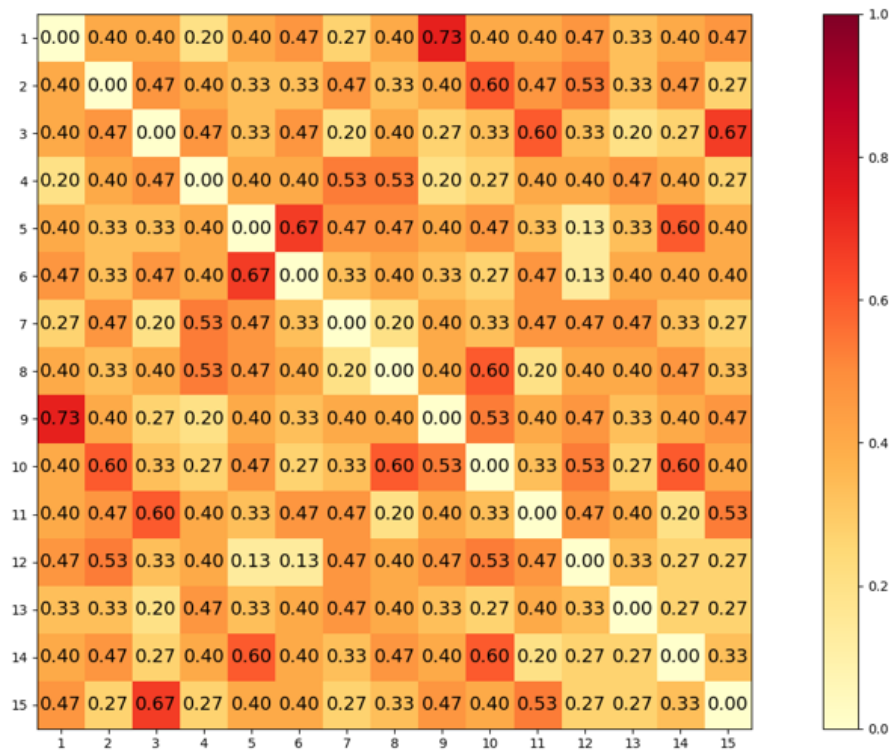


Рис. 3. Пример вывода алгоритма агломеративной кластеризации с использованием коэффициента ассоциативности: матрица ассоциативности

2. Пример работы алгоритма агломеративной кластеризации методом транзитивного замыкания (рис. 4–5):

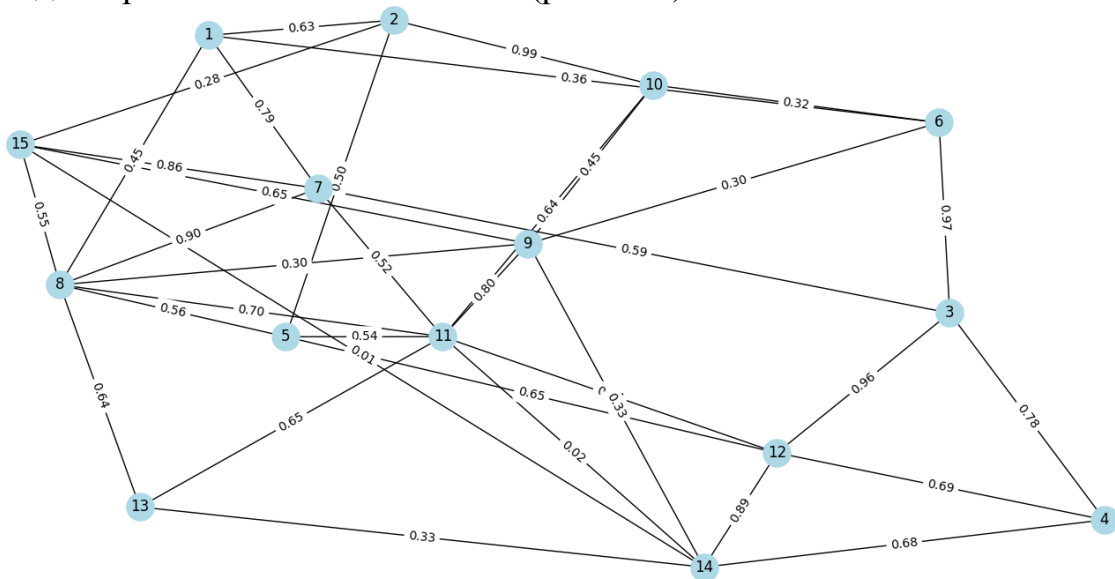


Рис. 4. Пример работы алгоритма агломеративной кластеризации с использованием транзитивного замыкания: исходный граф

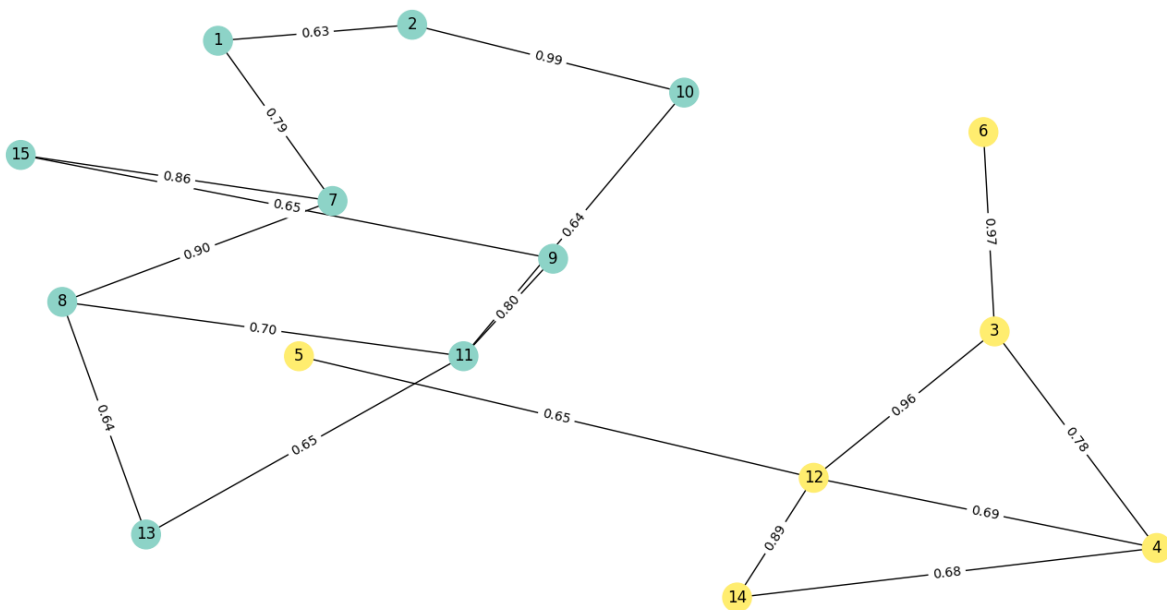


Рис. 5. Пример работы алгоритма агломеративной кластеризации с использованием транзитивного замыкания: граф транзитивного замыкания

В результате работы алгоритма был получен граф, содержащий две компоненты связности (вершины 1, 2, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 15 и 3, 4, 5, 6, 12, 14).

Заключение

Проведенное исследование подчеркивает важность агломеративной кластеризации графов как эффективного инструмента для анализа и оптимизации сетевых структур. Рассмотренные методы демонстрируют свою применимость в выявлении скрытых закономерностей и улучшении

прогнозирования поведения сетей. Реализация алгоритмов на языке *Python* позволяет не только эффективно обрабатывать данные, но и визуализировать результаты, что способствует более глубокому пониманию топологии графов.

Данные подходы могут быть успешно применены в различных областях, включая безопасность сетей, управление ресурсами и улучшение качества обслуживания пользователей. В будущем целесообразно продолжить исследование в этой области, рассматривая новые методы кластеризации и их адаптацию к специфическим задачам, что позволит еще более эффективно использовать возможности анализа сетевых структур.

Библиографический список

1. Райгородский А.М. Модели случайных графов. М.: МЦНМО, 2011.
2. Семкин Б.И. Эквивалентность мер близости и иерархическая классификация многомерных данных. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1979.
3. Оптимизация структур распределенных баз данных в АСУ / А.Г. Мамиконов, В.В. Кульба, С.А. Косяченко, И. А. Ужастов. М.: Наука, 1990.

© Газизов А.И., 2024

Р.И. ГИЛЯЗЕВ

rgilyazev01@mail.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доцент **А.С. РАКИПОВА**

Уфимский университет науки и технологий

МОДЕЛЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ОТКАЗОВ В СЕТЯХ

Аннотация: настоящая статья посвящена концепции влияния стратегии воздействия на компоненты сети на показатели ее логических топологии, что имеет важное значение для области информационных технологий. Научная новизна исследования заключается в уникальном подходе – совместное использование современных программных и статистических решений.

Ключевые слова: сети, логическая топология, информационные технологии.

Введение

Развитие информационных технологий – одно из самых приоритетных направлений в связи с появлением серьезных задач, таких, как например планирование в условиях мозаичных войн. Актуальным инструментом, с помощью которого появляются возможности выявления закономерностей таких проблем, являются прежде всего информационные технологии.

За последние годы в данной сфере было проведено множество исследований, результаты которых внесли большой вклад в научное сообщество. Несмотря на достигнутые результаты, остаются актуальными проблемы управления в условиях ограниченного времени и ресурсов. Анализ причин отказов компонент сетей и выявление закономерностей их работы поможет в будущем эффективно решать задачи устойчивости киберфизических систем, что критично для предотвращения и управления локальными конфликтами в сложных распределенных средах.

Основная часть

Главной задачей является изучение влияния стратегий воздействия на компоненты сети на показатели логических топологии графов. На основе анализа научной литературы были выявлены следующие основные направления:

- Моделирование сетевых топологии. Подход, ориентированный на изучение характеристик графов, таких как связность, центральность и плотность. Исследования показывают, что выбор стратегий воздействия может коренным образом изменить ключевые показатели топологии сети, что требует дополнительного анализа.

- Анализ устойчивости сетей к отказам. Этот подход включает в себя методы оценки поведения графа при последовательном или случайном удалении узлов или ребер.

Ключевые проблемы, обнаруженные в литературе:

1. Недостаточная адаптация существующих решений для специфических сетей с уникальными топологическими характеристиками.
2. Отсутствие универсальных стратегий, эффективно применимых к различным типам графов.
3. Ограниченное использование динамических методов моделирования для анализа изменений логической топологии при воздействии на сеть.

Перечисленные проблемы подтверждают необходимость проведения анализа и разработки методов, с помощью которых можно оценить эффективность стратегий воздействия на компоненты сети в контексте параметров логической топологии графов.

Исследование опирается на следующие методологические подходы:

1. Имеется две исходные топологии графов, называемые «диагональными» и «решетчатыми» графами (рис. 1 и 2 соответственно).

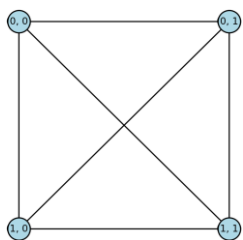


Рис. 1. «Диагональный граф»

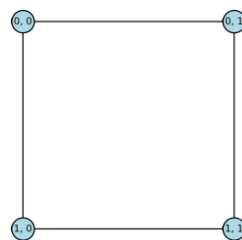


Рис. 2. «Решетчатый граф»

2. Далее применяются два варианта удаления узлов в сформированном графе – удаление со стратегией ранжированного удаления узлов и случайное удаление узлов.

– Стратегия ранжированного удаления узлов, когда узлы в исходном графе ранжируются по количеству смежных им узлов, в соответствии с этим делятся на группы и поочередно узлы удаляются с заданной вероятностью отказа сначала в порядке от группы узлов с наибольшим количеством смежных узлов к группе узлов с наименьшим количеством смежных узлов.

– Случайное удаления узлов, когда узлы в исходном графе удаляются случайным образом с заданной вероятностью отказа.

3. На основе стратегии, перечисленных в п. 2, строятся графики зависимости «эффективности» графа от вероятности отказа узла.

Для реализации поставленной задачи была использована следующая структура исследования:

1. В рамках первого этапа был сформирован программный интерфейс ввода данных, позволяющий генерировать граф, заданный пользователем топологией и размерами (рис. 3).

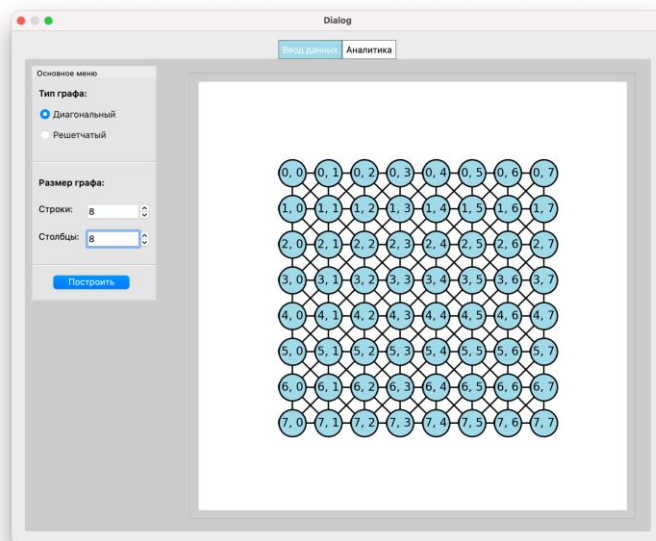


Рис. 3. Генерация графа

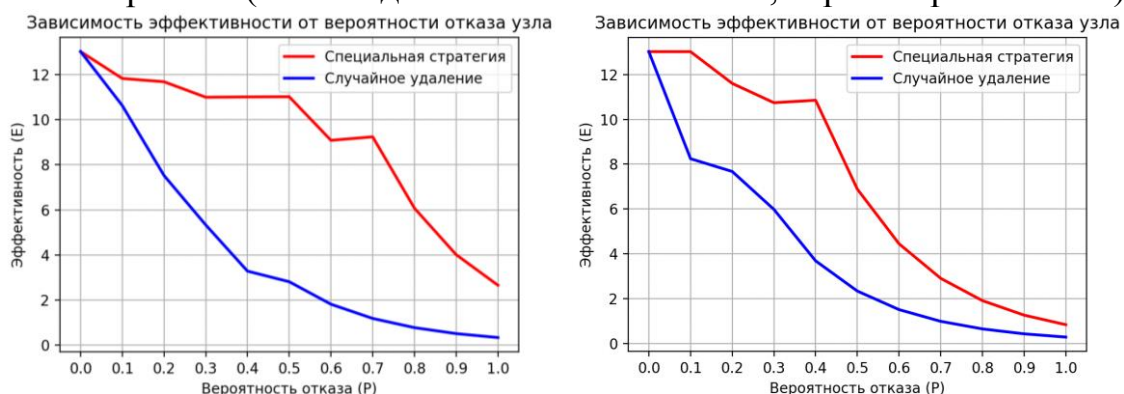
2. Второй этап, в рамках которого проведено моделирование зависимости эффективности графа от вероятности отказа его узлов, предполагал использование формулы для расчета эффективности графа⁸:

$$E(G) = \frac{1}{N(N-1)} \sum_{i \neq j \in G} \epsilon_{ij}$$

где $E(G)$ – эффективность графа, N – количество узлов в исходном графе, $\sum \epsilon_{ij}$ – сумма кратчайших путей между узлами.

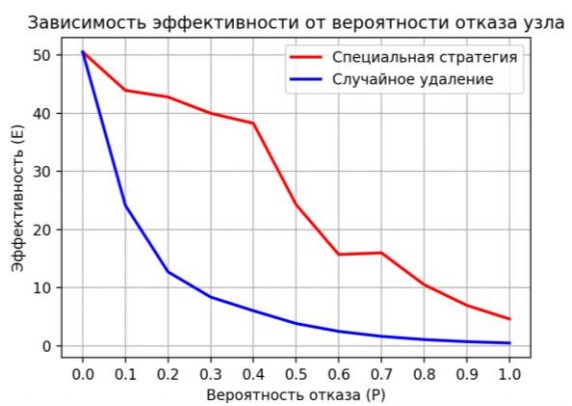
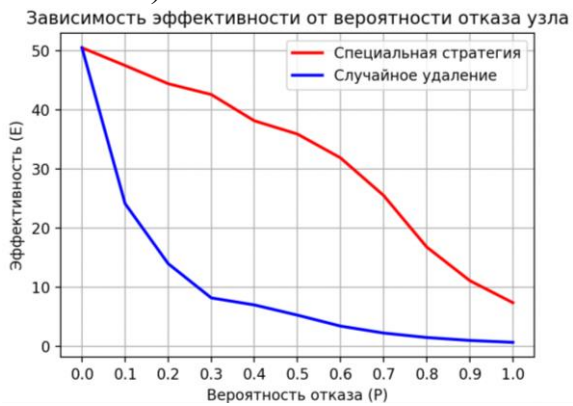
3. Заключительный этап, включающий обработку данных для графов размерами 5x5, 10x10, 14x14, предполагал применение разработанной программы для графов разных размеров.

Размеры 5x5 (слева – диагональная топология, справа – решетчатая):

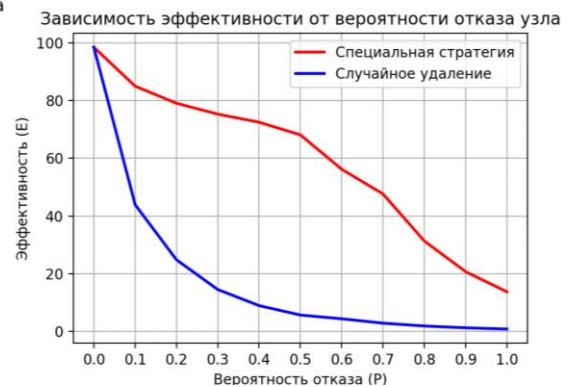
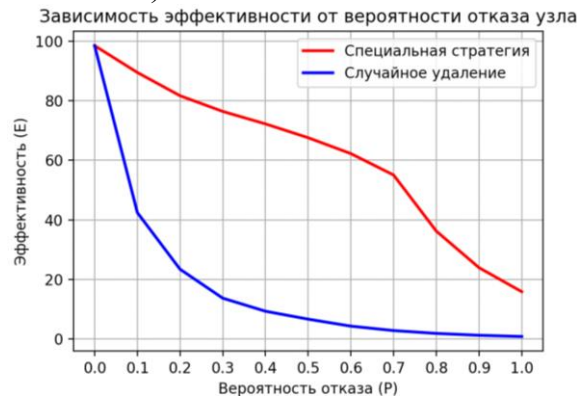


⁸ Источник: ст. «A model for cascading failures in complex networks» Paolo Crucitti, Vito Latora, Massimo Marchiori.

Размеры 10x10 (слева – диагональная топология, справа – решетчатая):



Размеры 14x14 (слева – диагональная топология, справа – решетчатая):



Перспективы

Методологию, используемую для моделирования распространения отказов в сети, можно модифицировать и для многослойных сетей. Следует отметить, что в рамках исследовательской работы предполагается, что одним из предпочтительных инструментов моделирования для многослойных сетей выступит диаграмма *QFD*-диаграмма «Дом качества» (рис. 4).

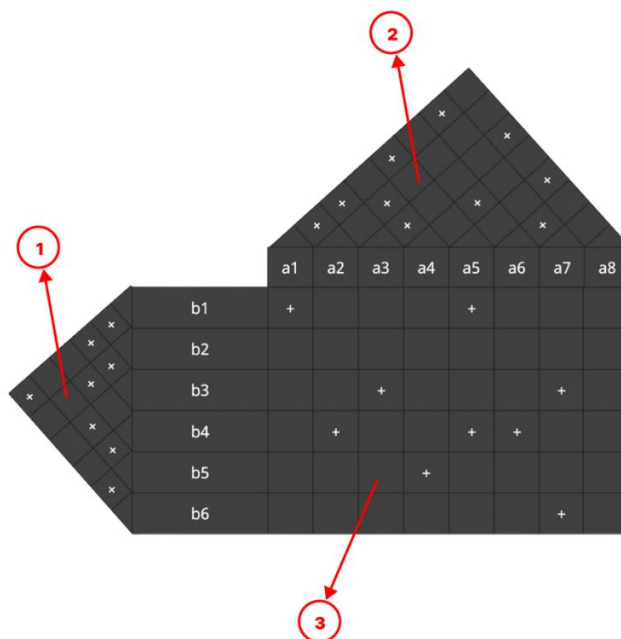


Рис. 4. Диаграмма «Дом качества»

Область «1» – отображает связи между узлами одной сети, область «2» – отображает связи между узлами второй сети, а область «3» – отображает межсетевые связи. Такой диаграмме соответствует следующая структура графа (рис. 5):

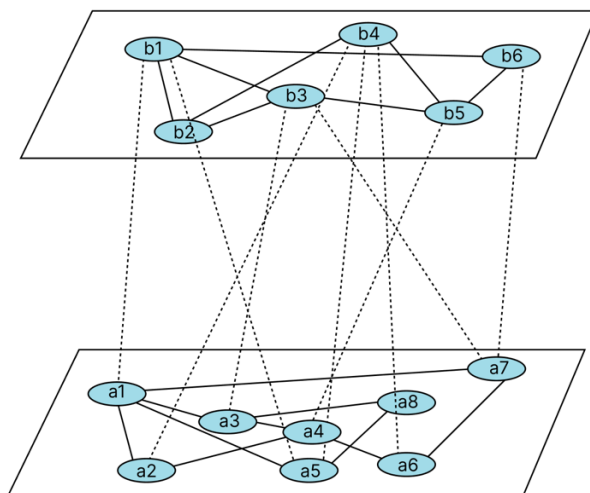


Рис. 5. Многослойный граф

Заключение

В рамках исследования была разработана модель распространения отказов в сетях на основе графов двух типов топологии: решетчатой и диагональной. Разработан программный интерфейс, позволяющий пользователям строить графы заданной структуры и размеров и анализировать изменение эффективности графа в зависимости от вероятности отказа его узлов.

Результаты моделирования показали следующее:

1. Структура графа играет ключевую роль в его устойчивости к отказам. Графы решетчатой и диагональной топологий демонстрируют схожие закономерности снижения эффективности, что может свидетельствовать о наличии общих характеристик устойчивости в данных структурах.

2. Применение различных стратегий удаления узлов позволило определить критически важные элементы сети. Эти результаты могут быть использованы для оптимального планирования и разработки мер, направленных на повышение устойчивости графов к отказам.

Полученные данные и разработанный программный инструмент применимы для дальнейшего исследования многослойных сетей, где важен анализ взаимозависимости между уровнями. В частности, предложенная методология позволяет изучать влияние отказов одного уровня сети на другие и разрабатывать оптимальные стратегии повышения устойчивости.

Библиографический список

1. Lee, Kayi, Hyang-Won Lee, and Eytan Modiano. «Reliability in Layered Networks with Random Link Failures». IEEE INFOCOM, 2010. 1-9. Web. 29 Sept. 2011. // URL: <http://hdl.handle.net/1721.1/66124>.

2. Gvozdev V.E., Guzairov M.B., Bezhaeva O.Ya., Davlieva A.S., Galimov R.R. Ensuring the functional safety of the distributed dynamic systems components in the conditions of uncertainty of the environment use // Proceedings – ICOECS–2020: 2020 International Conference on Electrotechnical Complexes and Systems. 2020. P. 1–6.

3. Гвоздев В.Е., Курунова Р.Р., Хасанов А.Ю. Информационная поддержка принятия решений при проектировании аппаратуры связи на основе «Дома качества».

4. Групповое управление подвижными объектами в неопределенных средах // под ред. В.Х. Пшихонова. Издательство Физматлит, 2015. 307 с.

5. Paolo Crucitti, Vito Latora, Massimo Marchiori, «A model for cascading failures in complex networks». URL: <https://arxiv.org/abs/cond-mat/0309141v2>.

© Гилязев Р.И., 2024

Ю.О. ГРИГОРЬЕВА

grigoreva.yuliya-o@mail.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доцент **Т.Г. ДИДЫК**

Уфимский университет науки и технологий

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОКРАСКИ ДЕТАЛЕЙ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОТРАСЛЯХ

Аннотация: в статье рассмотрено проектирование информационной системы «Окраска», целью разработки которой является управление процессом окраски в различных отраслях, включая автомобилестроение, авиастроение и космическую отрасль.

Ключевые слова: информационная система; автоматизация; производственный процесс; внедрение.

Современные производственные процессы требуют высокой степени автоматизации и мониторинга для обеспечения качества и эффективности [1]. В этом контексте проектирование информационной системы для окраски деталей становится ключевым этапом в развитии технологий окраски в таких отраслях, как автомобилестроение, авиация и космическая отрасль.

В условиях постоянно растущих требований к качеству продукции и сокращению временных затрат, внедрение ИС «Окраска» становится необходимостью. Она не только обеспечивает мониторинг процессов в режиме реального времени, но и позволяет собирать и анализировать данные о технологических параметрах, что способствует принятию обоснованных управленческих решений.

Функции системы рассмотрены далее.

Мониторинг объектов в цехе окраски в режиме реального времени:

– отображение состояния скидов и деталей в процессе обработки (по участкам);

– отображение черных, грунтованных и окрашенных объектов.

Сбор и анализ данных по параметрам оборудования:

– данные счетчиков по транспортным PLC;

– данные датчиков и оборудования по технологическим PLC;

– контроль расхода эмали.

Пользователь входит в одну из групп, сформированных в зависимости от функциональных задач, которые выполняют пользователи при работе с системой, а также от данных, необходимых для их работы.

Роли (группы) пользователей, которые участвуют в настройке, эксплуатации и обслуживании системы:

- «оператор», который отвечает за мониторинг технологического процесса, анализ данных и планирование в рамках своего производственного сегмента;
- «администратор», который осуществляет администрирование и конфигурирование системы.

Настройки доступа выполняются пользователем, имеющим права на конфигурирование и администрирование.

Прецеденты (use case) – последовательность действий, выполняемых системой в ответ на событие, которая описывает типичное взаимодействие между пользователем и системой. Прецеденты служат для документирования функциональных требований к программным системам, которые описывают некоторый целостный фрагмент поведения системы, не вдаваясь при этом в особенности внутренней структуры субъекта. Прецеденты уточняют описание основных функций, определенных на фазе предварительного исследования, и позволяют описать их динамику [2, 3]. Диаграмма прецедентов для каждого участника представлена на рис. 1.

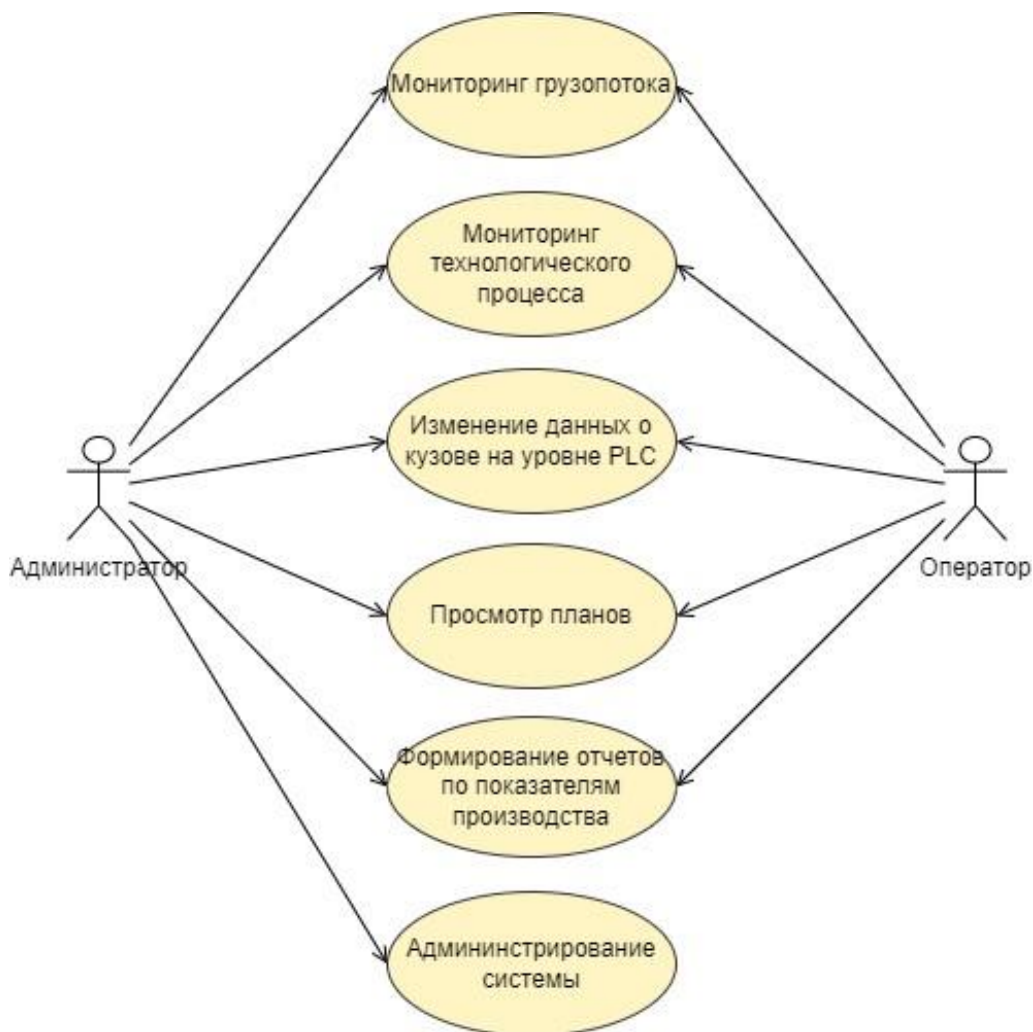


Рис. 1. Прецеденты, доступные пользователям
Для подключения к ИС используется окно входа в систему (рис. 2).

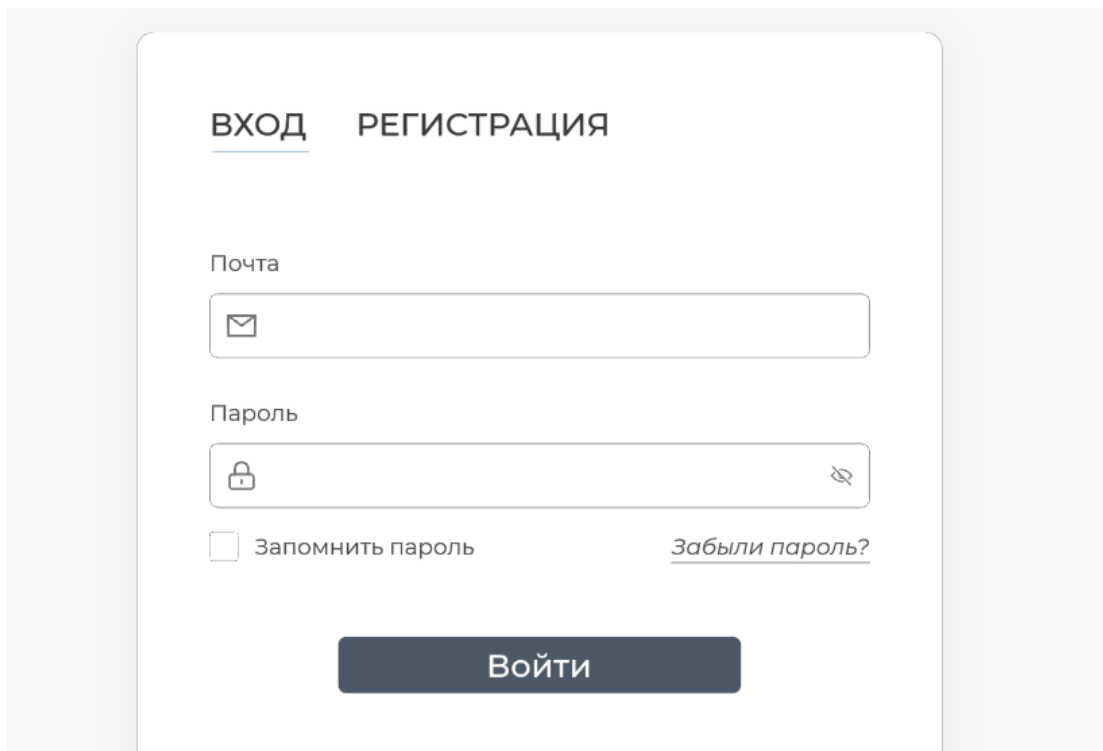


Рис. 2. Окно входа в систему

После успешного подключения к ИС на мониторе пользователя отображается навигационная панель и стартовая экранная форма (рис. 3).

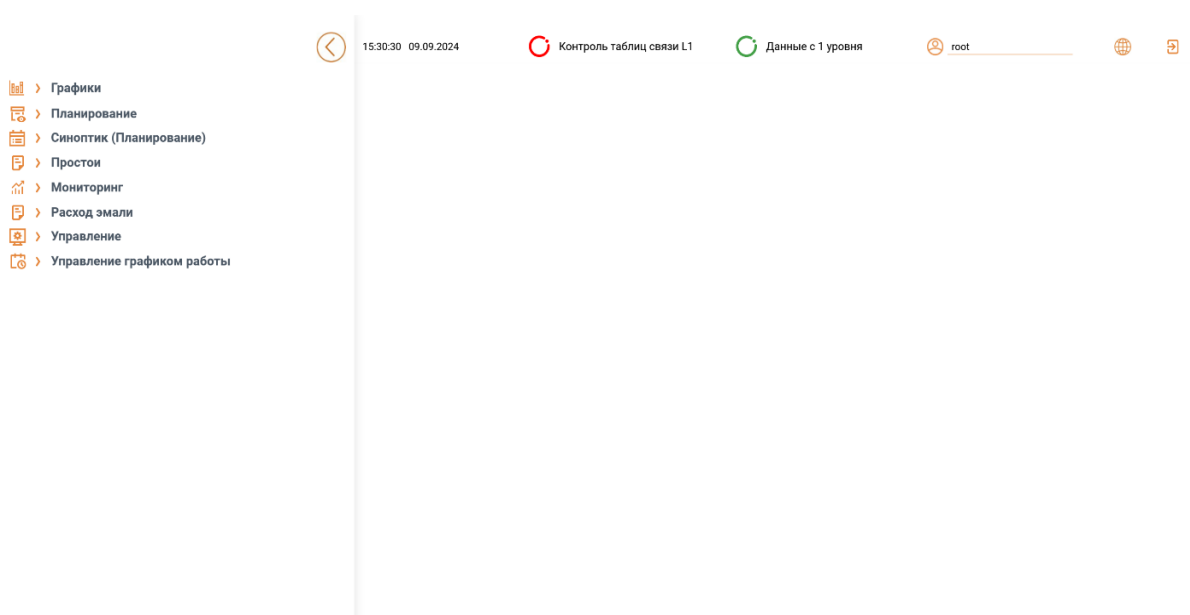







Рис. 3. Интерфейс главной экранной формы

Кнопки и вызываемые по их нажатию функции описаны в табл. 1.

Функциональные кнопки и элементы панели навигации

Кнопки	Назначение
15:30:30 09.09.2024	Текущая дата и время ИС
	Скрытие/раскрытие основного меню
	Индикатор контроля работы системы
	Вызов окна входа в систему
operator	Имя текущего пользователя ИС
	Кнопка выхода из системы
	Смена языка в системе

В ИС реализованы следующие приложения (функции):

- 1) графики;
- 2) планирование;
- 3) синоптик (планирование);
- 4) простои;
- 5) мониторинг;
- 6) расход эмали;
- 7) управление;
- 8) управление графиком работы.

Раздел «Графики» предназначен для отображения данных по технологическим контроллерам и по количеству деталей на участках. Он позволяет отслеживать динамику и эффективность процессов.

«Планирование» позволяет отобразить данные суточного плана и месячного плана окраски в виде таблицы. Данный модуль обеспечивает возможность составления и корректировки производственных планов, учитывающих текущие ресурсы и загрузку участков.

Раздел «Синоптик (Планирование)» интегрирован с функцией планирования и предоставляет сводную информацию о производственном процессе, помогая оптимизировать потоки и минимизировать время простоя. Основные элементы раздела:

- смена грунта;
- смена эмали;
- изменение данных кузова.

В разделе «Простои» осуществляется мониторинг и анализ времени простоя оборудования и производственных линий, что позволяет выявлять узкие места и планировать техническое обслуживание.

Раздел мониторинга отвечает за постоянное отслеживание текущих показателей производительности, качества и состояния оборудования, что способствует быстрому реагированию на возникающие проблемы.

Модуль «Расход эмали» позволяет контролировать объемы расходуемых материалов, таких как эмаль, что помогает в планировании закупок и снижении затрат.

В разделе «Управление» пользователи могут управлять процессами и ресурсами, настройками системы и правами доступа, что обеспечивает гибкость и эффективное использование ресурсов.

Модуль «Управление графиком работы» позволяет настраивать и корректировать графики работы сотрудников и оборудования, оптимизируя производственный процесс для достижения максимальной эффективности.

В заключение следует отметить, что рассмотренная информационная система представляет собой важный инструмент, нацеленный на оптимизацию процессов окраски в промышленности. Благодаря интеграции различных функций, такая система позволяет значительно упростить управление производственными процессами, повысить качество окраски и снизить затраты времени и ресурсов. Применение автоматизации и современных технологий способствует более быстрому реагированию на изменения в производственных запросах и позволяет обеспечить высокую степень гибкости в работе. В условиях растущей конкуренции и увеличивающихся требований со стороны клиентов, внедрение и развитие таких систем становится неотъемлемой частью успешной стратегии производственных предприятий. Подводя итог, можно сказать, что информационная система не только улучшает эффективность текущих процессов, но и открывает новые горизонты для инноваций и дальнейшего развития в сфере окраски.

Библиографический список

1. Electrical Engineering Enterprise's Architecture Modeling as a Basis for its Transformation into Industry 4.0 / V. Martynov, T. Didyk, N. Zvereva, J. Sharonova // International Seminar on Electron Devices Design and Production, SED 2021 - Proceedings, Prague, 27–28 апреля 2021 г. Prague, 2021. P. 444–498.

2/ Шавалеева Д.Н. Методы сбора и классификации информации об элементах архитектуры предприятия / Д.Н. Шавалеева, Т.Г. Дидык, Ю.В. Шаронова // Управление экономикой: методы, модели, технологии : материалы XIX Международной научной конференции. Уфа-Павловка: Уфимский государственный авиационный технический университет, 2019. С. 312–316.

3. Дидык Т.Г. Формирование требований пользователя к информационной системе / Т.Г. Дидык, Н.В. Еремеева // Техника машиностроения. 2016. Т. 23, № 2 (98). С. 50–54.

© Григорьева Ю.О., 2024

О.А. ЖАРКОВА

zharkova.oksana19@gmail.com

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. **Р.В. НАСЫРОВ**

Уфимский университет науки и технологий

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА СТЕКА ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ СЕРВИСА СИМВОЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ МЕТОДОМ АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ

Аннотация: статья посвящена обоснованию выбора технологического стека для сервиса символьных преобразований методом анализа иерархий. Рассмотрены фреймворки веб-разработки и микрофреймворки в экосистеме Python, веб-серверы, а также дополнительные инструменты. Сформированы и проанализированы различные наборы инструментов, оптимальный из которых выбран с помощью метода анализа иерархий.

Ключевые слова: сервис символьных преобразований; технологический стек; Python; фреймворки; микрофреймворки; метод анализа иерархий; сервисы; микросервисы.

В связи с усложнением работы программных обеспечений разумным решением будет разделение их на сервисы и микросервисы. В настоящее время существует большое количество технологий в виде фреймворков и библиотек, которые позволяют создавать сервисы и микросервисы для решения конкретных задач. Поэтому становится актуальной и важной задача анализа и выбора такого набора технологических компонентов, который наилучшим образом позволит создать приложение, реализующее необходимый функционал.

Целью работы является обоснование выбора технологического стека для сервиса символьных преобразований методом анализа иерархий. Для этого необходимо решить следующие задачи:

1. Рассмотреть совокупность технологий в экосистеме языка Python;
2. Сформировать хорошо сочетающиеся друг с другом наборы технологий, с помощью которых можно сформировать полнофункциональный стек;
3. Реализовать выбор среди этих наборов, используя метод анализа иерархий.

1. Современные технологии в экосистеме Python для реализации поставленной задачи:

- 1) фреймворки веб-разработки:

– Flask – отличается от других фреймворков тем, что позволяет разработчику сесть на место водителя и получить полный контроль над его приложением [1];

– Django – более «тяжеловесный» фреймворк, который предлагает больше встроенных функций, включая ORM (Object Relational Mapper), шаблонизатор и систему администрирования. Отлично подходит для сложных веб-приложений;

– FastAPI – современный фреймворк, который фокусируется на скорости и производительности, а также предлагает удобный синтаксис для API (Application Programming Interface). Отлично подходит для создания REST API.

2) микрофреймворки:

– Bottle – сверхлегкий микрофреймворк, который позволяет создавать простые веб-сервисы;

– Falcon – высокопроизводительный микрофреймворк, который ориентирован на создание RESTful API.

3) веб-серверы:

– WSGI (Web Server Gateway Interface) – стандарт для взаимодействия между веб-сервером и приложением на Python;

– Gunicorn – высокопроизводительный веб-сервер, который использует WSGI для взаимодействия с Python приложениями.

2. Дополнительные инструменты:

– Jinja2 – шаблонизатор для Python, который позволяет создавать HTML-шаблоны;

– SQLAlchemy – ORM, который упрощает взаимодействие с базами данных;

– Celery – библиотека для создания очередей задач, которая позволяет выполнять задачи асинхронно;

– Redis – система хранения данных в оперативной памяти, которая часто используется для кэширования и обработки очередей задач.

3. Наборы инструментов для создания веб-сервиса (табл. 1):

– Flask + Gunicorn + Jinja2 + SQLAlchemy;

– FastAPI + Gunicorn + SQLAlchemy + Redis (кеширование);

– FastAPI + Gunicorn + SQLAlchemy + Celery + Redis.

3. Применение процедуры МАИ для выбора лучшего набора технологических компонентов (рис 1):

Характеристики наборов инструментов

«+»	«-»
Набор 1: Flask + Gunicorn + Jinja2 + SQLAlchemy	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Гибкость: Flask – микрофреймворк, предоставляющий большую свободу в выборе архитектуры и реализации; 2. Простой в изучении: Flask легко освоить, что делает его привлекательным для новичков; 3. Большое сообщество: Flask имеет обширное сообщество разработчиков, что означает доступность множества документации, библиотек и примеров; 4. Jinja2: Мощный шаблонный движок для создания динамических веб-страниц; 5. SQLAlchemy: Популярный ORM для взаимодействия с базами данных; 6. Gunicorn: Высокопроизводительный веб-сервер для развертывания Flask-приложений 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Меньшая автоматизация: Flask требует больше ручного кода для реализации базовых функций; 2. Потенциально более сложная архитектура: гибкость может привести к сложностям в больших проектах, если не соблюдать определенную структуру
Набор 2: FastAPI + Gunicorn + SQLAlchemy + Redis (кеширование)	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Скорость: FastAPI известен своей высокой скоростью и производительностью, особенно для API; 2. Автоматизация: FastAPI предоставляет множество функций "из коробки", таких как валидация данных и документация API; 3. Асинхронность: FastAPI поддерживает асинхронное программирование, что повышает производительность в приложениях с высоким трафиком; 4. Документация: FastAPI автоматически генерирует документацию API (Swagger UI), что упрощает тестирование и использование API; 5. SQLAlchemy: Популярный ORM для взаимодействия с базами данных; 6. Gunicorn: Высокопроизводительный веб-сервер для развертывания FastAPI-приложений; 7. Redis: Ключевое хранилище для кеширования данных, что увеличивает скорость доступа к данным 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Меньшая гибкость: FastAPI более структурирован, чем Flask, что может ограничивать некоторые архитектурные решения; 2. Потенциальная сложность для новичков: FastAPI требует большего понимания асинхронного программирования и работы с API.
Набор 3: FastAPI + Gunicorn + SQLAlchemy + Celery + Redis	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Асинхронная обработка задач: Celery позволяет выполнять задачи в фоновом режиме, не блокируя основной поток приложения; 2. Redis: Используется как брокер задач для Celery, обеспечивая надежную обработку задач; 3. Расширяемость: Celery может масштабироваться для обработки больших объемов задач; 4. Скорость: FastAPI и Gunicorn обеспечивают высокую производительность, а Redis и Celery ускоряют обработку задач; 5. SQLAlchemy: Популярный ORM для взаимодействия с базами данных 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Дополнительная сложность: Введение Celery и Redis добавляет сложность в архитектуру; 2. Требуется дополнительная конфигурация: Celery и Redis требуют настройки и управления



Рис. 1. Иерархия проблемы выбора технологического стека

По результатам сравнений были получены следующие вектора приоритетов, представленные в табл. 2.

Таблица 2

Результирующая таблица

	Простота в изучении	Гибкость	Асинхронность	Автоматизация	Скорость	Расширяемость	Обобщенные приоритеты (веса)
Критерии	0,182	0,136	0,045	0,366	0,076	0,195	
Набор 1	0,444	0,357	0,091	0,222	0,25	0,308	0,294
Набор 2	0,333	0,357	0,455	0,444	0,333	0,308	0,378
Набор 3	0,222	0,286	0,455	0,333	0,417	0,385	0,328

Результирующие вектора приоритетов показывают, что набор 2 является наилучшим для решения поставленной задачи.

В результате проделанной работы были выявлены наиболее часто используемые технологические компоненты для реализации сервисов; из этих технологических компонентов были сформированы наборы, которые образуют стеки технологий; для обоснования выбора был применен метод анализа иерархий, который показал, что наилучшим решением для поставленной задачи является набор 2, который состоит из FastAPI, Gunicorn, SQLAlchemy и Redis (кеширование).

Библиографический список

1. Гринберг Мигель. Разработка веб-приложений с использованием Flask на языке Python / пер. с англ. А.Н. Киселева. 2-е изд., эл. М.: ДМК Пресс, 2023. 274 с. ISBN 978-5-89818-311-0.
2. Саати Томас Л. Принятие решений: Метод анализа иерархий / Т. Саати; пер. с англ. Р.Г. Вачнадзе. М.: Радио и связь, 1993. 314 с.: ил.; 20 см.; ISBN 5-256-00443-3.
3. Соммервилл Иан. Инженерия программного обеспечения / Иан Соммервилл; [пер. с англ. А.А. Минько и др.]. 6. изд. М. [и др.]: Вильямс, 2002. 623 с.: ил., табл.; 24 см.; ISBN 5-8459-0330-0.

© Жаркова О.А., 2024

М.И. ИВАНОВ

ivmaxim@inbox.ru

Науч. руковод. – д-р техн. наук, проф. **В.Е. ГВОЗДЕВ**

Уфимский университет науки и технологий

ДИВИЗИМНАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ СЕТЕЙ СО СЛУЧАЙНОЙ СТРУКТУРОЙ ПО СОВОКУПНОСТИ ПРИЗНАКОВ

Аннотация: в данной статье представлен подход к классификации узлов сети на основе их топологических характеристик, включая степень узла, коэффициент кластеризации и метрики центральности. Результаты исследования подтверждают эффективность метода для анализа и управления сложными сетевыми системами, включая практическое применение в управлении группами дронов.

Ключевые слова: сети; дивизимная классификация; топологические характеристики; сложные системы.

Введение

Современные сложные системы, такие как социальные сети, телекоммуникационные инфраструктуры и группы автономных устройств, требуют эффективных методов анализа и классификации. Дивизимная классификация сетей со случайной структурой представляет собой мощный инструмент для выявления внутренней организации и закономерностей на основе топологических характеристик узлов.

Методология

Дивизимная классификация включает несколько ключевых этапов:

1. Сбор данных: первоначально необходимо собрать данные о топологических характеристиках узлов. Формируется матрица объект-свойство размером $N \times M$, где N - количество узлов сети, а M - количество измеряемых характеристик. Каждая строка матрицы представляет собой вектор характеристик отдельного узла.

2. Анализ классов: после разделения узлов на классы проводится анализ для выявления закономерностей внутри каждой группы, используя сформированную матрицу для статистического анализа и визуализации данных.

3. Анализ классов: после разделения узлов на классы проводится анализ для выявления закономерностей внутри каждой группы, используя сформированную матрицу для статистического анализа и визуализации данных.

Материалы и методы

В ходе проделанной работы были реализованы следующие алгоритмы на языке программирования *Python*:

- алгоритм иерархической классификации сетей с использованием метода *K-means*;
- алгоритм генерации случайного графа с заданным количеством вершин (модель Эрдеша–Реньи);
- алгоритм расчета различных метрик центральности узлов;
- алгоритм визуализации результатов классификации.

Программный пакет был реализован с помощью следующих библиотек языка программирования *Python*:

- *Networkx* – библиотека для работы с графами;
- *Numpy* – библиотека для численных вычислений;
- *Matplotlib* – библиотека для визуализации графов;
- *Scikit-learn* – библиотека для машинного обучения и кластеризации.

Алгоритм генерации случайного графа принимает на вход три параметра:

- количество вершин графа;
- вероятность появления ребра между двумя вершинами;
- *Seed* значение для генератора случайных чисел.

Для каждого узла графа рассчитываются следующие характеристики:

- степень узла (*degree*);
- коэффициент кластеризации (*clustering*);
- центральность по посредничеству (*betweenness*);
- собственная центральность (*eigenvector*);
- важность (*PageRank*);
- близость (*closeness*).

Алгоритм иерархической классификации работает следующим образом:

На вход алгоритма подается граф G и максимальная глубина иерархии.

Для каждого уровня иерархии:

- извлекаются и нормализуются характеристики узлов;
- применяется алгоритм *K-means* для разделения узлов на два класса;
- формируется иерархическая структура классов

На выходе алгоритм возвращает:

- словарь с распределением узлов по классам
- словарь с иерархической структурой классов

Визуализация результатов включает:

- отображение графа для каждого уровня иерархии с цветовым кодированием классов;
- построение графиков распределения характеристик узлов.

Пример работы алгоритма иерархической классификации сетей.
 На рис. 1 представлен начальный уровень (уровень 0) классификации графа с 30 вершинами, где все узлы принадлежат одному классу:

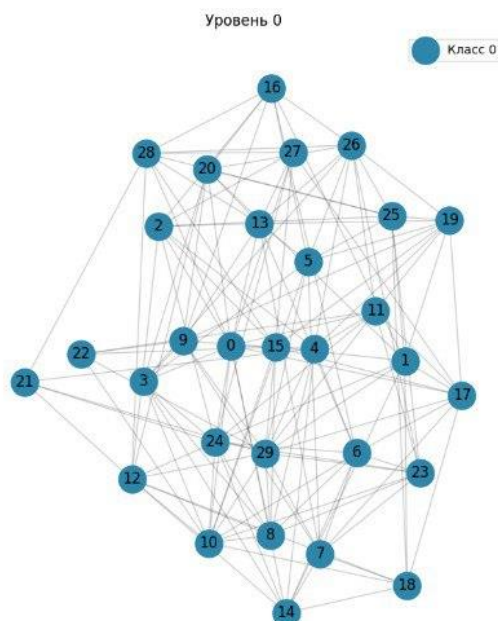


Рис. 1. Визуализация начального уровня классификации

На рис. 2 предоставлена матрица объект-свойство для начального уровня классификации.

Узел	Степень узла	Коэффициент кластеризации	Центральность по посредничеству	Собственная центральность	Важность (PageRank)	Близость
0.0	13.0	0.31	0.04	0.25	0.04	0.64
1.0	10.0	0.27	0.03	0.18	0.03	0.6
2.0	9.0	0.22	0.02	0.17	0.03	0.59
3.0	9.0	0.36	0.02	0.18	0.03	0.59
4.0	10.0	0.27	0.03	0.19	0.03	0.6
5.0	9.0	0.31	0.02	0.17	0.03	0.59
6.0	10.0	0.29	0.02	0.19	0.03	0.6
7.0	9.0	0.33	0.02	0.17	0.03	0.59
8.0	10.0	0.47	0.01	0.21	0.03	0.6
9.0	9.0	0.28	0.03	0.16	0.03	0.59
10.0	12.0	0.35	0.04	0.23	0.04	0.63
11.0	9.0	0.36	0.02	0.18	0.03	0.59
12.0	10.0	0.27	0.03	0.18	0.04	0.59
13.0	11.0	0.29	0.03	0.2	0.04	0.62
14.0	9.0	0.33	0.02	0.17	0.03	0.58
15.0	11.0	0.29	0.04	0.2	0.04	0.62
16.0	8.0	0.18	0.02	0.14	0.03	0.58
17.0	10.0	0.31	0.03	0.19	0.03	0.6
18.0	7.0	0.33	0.01	0.13	0.03	0.57
19.0	10.0	0.33	0.02	0.18	0.03	0.59
20.0	9.0	0.31	0.02	0.17	0.03	0.59
21.0	5.0	0.4	0.0	0.1	0.02	0.55
22.0	5.0	0.6	0.0	0.1	0.02	0.53
23.0	9.0	0.39	0.02	0.18	0.03	0.59
24.0	13.0	0.32	0.04	0.24	0.04	0.64
25.0	9.0	0.25	0.02	0.16	0.03	0.58
26.0	11.0	0.35	0.03	0.19	0.04	0.62
27.0	7.0	0.52	0.01	0.14	0.03	0.57
28.0	9.0	0.22	0.03	0.16	0.03	0.59
29.0	14.0	0.29	0.06	0.25	0.05	0.66

Рис. 2. Матрица объект-свойство начального уровня классификации

На рис. 3 показан первый уровень классификации, где происходит разделение на два основных класса:

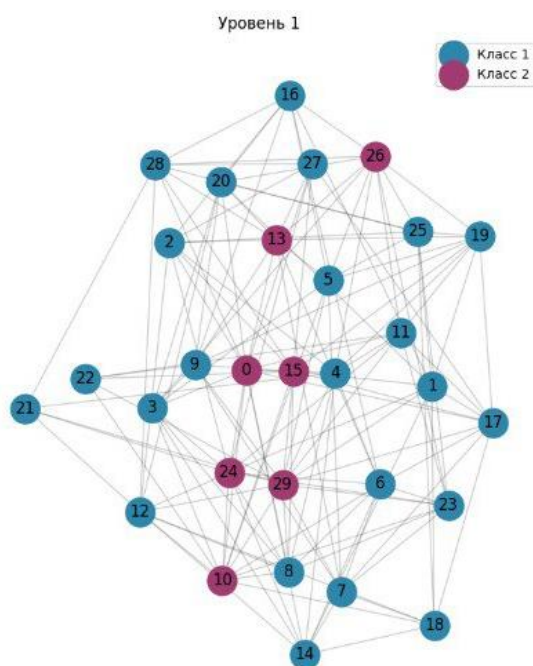


Рис. 3. Визуализация первого уровня классификации

На рис. 4 представлен второй уровень классификации, где каждый из классов уровня 1 разделяется еще на два подкласса:

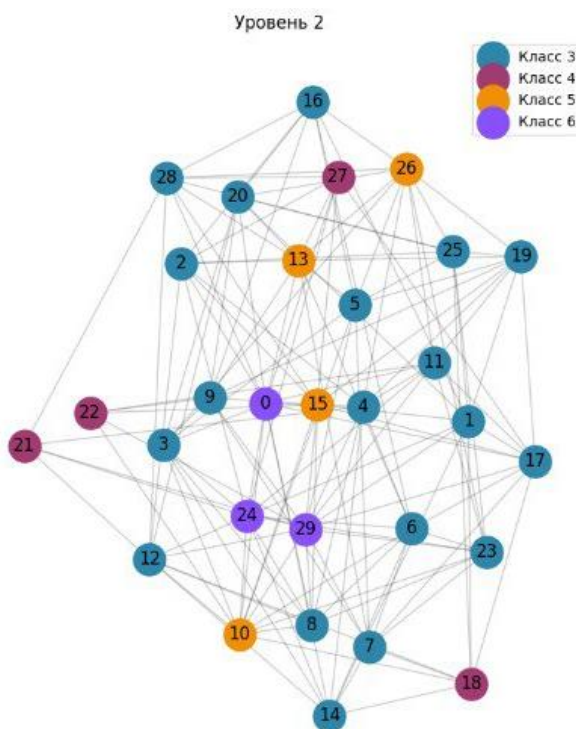


Рис. 4. Визуализация второго уровня классификации

На рис. 5 изображена матрица объект-свойство для класса 4 второго уровня классификации.

Узел	Степень узла	Коэффициент кластеризации	Центральность по посредничеству	Собственная центральность	Важность (PageRank)	Близость
18.0	7.0	0.33	0.01	0.13	0.03	0.57
21.0	5.0	0.4	0.0	0.1	0.02	0.55
22.0	5.0	0.6	0.0	0.1	0.02	0.53
27.0	7.0	0.52	0.01	0.14	0.03	0.57

Рис. 5. Матрица объект-свойство 4 класса второго уровня классификации

На рис. 6 изображена матрица объект-свойство для класса 5 второго уровня классификации.

Узел	Степень узла	Коэффициент кластеризации	Центральность по посредничеству	Собственная центральность	Важность (PageRank)	Близость
10.0	12.0	0.35	0.04	0.23	0.04	0.63
13.0	11.0	0.29	0.03	0.2	0.04	0.62
15.0	11.0	0.29	0.04	0.2	0.04	0.62
26.0	11.0	0.35	0.03	0.19	0.04	0.62

Рис. 6. Матрица объект-свойство 5 класса второго уровня классификации

Аналогичные матрицы алгоритм выводит для каждого класса на каждом уровне классификации.

Практическое применение

Дивизимная классификация имеет множество применений в различных областях, включая социальные, инженерные сети и т. д. В социальных сетях данный подход позволяет выявлять сообщества пользователей с похожими интересами или поведением. В области телекоммуникаций этот метод может использоваться для оптимизации маршрутов и повышения надежности сетевой инфраструктуры.

Особое внимание следует уделить связи дивизимной классификации с управлением большими группами дронов. Проблема управляемости больших групп дронов становится особенно актуальной при увеличении их численности до сотен или тысяч единиц. Методы дивизимной классификации, могут помочь в формировании подгрупп дронов с общими задачами или функциональными возможностями. Это позволит повысить эффективность выполнения сложных операций в динамически изменяющейся среде.

Таким образом, дивизимная классификация становится ключевым инструментом для управления большими группами дронов, обеспечивая их эффективное взаимодействие и выполнение поставленных задач. Это особенно важно для задач, требующих координации и совместного выполнения операций, таких как обследование территорий или выполнение сложных маневров.

Заключение

В рамках данной работы был успешно реализован комплекс алгоритмов для дивизимной классификации сетей со случайной структурой, включающий алгоритмы иерархической классификации, генерации случайных графов и расчета топологических характеристик узлов. Исследование установило эффективность применения методов машинного обучения, в частности алгоритма K-means, для классификации сетевых структур.

Разработанный программный пакет на языке Python демонстрирует практическую применимость предложенного подхода для анализа сложных сетевых систем. Результаты визуализации и анализа характеристик узлов подтверждают возможность выявления значимых структурных особенностей сетей. Дальнейшие направления исследования включают расширение набора топологических характеристик, разработку новых методов оценки качества классификации и адаптацию алгоритмов для специфических задач, таких как управление группами дронов. Особый интерес представляет изучение динамических характеристик сетей и их влияния на процесс классификации.

Библиографический список

1. Абусев Р.А. К задаче классификации групп многомерных нормальных наблюдений / Прикладная статистика Ученые записки по статистике. М.: Наука, 1983. Т. 45. С. 371–372.
2. Бухштабер В.М., Маслов В.К., Зеленюк Е.А. Методы анализа и построение алгоритмов автоматической классификации на основе математических моделей / Прикладная статистика: Ученые записки по статистике. М.: Наука, 1983. Т. 45. С. 126–144.
3. Дорофеюк А.А. Алгоритмы автоматической классификации / Автоматика и телемеханика, 1971. № 12. С. 78–113.

© Иванов М.И., 2024

М.А. КИСЕЛЕВ

tudmuzik5150@gmail.com

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. **А.Г. КАРАМЗИНА**

Уфимский университет науки и технологий

АКТУАЛЬНОСТЬ МОДЕРНИЗАЦИИ СИСТЕМЫ СБОРА И ОПЕРАТИВНОГО ДИСПЕТЧЕРСКОГО УПРАВЛЕНИЯ В СВЯЗИ С ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕМ

Аннотация: в статье обосновывается актуальность модернизации систем управления резервуарным парком «Юргамыш», а также применения SCADA-систем на программном обеспечении *ProSoft*.

Ключевые слова: модернизация; импортозамещение; резервуарный парк; линейная производственно-диспетчерская станция; SCADA; *Prosoft*.

Линейная производственно-диспетчерская станция «Юргамыш» (ЛПДС «Юргамыш») – самая крупная станция из объектов Курганского нефтепроводного управления. Это восточные ворота всей системы магистральных трубопроводов АО «Тран – Урал». Резервуарный парк «Юргамыш» (РП «Юргамыш») представляет собой важный элемент инфраструктуры нефтепроводного управления в России. Этот парк предназначен для хранения и переработки нефтепродуктов, что делает его ключевым звеном в цепочке поставок нефти и нефтехимической продукции.

Резервуарный парк «Юргамыш» включает в себя несколько резервуаров, оборудованных системами автоматизации, которые позволяют управлять процессами хранения и отгрузки нефтепродуктов. Основные функции парка заключаются в безопасном хранении различных видов нефтепродуктов, обеспечении их перекачки и отгрузки, а также в мониторинге состояния оборудования и технологических процессов. Для этого используются автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП), которые обеспечивают сбор данных о состоянии резервуаров, уровнях заполнения, температуре и давлении [1].

Резервуарный парк оснащен SCADA-системами, которые обеспечивают сбор данных в реальном времени и позволяют диспетчерам оперативно реагировать на изменения в состоянии оборудования. Эти системы включают программируемые логические контроллеры (ПЛК) и удаленные терминальные устройства (RTU), которые собирают информацию с датчиков и передают ее на центральный сервер. Диспетчеры могут видеть информацию о состоянии резервуаров на

графических интерфейсах, что позволяет им принимать обоснованные решения для управления процессами.

Основные функции *SCADA*-систем в РП «Юргамыш»:

– сбор данных: *SCADA*-системы собирают информацию с различных датчиков и устройств, установленных на резервуарах и насосных станциях. Это позволяет получать актуальные данные о состоянии оборудования, уровнях заполнения резервуаров, температуре и давлении;

– мониторинг и визуализация: программное обеспечение *SCADA* предоставляет графические интерфейсы для визуализации информации, что позволяет диспетчерам быстро интерпретировать текущее состояние процессов. Графические панели отображают ключевые параметры и изменения в режиме реального времени;

– аварийное оповещение: в случае возникновения нештатной ситуации система автоматически сигнализирует оператору о проблемах, таких как превышение критических параметров или отказ оборудования. Это позволяет оперативно принимать меры по устранению аварийных ситуаций;

– управление процессами: диспетчеры могут управлять оборудованием через интерфейс *SCADA*, что позволяет им запускать или останавливать насосы, изменять параметры работы резервуаров и выполнять другие операции;

– архивирование данных: *SCADA*-системы обеспечивают архивирование собранных данных, что позволяет проводить анализ производственных процессов и выявлять тенденции. Это помогает в планировании технического обслуживания и повышении общей эффективности работы.

Преимущества использования *SCADA*-систем:

– интеграция всех процессов хранения и переработки нефтепродуктов, что позволяет повысить общую эффективность работы;

– управление в реальном времени, что критично для обеспечения безопасности при работе с опасными веществами;

– анализ исторических данных, что помогает в планировании технического обслуживания и модернизации оборудования.

Таким образом, *SCADA*-система является неотъемлемой частью управления резервуарным парком «Юргамыш», обеспечивая надежность, безопасность и эффективность технологических процессов [2-3].

В последние годы РП «Юргамыш» активно модернизируется в рамках программы импортозамещения. Это обусловлено необходимостью снизить зависимость от зарубежных технологий и оборудования, особенно в свете введенных санкций. В условиях ограничений на поставки оборудования из-за границы, РП «Юргамыш» стремится перейти на отечественные решения. Это позволит обеспечить бесперебойную работу парка, минимизируя риски, связанные с возможными перебоями в поставках.

Модернизация включает замену устаревших систем управления на современные отечественные аналоги, что не только повысит надежность работы, но и снизит затраты на обслуживание.

Модернизация также направлена на увеличение эффективности процессов хранения и переработки нефтепродуктов. Внедрение современных автоматизированных систем управления (АСУ ТП) и SCADA-систем позволит оптимизировать управление технологическими процессами, обеспечивая сбор данных в реальном времени.

Адаптация к новым требованиям безопасности и экологии также является важным аспектом. С учетом изменений в законодательстве и новых стандартов безопасности, модернизация РП «Юргамыш» необходима для адаптации к новым требованиям. Современные системы управления позволят интегрировать новые механизмы контроля за состоянием резервуаров и технологических процессов, что способствует повышению уровня безопасности на предприятии. Внедрение систем аварийной сигнализации и мониторинга поможет быстро реагировать на возможные угрозы и минимизировать риски.

Интеграция новых технологий является еще одной важной причиной для модернизации РП «Юргамыш». Использование инновационных решений, таких как *IoT* (Интернет вещей) и анализ больших данных, позволит значительно улучшить мониторинг состояния оборудования и проводить глубокий анализ данных для оптимизации процессов. Например, применение сенсоров для сбора данных о состоянии резервуаров в реальном времени может помочь предсказывать возможные неисправности до их возникновения, что снизит затраты на обслуживание и повысит надежность работы.

Таким образом, модернизация РП «Юргамыш» является необходимым шагом для повышения его эффективности, безопасности и устойчивости в условиях современных вызовов [4,7-9].

Использование программного обеспечения *Prosoft* на резервуарном парке «Юргамыш» имеет несколько значительных преимуществ:

- увеличение эффективности процессов: автоматизация процессов управления и мониторинга позволяет значительно повысить общую эффективность работы парка;
- снижение рисков аварийных ситуаций: система аварийного оповещения и мониторинга помогает минимизировать риски, связанные с работой с опасными веществами;
- снижение затрат на обслуживание: интеграция современных технологий позволяет оптимизировать затраты на техническое обслуживание оборудования за счет более точного прогнозирования неисправностей;

– поддержка отечественного производства: использование российской разработки способствует снижению зависимости от импортных технологий и повышает устойчивость работы предприятия.

Программное обеспечение *Prosoft*, в частности, включает решения, такие как *MasterSCADA*, которые предназначены для сбора данных с оборудования, их обработки и визуализации. Это российская программная платформа, разработанная для автоматизации и диспетчеризации в различных отраслях промышленности. Она обеспечивает сбор данных с оборудования, их обработку и архивирование, а также визуализацию информации в виде графических панелей, трендов и отчетов. Эта система позволит диспетчерам и операторам в режиме реального времени отслеживать состояние резервуаров парка «Юргамыш», что критически важно для обеспечения безопасности и эффективности работы.

Таким образом, программа *Prosoft*, в частности *MasterSCADA*, может способствовать улучшению эффективного управления резервуарным парком «Юргамыш», повышая безопасность, надежность и производительность его работы [5–6].

Библиографический список

1. «СМС-Автоматизация». Автоматизация в промышленности: АСУТП и информационные системы. 2023. URL: <https://sms-a.ru/about/news/?msg=1048> (дата обращения: 21.11.2024).
2. «Первый бит» // QRZ: SCADA-системы. 2024. URL: https://www.1cbit.ru/blog/chto-takoe-scada-sistema/?utm_referrer=https%3A%2F%2Fwww.perplexity.ai%2F (дата обращения: 21.11.2024).
3. ООО «НТЦ Энерго-ресурс»: [сайт]. URL: <https://en-res.ru/stati/scada.html> (дата обращения: 21.11.2024).
4. «ЦДУ ТЭК» // QRZ: Преодоление зависимости от импортного оборудования. 2023. URL: https://www.cdu.ru/tek_russia/issue/2024/3/1241/ (дата обращения: 21.11.2024).
5. Шульгин Д. SCADA-системы: назначение, задачи, структура и особенности // QRZ: SCADA-системы: что это такое, где применяется. 2024. URL: <https://blog.simplight.ru/scada-sistemy-naznachenie-zadachi-struktura-osobnosti/> (дата обращения: 21.11.2024).
6. ООО «МПС Софт» // QRZ: ProSoft. MasterSCADA. 2024. URL: <https://www.prosoft.ru/products/brands/masterscada/> (дата обращения: 21.11.2024).
7. «Ступино квадрат» // QRZ: Импортозамещение в ОЭЗ. 2022. URL: <https://gdpquadrat.com/digest/instrument-razvitiya/importozameshchenie-v-oez/> (дата обращения: 21.11.2024).
8. «CyberLeninka» // QRZ: Импортозависимость и импортозамещение в российской обрабатывающей промышленности:

взгляд бизнеса. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/importozavisimost-i-importozameschenie-v-rossiyskoy-obrabatyvayuschey-promyshlennosti-vzglyad-biznesa> (дата обращения: 21.11.2024).

9. Гладышев Г. Модернизация АСДУ центров обработки данных: проблемы и решения // QRZ: СЭТА. Современная электроника России. URL: <https://www.cta.ru/articles/cta/otrasli/avtomatizatsiya-zdaniy/124753/> (дата обращения: 21.11.2024).

© Киселев М.А., 2024

Н.А. КУРБАТОВ

nkurbatov26@ya.ru

Науч. руковод. – д-р техн. наук, проф. **В.Е. ГВОЗДЕВ**

Уфимский университет науки и технологий

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТОПОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СЕТЕЙ СО СЛУЧАЙНОЙ СТРУКТУРОЙ

Аннотация: в данной работе рассматривается статистический анализ топологических характеристик сетей со случайной структурой, направленный на выявление закономерностей и особенностей. Исследуются ключевые параметры, такие как степень узлов, кластеризация и кратчайшие пути, что позволяет понять динамику и устойчивость таких сетей. Результаты анализа могут быть применены в различных областях, способствуя глубокому пониманию их функционирования и взаимодействия.

Ключевые слова: узловая связанность, устойчивость, структуры сети, отказ.

Целью работы является исследование влияния исходной топологии сети на внешние дестабилизирующие воздействия.

Задачи исследования:

1. Исследовать различные подходы к формированию сетей;
2. Провести статистический анализ связанности сетей с различными топологическими характеристиками;
3. Сформировать графики зависимости потери связанности от числа атак, количества ребер, подвергаемых атакам и вероятности удаления;
4. Сформировать заключение о повышении надежности исходя из выбора топологии сети.

Сеть – это сложный объект, которому можно поставить в соответствие множество топологий: физическая, логическая, функциональная, ресурсная и другие. В рамках цели настоящей работы является: исследование устойчивости сети на уровне физической и логической топологии. Основными топологиям являются: сеть, звезда, кольцо, а также линейная (не рассматривается в данной работе). Приведем примеры схем топологий (рис. 1).

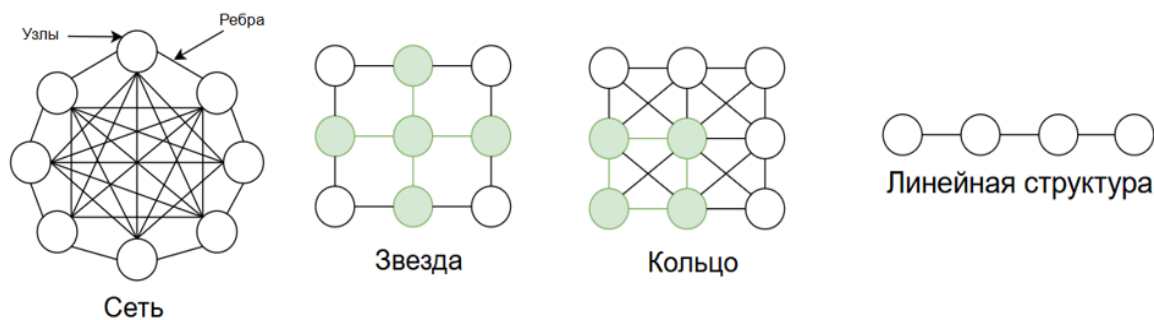


Рис. 1. Топологии сетей

Представляет интерес провести анализ устойчивости различных топологий с точки зрения различных подходов сетей. Основными подходами сети служат: логический, физический и функциональный. Если рассмотреть сложные сети, имеющие большую степень неопределенности, можно сформировать куб различных подходов. Приведем пример данного куба (рис. 2).

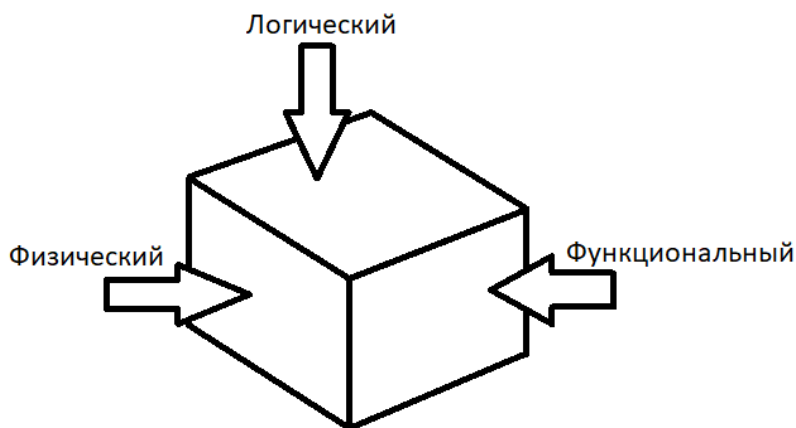
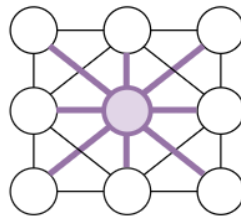


Рис. 2. Куб различных подходов

Различные подходы к исследованиям формируют плоскости, в которых содержится множество количественных характеристик. Анализируя топологические характеристики, мы можем проводить статистические эксперименты, сводя результаты вычислений показателей в графики. Проведя анализ, мы можем оценивать показатели устойчивости различных структур сетей. Поэтому представляет интерес рассмотреть (рис. 3):

1. Эксперимент разрушения ребер сети различной структуры случайным образом с заданной вероятностью;
2. Разрушая сеть, атакуя менее значимые ребра в сети.



Значимый узел

Рис. 3. Граф. Менее значимые ребра (черные)

Статистический анализ различных структур позволяет: выявить устойчивость к ошибкам и атакам. Выявление преимуществ и недостатков структур позволит определить стратегический метод планирования сетей, который в свою очередь опишет, какие задачи нужно решить, что нужно делать для того, чтобы сети были более устойчивы к дестабилизирующим воздействиям.

Схема исследования

Основу исследования составляет статистический эксперимент, предполагающий выполнение следующих шагов:

Шаг 1. Построение графов различных структур с размером матрицы $N \times N$. Реализация этого шага предполагает выполнение следующих операций:

- а) задается порядок матрицы N ;
- б) формируется матрица;
- в) задается вероятность разрушения ребра между узлами в сети.

Шаг 2. Эксперимент проводится 1000 раз. Фрагмент схемы эксперимента по случайному удалению ребер в графе представлен ниже на (рис. 4).

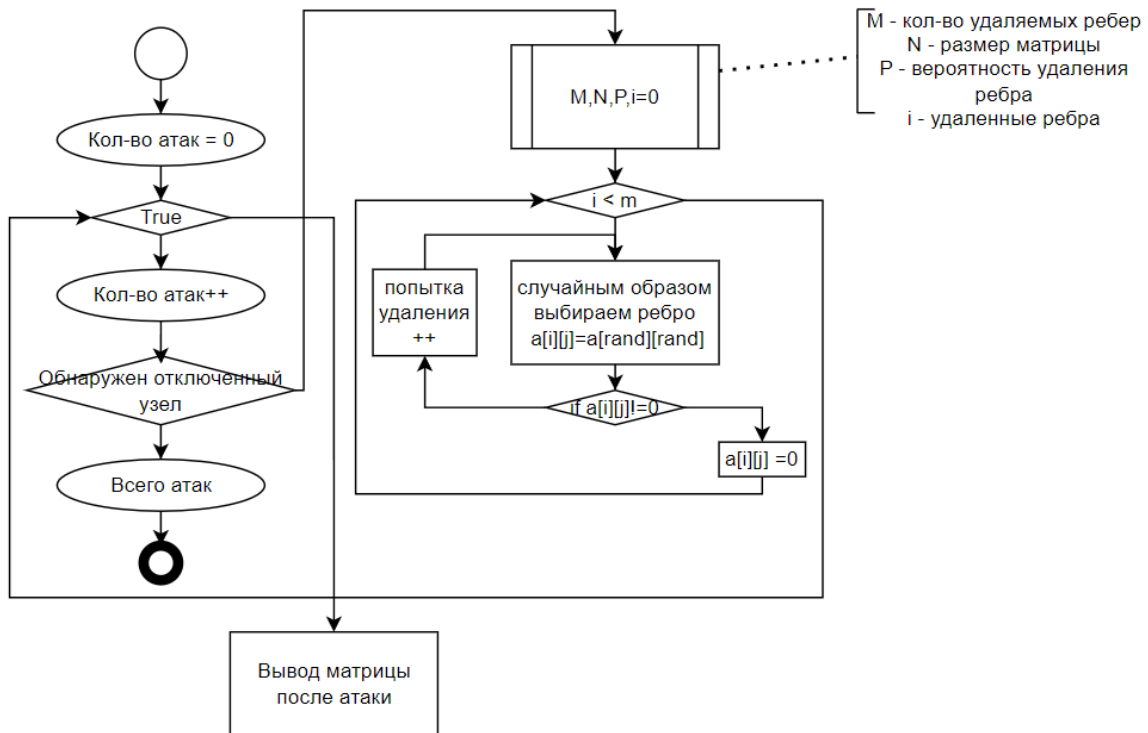


Рис. 4. Схема алгоритма

Шаг 3. После проведения эксперимента данные о количестве атак сводятся в таблицу. Результаты одного из экспериментов представлены на (рис. 5). Размерность матрицы $N = 6$, количество атакуемых ребер $M = 1$, вероятность удаления ребра $P = 0,8$.

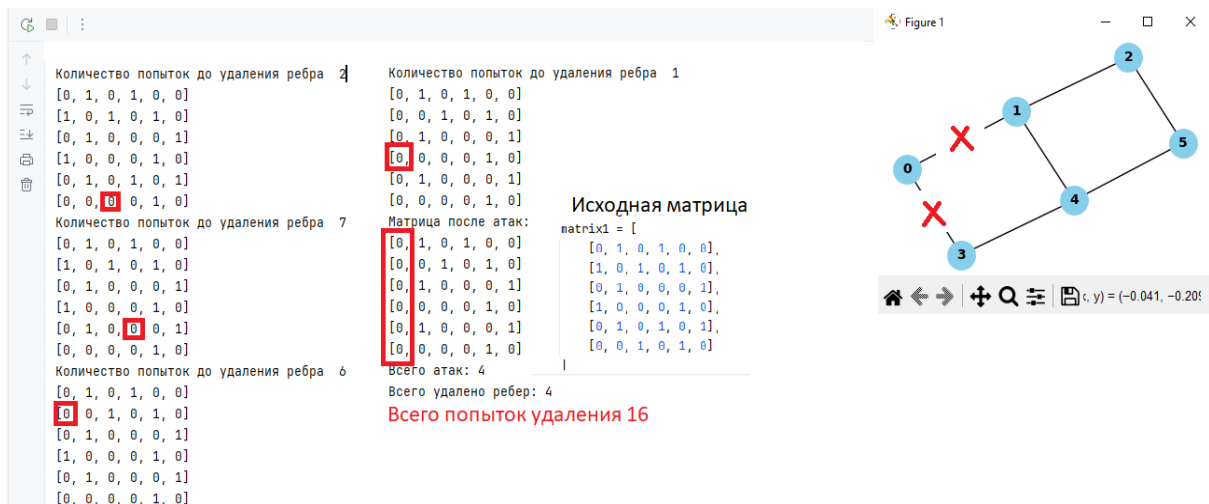


Рис. 5. Пример эксперимента

После проведения эксперимента собираются данные и сводятся в диаграмму зависимости количества атак от вероятности для различных топологий. Диаграммы представлены на (рис. 6 и 7).

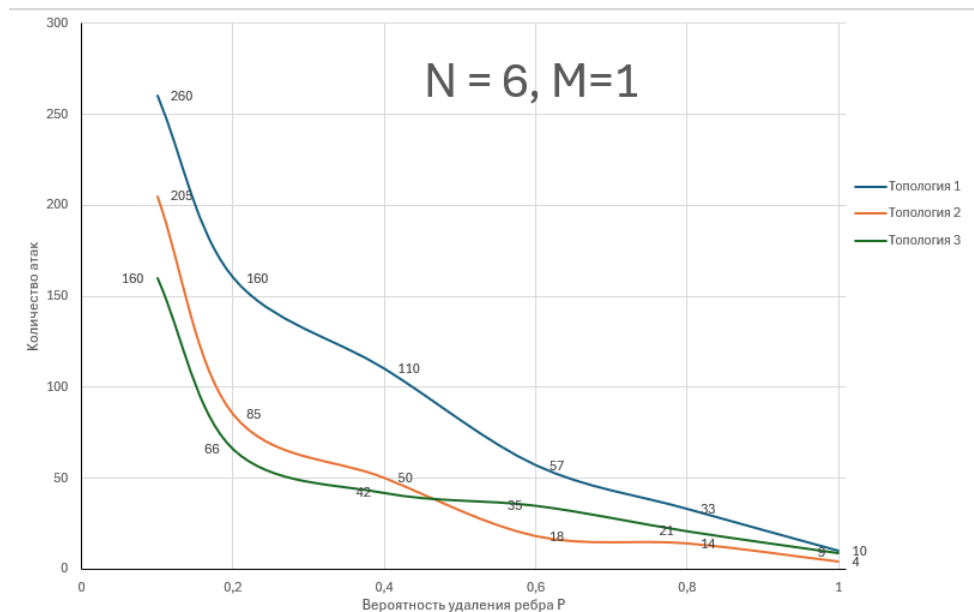


Рис. 6. Диаграмма устойчивости эксперимент № 1

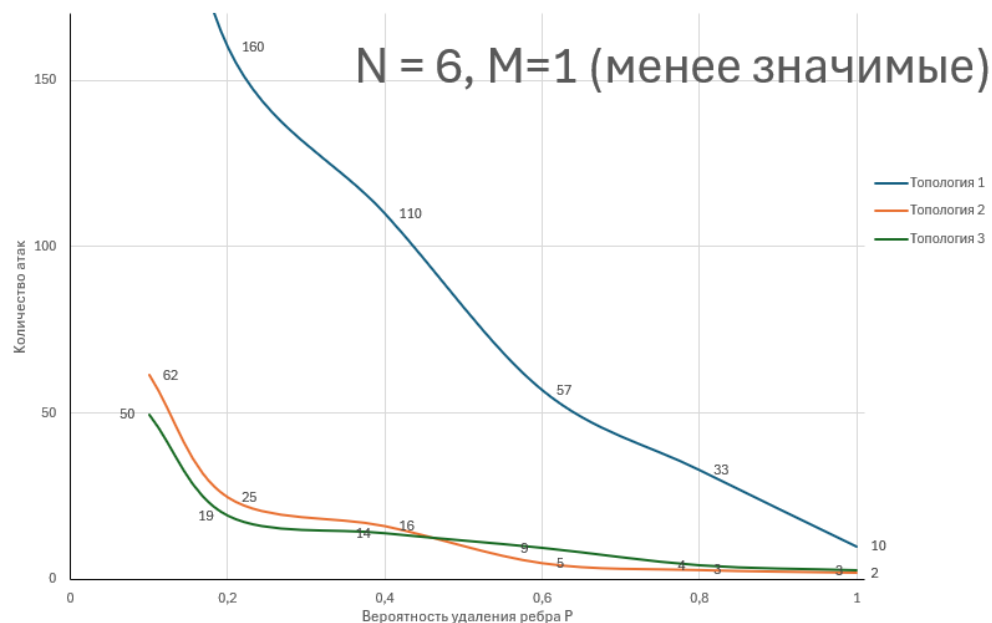


Рис. 7. Диаграмма устойчивости эксперимент № 2

В результате эксперимента мы получили графики устойчивости графа с заданной топологией типа (кольцо) к дестабилизирующим воздействиям: случайного удаления ребер и удаления ребер менее значимых.

В заключении, проведенный статистический анализ топологических характеристик сетей со случайной структурой предоставляет ценные результаты относительно их организации и поведения. Выявленные закономерности и особенности, такие как устойчивости сети к атакам, открывают новые горизонты для дальнейших исследований в данной области. Полученные результаты не только углубляют теоретические знания о случайных сетях, но и имеют практическое значение для применения в таких сферах, как сетевые системы управления,

биоинформатика и транспортные системы. Это подчеркивает важность дальнейшего изучения топологических свойств сетей для оптимизации их структуры и повышения устойчивости к внешним воздействиям.

Библиографический список

1. Error and attack tolerance of complex networks. URL: <https://disk.yandex.ru/i/oUnLT2eOrrqNUg> (дата обращения: 28.10.2024).
2. Устойчивость функционирования сети связи общего пользования [ГОСТ Р53111–2008] URL: <https://disk.yandex.ru/i/tmz3QqHUw7jJsQ> (дата обращения: 05.11.2024).
3. Тимофеев А.В. Адаптивное управление и интеллектуальный анализ информационных потоков в компьютерных сетях. СПб.: ООО «Анатолия», 2012.
4. Documentation for working NetworX. URL: <https://networkx.org/> (дата обращения: 01.11.2024).

© Курбатов Н.А., 2024

Д.С. МИТРИЧЕНКО

mitrichenkodima@yandex.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. **А.П. КОСТЮКОВА**

Уфимский университет науки и технологий

УМНАЯ ФЕРМА ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ КЛУБНИКИ

Аннотация: статья посвящена разработке и сборке бюджетной умной фермы для автоматизированного выращивания растений. Проект предполагает создание небольшой теплицы, управляемой контроллером, которая поддерживает микроклимат для роста растений, контролируя температуру, влажность и освещение.

Ключевые слова: умная ферма, Arduino, фитолампа, датчики, вентиляторы, автополив.

Актуальность. Цель проекта – автоматизировать действия человека при выращивании культур, смоделировать и разработать бюджетную не габаритную теплицу, управляемую микроконтроллером, способную поддерживать благоприятные условия для культивации растений в городских условиях или в теплице.

Задачи:

1. Рассмотреть варианты умных ферм, сравнить их и выбрать наилучший.
2. Проанализировать перспективы выращивания домашних культур и выбор самой подходящей культуры.
3. Собрать и автоматизировать ферму.
4. Испытать ферму в действии.

Объектом исследования является умная ферма, где выращивается та или иная культура. Предметом являются приемы программирования контроллеров и автоматизации технологических процессов.

Умные фермы. Их сравнение. Гидропонная установка. Это система выращивания растений без использования почвы. Она состоит из резервуара с питательным раствором, в котором находится корни растений. Раствор подается к корням с помощью насоса, а затем стекает обратно в резервуар. Гидропонные установки позволяют выращивать культуры в условиях ограниченного пространства и контролировать качество питательных веществ в растворе.

Сравнение гидропонной установки и традиционной системы выращивания растений показывает ряд преимуществ первой.

Во-первых, гидропонные установки требуют меньше места, так как растения не занимают площадь под почву.

Во-вторых, они позволяют более точно контролировать условия выращивания, такие как температура, влажность и концентрация питательных веществ.

В-третьих, гидропонные установки могут быть более эффективными с точки зрения использования воды и удобрений. Однако, традиционная система выращивания растений может быть более привычной и доступной для многих людей. Ограниченное количество раствора, чем меньше емкость, тем чаще нужно обслуживать установку. Растения растут хорошо, но наилучшие условия для корней растений в других установках, они сложнее и дороже. А также сложнее менять раствор в установке.

Капельный полив – это метод полива, при котором вода подается к каждому растению по отдельности через специальные трубки. Этот метод позволяет экономить воду, так как она не расходуется на полив пустой земли. Кроме того, капельный полив снижает риск заболачивания почвы и развития болезней растений.

Сравнивая капельный полив и другие методы полива, можно отметить его преимущества.

Во-первых, он более эффективен с точки зрения экономии воды.

Во-вторых, он позволяет более равномерно распределять воду по всей площади участка, что снижает риск переувлажнения почвы.

В-третьих, капельный полив может быть автоматизирован, что упрощает процесс ухода за растениями. Но есть несколько нюансов. Он увлажняет только поверхностно, а другим культурам (например, томатами) нужен глубокий. И для нормального функционирования системы необходимо следить за ее чистотой, регулярно прочищать трубы и капельницы.

Сравнивая все варианты, можно создать свой, оптимальный вариант. Умная ферма – это ферма, которая использует технологии для оптимизации производства. Она может включать в себя системы автоматического полива, управления освещением, мониторинга состояния растений и многого другого.

Сравнение умной фермы и обычной фермы показывает ряд преимуществ умной. Во-первых, она позволяет более эффективно использовать ресурсы. Во-вторых, упрощает работу человека. В-третьих, она достаточно компактна.

Автоматизация теплицы подразумевает под собой отслеживание различных показателей и управление микроклиматом для роста растений. Умная теплица способна осуществлять контроль над:

- теплом – предотвращение перегрева или замерзание растений;
- водой – так как в теплицу не попадают осадки, необходимо управлять поливом растений;

- светом – дополнительное подсвечивание растений или их затемнение;

- расходом воздуха и влажности – плотно закрытая теплица приведет к повышению влажности и нехватке кислорода и углекислого газа для растений в зависимости от времени суток.

Система измеряет температуру воздуха, влажность почвы, уровень освещенности и выводит показатели на экран. При высоких/низких показателях температуры воздуха включается/выключается система вентиляции, которая состоит из двух вентиляторов. При низких/высоких показателях влажности почвы система включает/выключает капельный полив, который состоит из мембранного насоса и гибких трубок. При высоких/низких показателях уровня освещенности система выключает/включает светодиодные лампы.

Программу можно регулировать для каждого растения. То есть для каждой сельскохозяйственной культуры можно задать идеальные параметры.

Умная ферма. Ремонтантная клубника как культурное растение для умной фермы. Ремонтантная клубника – это сорт клубники, который способен плодоносить несколько раз за сезон. Это достигается благодаря тому, что после первого плодоношения, растение продолжает образовывать новые соцветия и завязи, которые в дальнейшем превращаются в ягоды. Таким образом, период плодоношения ремонтантной клубники может длиться с начала лета и до самой осени. Одним из главных преимуществ ремонтантной клубники является возможность получать урожай несколько раз за один сезон. Однако стоит учесть, что это требует больше ухода за растением и подкормки, так как оно находится под нагрузкой постоянного плодоношения.

Еще одним недостатком может стать то, что такие сорта клубники могут быть более восприимчивыми к болезням и вредителям из-за постоянного плодоношения и стресса для растения. В целом, выбор между обычной и ремонтантной клубникой зависит от того, насколько важно для вас иметь возможность собирать урожай несколько раз в сезон и готовы ли вы приложить больше усилий для ухода за ней.

Умная ферма. Сборка и автоматизация фермы. Реализация проекта. Для сборки корпуса закупаются листы фанеры, бруски, а также ПВХ трубы, рулон фольгированной изоляции. Сборка производится обычными техническими действиями. Также учитывается расстояние от фитолампы до самих растений – 40 см. При желании увеличить размеры теплицы следует учитывать и расстояние между самими растениями. В случае с клубникой кустики нужно располагать на расстоянии 15 см друг от друга.

Создать программируемую систему автоматического полива, также подающую сигналы о состоянии фермы, работающую на основе платы

Arduino UNO/Nano, содержащую следующие модули: датчик влажности почвы – для быстрой сборки и отладки устройства плата расширения Тройка Shield, которая одевается сверху на Arduino Uno методом бутерброда, мини насос 12л/мин, датчик температуры воздуха DS18B20 (+ модуль датчика температуры DC5V DS18B20), датчик CO2 Arduino MH-Z19Bm, вентиляторы (кулеры) Aalseye HALO 4.0, дисплей, на котором выводятся данные от датчиков spi/i2c 2004 lcd blue, жки-дисплей 20x4.

Код написан на языке C++. Каждый датчик прописывался отдельно.

Сборка поливной системы состоит из следующего: твердый тонкий ПВХ, 50 на 12 см, канистра для воды 5л, насос мини 12л/мин., гибкая подводка для воды, трубка для фильтра обратного осмоса, обратный клапан.

Система ставится отдельно на заднюю часть самой фермы на кронштейны.

При сборке необходимо хорошо закрепить все стыки во избежание протеканий, что может привести к недостатку влаги в почве.

Испытание фермы происходит следующим образом: включается насос, прогоняющий воду. На дисплее мы можем наблюдать изменение значений сигнала от датчика влажности почвы. При желании проверить датчик температуры воздуха в действии, нужно дождаться окончания светового дня клубники, тогда погаснет фитолампа, вследствие чего, температура начнет понижаться (но не опустится до критичной).

Заключение

Цель проекта достигнута – трудоемкий процесс выращивания клубники автоматизирован. Теплица сконструирована по всем параметрам, которые необходимы для нашей культуры.

1. Были рассмотрены различные варианты выращивания растений и самих ферм.
2. Рассмотрено преимущество выращивания именно ремонтантной клубники.
3. Учитывая все необходимые аспекты, умная ферма была собрана и автоматизирована.
4. Ферма была испытана в действии.

Библиографический список

1. Буров А.В. Умные технологии в агрономии: [монография]. М.: Агропромиздат, 2021. 240 с.
2. Захаров А.Н. Устойчивое энергоснабжение в умных теплицах. Казань: Издательство Казанского университета, 2021. 200 с.
3. Казанов Р.П. Разработка систем автоматизации теплиц. Ростов-на-Дону: СКНТ, 2022. 300 с.

© Митриченко Д.С., 2024

Н.М. МУСИНА

nelly-mus@mail.ru

Науч. руковод. – д-р техн. наук, проф. **К.Ф. ТАГИРОВА**

Уфимский университет науки и технологий

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ ПРОИЗВОДСТВА ФТОРИДА АЛЮМИНИЯ

Аннотация: в статье рассмотрен технологический процесс производства фторида алюминия, предложены средства для расширения производства и модернизации системы управления на основе современных информационных технологий автоматизации.

Ключевые слова: фторид алюминия; система управления; модернизация; технологический процесс; унификация; аппаратно-программный комплекс.

Производство фторида алюминия имеет важное значение в современной промышленности и экономике, поскольку фторид алюминия находит широкое применение во многих отраслях промышленности, таких как производство алюминия, стекла, керамики, фармацевтических препаратов, электроники. В России наблюдается дефицит фторида алюминия, оцениваемый в 40–50 % от имеющейся потребности. В связи с этим производится экстенсивное расширение производства фторида алюминия путем увеличения количества некоторых элементов технологического оборудования. Для повышения качества управления осуществляется модернизация системы управления технологическим процессом производства фторида алюминия с частичной заменой аппаратных средств и соответствующей доработкой программного обеспечения системы управления.

Фторид алюминий – сыпучий, не слеживающийся материал, в воде практически нерастворим, пожаро- и взрывобезопасен, токсичен. Токсичность его обусловлена присутствием фтор-иона. Относится к 3-му классу опасности. Сырьем для производства фторида алюминия являются гидроксид алюминия и кремнефтористоводородная кислота (КФВК), полуфабрикатом – маточный раствор фтористого алюминия, побочным продуктом – гель кремниевой кислоты (кремнегель).

Качество фторида алюминия зависит от нескольких факторов, включая чистоту и состав исходных материалов, процессы производства, технологические параметры и условия хранения. Эти факторы могут

влиять на размер частиц, степень кристалличности и содержание примесей.

Получение заключается в следующем: КФВК распадается гидроксидом алюминия, образуя перенасыщенный раствор фторида алюминия и кремнегель. Кремнегель отделяется вакуумным ленточным фильтром и направляется в усреднитель сточных вод. В случае промышленного производства суспензия кремнегеля фильтруется. Перенасыщенный раствор фторида алюминия подвергается кристаллизации при нагревании. Кристаллы тригидрата фторида алюминия отделяют от раствора и высушивают в сушильном барабане.

Технологический процесс производства фторида алюминия осуществляется последовательно на следующих технологических линиях:

- 1) узел приготовления суспензии гидроксида алюминия;
- 2) реакторный узел;
- 3) узел фильтрации суспензии кремнегеля;
- 4) узел кристаллизации;
- 5) узел фильтрации суспензии тригидрата фторида алюминия;
- 6) узел сушки-прокалки;
- 7) транспортировка готовой продукции на склад.

Расширение производства – это процесс количественной оценки факторов, используемых в производственном процессе, т. е. потребности в дополнительном оборудовании, работниках и оснастке для производства большего количества продукции.

Существует два способа расширения производственных мощностей:

1. Экстенсивные методы – вовлечение дополнительных ресурсов в производство;

2. Интенсивные методы – предполагают максимальное использование имеющихся ресурсов (применение ресурсосберегающих технологий, повышение производительности труда, совершенствование организации производства).

Модернизация производства – это процесс внедрения новейших технологий, систем управления и механизмов, направленных на оптимизацию производственного процесса.

Расширение производства фторида алюминия осуществляется экстенсивным способом путем увеличения количества технологического оборудования.

Для расширения производства добавляется новое технологическое оборудование: три новых кристаллизатора в узел кристаллизации и три трубных цепных конвейера для транспортировки готовой продукции на склад.

До модернизации система управления состояла из программируемого логического контроллера (ПЛК) *SIEMENS S7*, программируемого на языке *Simantic WinCC V7.2*, и автоматизированного рабочего места (АРМ)

оператора, для которой SCADA система программируется на другой платформе. Данная конфигурация требовала организации обмена данными между двумя средами программирования ПЛК и АРМ оператора, что является непростой задачей. В данной работе производится переход на ПЛК *YOKOGAWA* с единой средой программирования ПЛК и АРМ *CENTUM VP*.

Система управления состоит из объекта управления (ОУ), которым является технологический процесс производства фторида алюминия, измерительных и исполнительных устройств, модулей ввода/вывода, контроллеров и АРМ операторов.

Структурная схема системы управления технологическим процессом производства фторида алюминия с учетом расширения состава технологического оборудования представлена на рисунке.

С учетом увеличения числа технологического оборудования увеличивается число измерительных и исполнительных устройств.

Унифицированные аналоговые сигналы (4–20 мА) с датчиков температуры, уровня и тока, установленных на кристаллизаторах, с датчиков тока и расхода, установленных на трубных цепных конвейерах, поступают на модули аналогового ввода *YOKOGAWA* тип *AAI141-H50*. Модули ввода с помощью аналого-цифрового преобразователя (АЦП) преобразуют аналоговые сигналы в дискретные. Далее цифровые сигналы поступают на входы контроллера *YOKOGAWA FCS0102*, который обрабатывает сигналы в соответствии с управляющей программой, формирует и подает цифровые выходные сигналы на модули аналогового вывода *YOKOGAWA* тип *AAI543-H50*. Также контроллер отправляет на станции операторов *HIS0164*, *HIS0162*, на станцию инженера автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУ ТП) *HIS0164* и на сервер *HIS0163* информацию о текущих значениях контролируемых параметров и принимает управляющие команды от оператора. Модули аналогового вывода с помощью цифро-аналогового преобразователя (ЦАП) преобразуют дискретные сигналы в аналоговые. Далее аналоговые сигналы поступают на исполнительные устройства (клапаны регулирующие, мешалки), которые оказывают управляющие воздействия на кристаллизаторы. Также аналоговые сигналы поступают на исполнительные устройства (насосы), которые откачивают тригидрат фторида алюминия с маточным раствором на узел фильтрации суспензии тригидрата фторида алюминия (рис. 1).

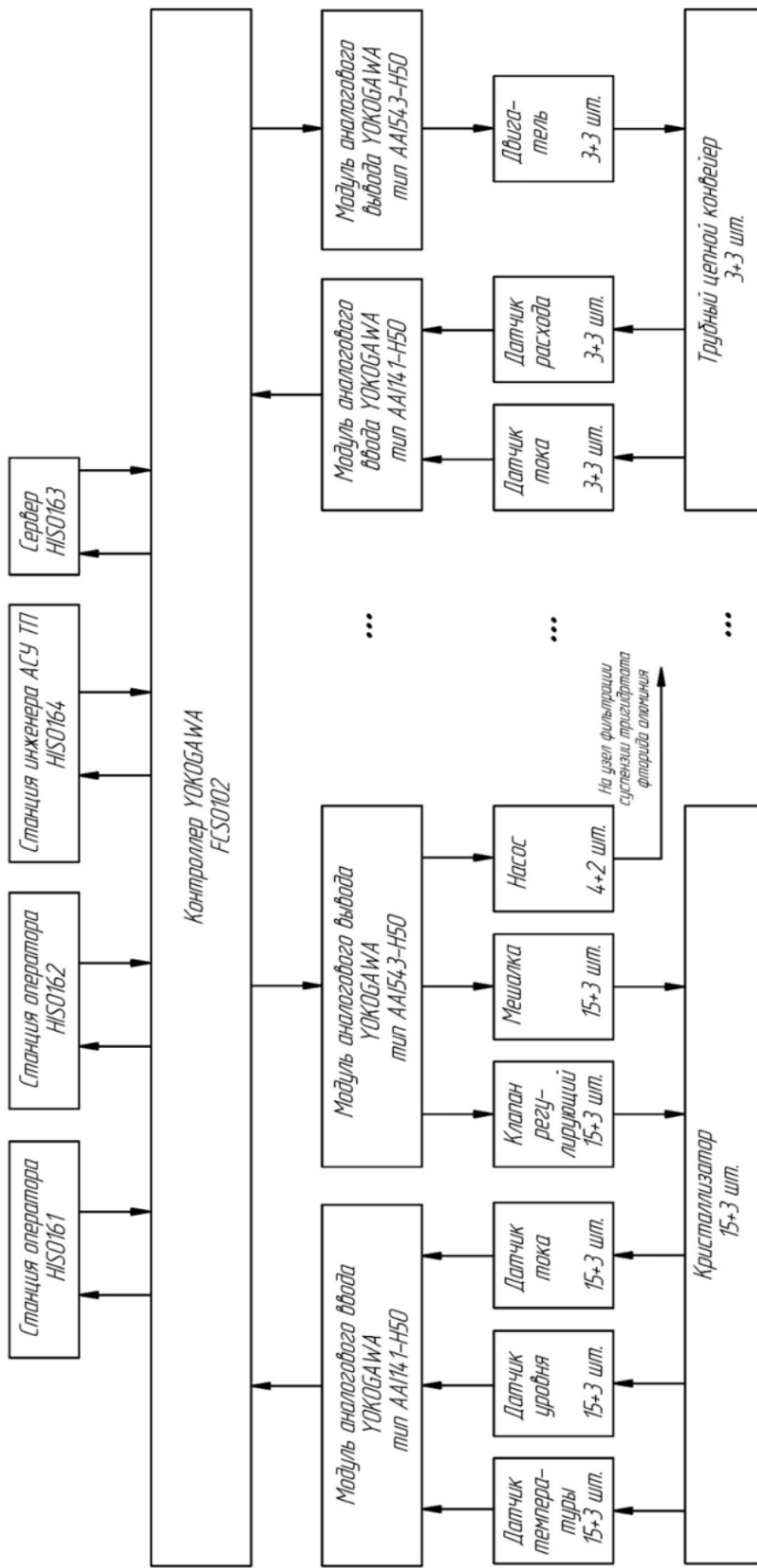


Рис. 1. Структурная схема системы управления технологическим процессом производства фторида алюминия с учетом расширения состава технологического оборудования

Аналоговые сигналы поступают на исполнительные устройства – двигатели трубных цепных конвейеров.

Таким образом, в рамках модернизации технологического процесса производства фторида алюминия предложен унифицированный состав аппаратно-программного комплекса.

Библиографический список

1. Боярко Г.Ю., Хатьков В.Ю. Добыча и потребление фтористого минерального сырья в России // Известия Томского политехнического университета. 2004. Т. 307. № 2. С. 165–169.

2. Веретенникова И.И., Сергеев И.В. Экономика организации (предприятия): учебное пособие для бакалавров; под ред. И.И. Сергеев. М.: Юрайт, 2018. 671 с.

3. Лебедев К.Н. Автоматизированные системы управления технологическими процессами: учебное пособие / К.Н. Лебедев. зерноград, ФГОУ ВПО АЧГАА, 2008. 117 с.

4. Муравьева Е.А. Интегрированные системы проектирования и управления: учеб. пособие. Уфа: Изд-во УГНТУ, 2011. 354 с.

5. Раков Э.Г. Химия и технология неорганических фторидов. М.: Изд-во МХТИ им. Д.И. Менделеева, 1990. 162 с.

© Мусина Н.М., 2024

О.Э. СЕМЁНОВ, В.В. НЕФЕДОВ

kris.mishka.83@inbox.ru, nefedov.vladimir-main@yandex.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. **А.Г. КАРАМЗИНА**

Уфимский университет науки и технологий

ВЫБОР NLP ИНСТРУМЕНТОВ ДЛЯ АНАЛИЗА ИНТЕРНЕТ-УГРОЗ

Аннотация: в статье представлены результаты анализа технологии *Natural Language Processing (NLP)*⁹, применяемые для определения людей в зоне риска и угроз. *NLP* играет ключевую роль в системах безопасности, позволяя выявлять угрозы через обработку текстовых данных. Рассматриваются инструменты, такие как *NLTK*¹⁰, *spaCy* и *TextBlob*, *VADER*, *BERT* и их применение в кибербезопасности для анализа вредоносных писем и социальных атак в рамках коммуникации в сети.

Ключевые слова: искусственный интеллект, исследования в *NLP*, инструменты *NLP*, обработка естественного языка, риск-менеджмент, инновационные технологии, идентификация угроз

Введение

Распознавание угроз по контексту сообщений становится важным аспектом информационной безопасности и обработки естественного языка (*NLP*). С ростом объемов информации и числа киберугроз способность систем автоматически идентифицировать потенциальные угрозы на основе текстового анализа становится критически важной. Это не только защищает данные, но и предотвращает атаки до их реализации. Технологии *NLP* играют ключевую роль, позволяя анализировать текстовые сообщения, выявлять лингвистические признаки угроз и определять эмоциональную окраску. Системы могут распознавать фразы с угрозами или намеками на насилие, а также анализировать контекст общения для точной интерпретации намерений отправителя. Это особенно актуально в электронной почте и мессенджерах, где злоумышленники используют язык для манипуляции. Крупные компании, такие как *Microsoft*, *Google* применяют специализированные инструменты для мониторинга сообщений, выявляя фишинг, вредоносные программы и другие виды угроз. Эти системы не только обнаруживают явные угрозы, но и выявляют скрытые намерения через анализ контекста и структуры текста, что значительно повышает уровень безопасности. В условиях стремительного развития технологий необходимо продолжать исследовать

⁹ *NLP (Natural Language Processing)* – область машинного обучения и искусственного интеллекта, связанная с распознаванием естественного языка.

¹⁰ *NLTK (Natural Language Toolkit)* – самая популярная Python библиотека в области *NLP*.

потенциал *NLP* для решения новых задач и создания инновационных решений в различных сферах жизни [1].

Задачи анализа текста при помощи искусственного интеллекта

Анализ текстовой информации на наличие угроз является важной задачей в сфере безопасности, позволяя выявлять потенциальные риски и негативные намерения пользователей. Для этого используются инструменты обработки естественного языка (*NLP*), такие как *NLTK*, *spaCy*, *VADER* и *BERT* для *Python*. Критически важен выбор методов предобработки текста. Например, лемматизация может стереть важные оттенки намерений, поэтому предпочтительнее использовать стемминг или токенизацию. Регулярные выражения помогают находить специфические шаблоны негативных сообщений. Важно учитывать контекст и намерения пользователя. Качественная предобработка данных позволяет выделить нужные детали и устранить «шум». Правильный набор инструментов зависит от предметной области и задачи, что подчеркивает значимость выбора методов. Основная цель исследования – определить оптимальные методы предобработки текста для точного выявления угроз с учетом точности, сохранения контекста и скорости работы [2, 5, 7].

Подбор и анализ инструментов

Обработка естественного языка представляет из себя обширную область машинного обучения, которая продолжает развиваться и расширяться. Исходя из этого возникает вопрос, что же лучше и убедительнее применить при решении тех или иных задач. Каждый инструмент имеет свои слабые и сильные стороны, поэтому, выделим в отдельную сравнительную табл. 1 основные задачи, решаемые *NLP*, и библиотеки с инструментами, подходящие для их решения [3].

Таблица 1

Анализ сильных и слабых сторон библиотек

Задача NLP	Применяемые алгоритмы	Библиотеки	Особенности
1	2	3	4
Токенизация лемматизация, стемминг	Статистические алгоритмы	NLTK, spaCy	NLTK: поддерживает множество учебных ресурсов, spaCy: высокая скорость работы
Анализ тональности в социальных медиа	Лексикон-based подход, анализ интенсивности эмоций	VADER	Высокая точность для неформальных текстов, понимает эмодзи и сокращения
Общий анализ тональности	Наивный байесовский классификатор, Lexicon-based подход	TextBlob	Простой API, поддержка множества языков, встроенная коррекция орфографии, возможность перевода

1	2	3	4
Глубокий семантический анализ	Трансформеры, Masked Language Modeling, Next Sentence Prediction	BERT	Двунаправленное обучение, понимание контекста, высокая точность, требует значительных вычислительных ресурсов
Лингвистический анализ и базовая обработка	Регулярные выражения, статистические методы, машинное обучение	NLTK	Большая коллекция корпусов, широкий набор инструментов, хорошая документация, поддержка многих языков
Высокопроизводительный анализ текста	Конечные автоматы, нейронные сети, статистические модели	spaCy	Высокая скорость, готовые модели для разных языков, эффективная работа с большими текстами
Определение временной ориентированности	Синтаксический парсинг, анализ грамматических конструкций	spaCy	Точный анализ временных форм, понимание контекста,
Выделение именованных сущностей	CRF (Conditional Random Fields), глубокие нейронные сети	spaCy, BERT	spaCy: быстрая обработка; BERT: высокая точность, поддержка сложных контекстов
Классификация	Трансформеры, наивный байес, SVM	BERT, NLTK	BERT: высокая точность; NLTK: простота использования
Общий анализ тональности	Наивный байесовский классификатор, Lexicon-based подход	TextBlob	Простой API, поддержка множества языков, встроенная коррекция орфографии, возможность перевода

Выбирая инструменты *NLP*, важно учитывать требования задачи, доступные ресурсы и уровень сложности. Для подкрепления слов выше, построим дерево решений, которое поможет осуществить выбор среди самых популярных библиотек исходя из поставленной задачи и рассматриваемой предметной области. Дерево решений по выбору инструмента *NLP* для решения различных задач представлено на рис. 1.

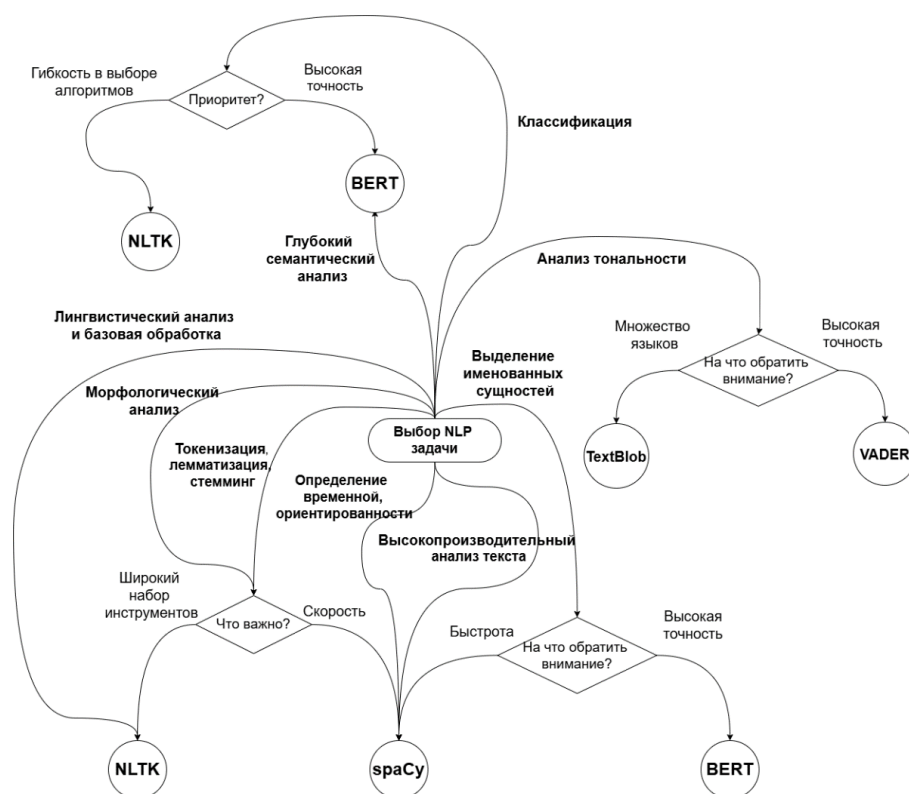


Рис. 1. Дерево решений для выбора инструмента

Когда речь заходит о выявлении угроз в текстовых данных, оптимальным решением становится комбинированное использование нескольких специализированных библиотек, каждая из которых привносит свои уникальные преимущества в общий аналитический процесс. *BERT* выступает как основной инструмент благодаря своей способности глубоко анализировать контекстуальные паттерны и выявлять скрытые намерения в тексте. Его ключевое преимущество заключается в высокоточном понимании семантических нюансов, что особенно важно при работе с завуалированными угрозами. *BERT* также демонстрирует впечатляющую гибкость в обучении на специализированных датасетах с примерами угроз и эффективно обрабатывает длинные текстовые последовательности. В качестве вспомогательного инструмента отлично себя зарекомендовал *spaCy*, обеспечивающий высокую производительность при обработке масштабных текстовых массивов в режиме реального времени. Его встроенные возможности по выделению именованных сущностей играют критическую роль в идентификации потенциальных объектов угроз. Кроме того, *spaCy* предлагает эффективные методы предварительной обработки текста и легко интегрируется с другими инструментами анализа. Дополнительным, но не мало важным компонентом выступает *VADER*, специализирующийся на анализе тональности с высокой точностью определения негативных эмоциональных окрасок. Особенно ценным является его способность работать с неформальными текстами, включая сленг и различные символы, при этом не требуя дополнительного

обучения, что существенно ускоряет процесс развертывания системы. Оптимальный пайплайн анализа выстраивается следующим образом: сначала применяется *spaCy* для быстрой предварительной обработки и первичного выделения сущностей, затем *BERT* проводит глубокий семантический анализ и классификацию потенциальных угроз, и наконец, *VADER* осуществляет дополнительную проверку эмоционального контекста. При этом критически важно обеспечивать регулярное обновление обучающих данных для адаптации к новым видам угроз, тщательно настраивать пороги чувствительности для минимизации ложных срабатываний и дополнять анализ специфическими правилами и словарями, учитывающими особенности конкретной предметной области. Такой комплексный подход позволяет создать надежную систему выявления угроз, способную эффективно обрабатывать разнообразные типы текстовых данных и адаптироваться к новым вызовам в сфере безопасности [6, 8, 9, 10, 11].

Заключение

Технологии обработки естественного языка (*NLP*) играют критически важную роль в современных системах безопасности. Выявление угроз через анализ текстовых данных. *NLP* позволяет обработать большие объемы информации, извлечь значимые паттерны, что особенно важно для предотвращения кибератак и других форм угроз из сети. Методы, такие как распознавание именованных сущностей *Named Entity Recognition (NER)*¹¹, анализ сентимента и классификация текста, помогают выявлять и анализировать угрозы в реальном времени. Таким образом, *NLP* является мощным инструментом для обнаружения различных угроз и требует тщательного выбора методов и инструментов для обеспечения точности. Необходимо продолжать изучать данное направление для повышения безопасности в сети-интернет.

Библиографический список

1. Использование языковых моделей для распознавания угроз. [linkedin.com: \[сайт\]. URL: https://www.linkedin.com/pulse/natural-language-processing-nlp-cybersecurity-leveraging-models-hpw8c](https://www.linkedin.com/pulse/natural-language-processing-nlp-cybersecurity-leveraging-models-hpw8c). (дата обращения 21.10.2024) (на англ. яз.).
2. Обработка естественного языка – Обзор. [geeksforgeeks.org: \[сайт\]. URL: https://www.geeksforgeeks.org/natural-language-processing-overview/](https://www.geeksforgeeks.org/natural-language-processing-overview/). (дата обращения: 23.10.2024) (на англ. яз.).
3. Обработка естественного языка (NLP) методами машинного обучения в Python. [habr.com: \[сайт\]. URL: https://habr.com/ru/companies/otus/articles/687796/](https://habr.com/ru/companies/otus/articles/687796/) (дата обращения: 28.10.2024).

¹¹ NER (Named Entity Recognition) – одна из основных задач NLP, которая подразумевает распознавание именованных сущностей.

4. Документация Natural Language Toolkit. nltk.org: [сайт]. URL: <https://www.nltk.org/> (дата обращения: 29.10.2024) (на англ. яз.).
5. Анализ текстовых данных с помощью NLTK и Python. habr.com: [сайт]. URL: <https://habr.com/ru/companies/otus/articles/774498/>. (дата обращения: 01.11.2024).
6. Документация spaCy. spacy.io: [сайт]. URL: <https://spacy.io/usage>. (дата обращения: 03.11.2024) (на англ. яз.).
7. Краткий обзор NLP библиотеки SpaCy. habr.com: [сайт]. URL: <https://habr.com/ru/articles/504680/> (дата обращения: 04.10.2024).
8. Документация TextBlob. textblob.readthedocs.io: [сайт]. URL: <https://textblob.readthedocs.io/>. (дата обращения: 07.10.2024) (на англ. яз.).
9. Документация BERT: [сайт]. URL: https://huggingface.co/docs/transformers/model_doc/bert. (дата обращения: 10.10.2024) (на англ. яз.).
10. Объяснение BERT модели – NLP. geeksforgeeks.org: [сайт]. URL: <https://www.geeksforgeeks.org/explanation-of-bert-model-nlp/>. (дата обращения: 12.11.2024) (на англ. яз.).
11. Понимание человеческих чувств с NLP и анализом настроений VADER. analyticsvidhya.com: [сайт]. URL: <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2021/06/vader-for-sentiment-analysis/> (дата обращения: 15.11.2024) (на англ. яз.).

© Семенов О.Э., Нефедов В.В. 2024

К.Ю. ТИМОФЕЕВА

krista.2003@bk.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. **О.Я. БЕЖАЕВА**

Уфимский университет науки и технологий

ОЦЕНИВАНИЯ СОГЛАСОВАННОСТИ ТОЧЕК ЗРЕНИЯ ПРАВООБЛАДАТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ СИСТЕМНЫХ АРХЕТИПОВ

Аннотация: организационная составляющая системы является одним из важных факторов для обеспечения бесшовной интеграции. Только при согласованности владельцев локальных информационных систем и выработке ими единой стратегии управления возможно осуществить бесшовную интеграцию отдельных локальных сетей. Чтобы упростить проблему с согласованием мнений правообладателей в данной статье описывается метод, использующий системные архетипы для формализации представления субъективных мнений и «Дом качества», в качестве модельной основы решения.

Ключевые слова: сетевое управление; дом качества; системные архетипы; оценка согласованности точек зрения; системный анализ.

Совершенствование системы формирования консолидированной точки зрения владельцев локальных информационных систем (ключевых неоднородных акторов¹²) на видение организационных факторов возникновения проблемных ситуаций, является необходимым условием формирования интеграции локальных информационных систем в условиях ограничений на сроки и бюджеты проектов. Под неоднородными акторами, следуя [1], понимается субъект, имеющий ресурсы, полезные в той ситуации, в которой оказывается актер, за счет чего способный воздействовать на ситуацию. Вместе с тем, ресурсов отдельного актора недостаточно для того, чтобы урегулировать проблемную ситуацию. Актер имеет свою точку зрения окружающую действительность, и в этом смысле акторы являются неоднородными. Оказавшись связанными общей проблемной ситуацией, акторы осознают ее по-разному, вместе с тем понимают необходимость согласованных действий, и готовы нести ответственность за последствия принимаемых решений.

В основе проблемных ситуаций, с которым приходится сталкиваться при разноаспектном управлении сложными системами, лежат одни и те же ключевые организационные факторы. Например, организационные

¹² Под неоднородными акторами, следуя [1], понимается субъект, имеющий ресурсы, полезные в той ситуации, в которой оказывается актер, за счет чего способный воздействовать на ситуацию.

ошибки, допущенные ключевыми правообладателями исходя из личных интересов при распределении полномочий и зон ответственности менеджеров, могут послужить причиной ошибок как при подборе теми кадров проекта; планировании проекта; выстраивания отношений с представителями заказчика и т. д. Поэтому представляет интерес исследования схожести проблемных ситуаций, имеющих место при различном видении объекта управления владельцами локальных информационных систем.

В работах Виттиха В.А. [1–2] развивается теория интересубъективного управления. К числу базовых понятий теории интересубъективного управления относится «конвенционализм». Под конвенциональностью понимается непротиворечивая теория, являющаяся результатом соглашения между неоднородными акторами, формируемая неоднородными акторами на основе своих персонифицированных знаний в результате дискурса. Взаимный обмен неоднородными акторами персонифицированными знаниями создает предпосылки для лучшего понимания природы проблемы, что, в свою очередь, влияет на обоснованность оценки последствий различных действий по ее урегулированию.

Важной, с точки зрения повышения эффективности урегулирования проблемы в условиях ограниченных ресурсов и неопределенности будущих условий существования объекта управления, является построение формальных моделей проблемы на основе совокупного учета персонального понимания неоднородными акторами причин, определяющих текущее и будущее состояние и поведение объекта управления.

Нам представляется, что перспективным направлением в области формализации описания проблемы, является подход, основанный на системных архетипах [3–4].

Под системными архетипами понимаются структуры, которые демонстрируют шаблоны проблемного поведения. Системные архетипы являются унифицированными концептуальными моделями организационных проблем, возникающих при управлении сложными системами.

Важной особенностью системных архетипов как основы описания проблем является их ограниченное число. Эта особенность позволяет получить сопоставимое описание проблем при разном видении неоднородными акторами объекта управления. Иными словами, системные архетипы способствуют формированию коммуникационного базиса между неоднородными акторами, задействованными в урегулировании проблемы. Разработка формальной схемы создает предпосылки для мониторинга хода процесса выработки признаваемого всеми заинтересованными сторонами видения проблемы. Иными словами, создает возможность улучшения

информационного обеспечения управления выработкой владельцами локальных систем согласованного решения по проблеме информационной интеграции.

Опорными точками предлагаемого подхода являются следующие:

- содержание и природа проблемы определяется видением вовлеченными в ее урегулирование неоднородными акторами;
- системные архетипы являются унифицированными качественными моделями типовых проблемных ситуаций, имеющих место в сложных системах разной природы;
- проблема формально может быть описана совокупностью системных архетипов;
- вклад той или иной типовой проблемной ситуации в исследуемую проблему определяется рангом системного архетипа;
- видению проблемы каждым неоднородным актором ставится в соответствие ранжированная совокупность системных архетипов;
- преобразование ранжированных совокупностей системных архетипов к виду числовых характеристик позволяет оценить согласованность видения проблемы разными акторами.

Модельную основу решения задачи составляет конструкция, известная как «Дом качества». «Крыльцо» представляет собой расположенные в определенном исследователе порядке системные архетипы. Каждой i -й строке «комнаты» соответствует один из известных архетипов. Столбцы R_{ij} представляют мнение j -го актора о вкладе разных типовых проблемных ситуаций в исследуемую проблему, т. е. являются описанием исследуемой проблемы посредством системных архетипов. Столбцы представляют собою совокупность рангов, присваиваемых актором каждому из системных архетипов. Допускается присвоение разным системным архетипам одинаковых рангов. «Крыша» дома содержит значения парных коэффициентов корреляции $r(k,l)$, вычисленных посредством известного соотношения на основе ранговых коэффициентов корреляции Спирмена. «Крыша» представляет собою половину квадратной матрицы парных коэффициентов корреляции, симметричную относительно главной диагонали.

Преобразование субъективных оценок неоднородных акторов относительно значимости тех или иных типовых проблемных ситуаций в исследуемой проблеме к виду квадратной матрицы парных коэффициентов корреляции открывает возможность использования для последующих исследований развитого аппарата корреляционного анализа.

Системные архетипы делают возможным получить сопоставимое описание различного видения факторов формирования сложной системы. Формальное сведение задачи к виду квадратной матрицы парных коэффициентов корреляции делает возможным оценить значения множественных и парциальных коэффициентов корреляции.

Множественные коэффициенты корреляции рассматриваются как характеристики степени совпадения некоторой грани проблемной ситуации отдельным актором с видениями остальных акторов.

Парциальные коэффициенты корреляции рассматриваются как степень совпадения видения проблемной ситуации между парами акторов. Целесообразность использования парциальных коэффициентов корреляции обусловлена следующим. Если удалось установить тесную зависимость между двумя исследуемыми величинами, отсюда еще непосредственно не следует их причинная взаимообусловленность. Из причинной связи величин следует стохастическая связь, из стохастической связи не всегда следует причинная. За счет эффектов одновременного влияния неучтенных факторов на исследуемые переменные может искажаться смысл истинной связи между переменными. Например, подсчеты приводят к положительному значению коэффициента корреляции между парой случайных величин, в то время как истинная связь между ними имеет отрицательный смысл. Такую корреляцию между двумя переменными часто называют «ложной».

Информационные системы относятся к классу сложных систем. Сложная система является многомерным объектом, так что каждому видению системы ставится в соответствие определенная грань объекта. Каждой из граней ставится в соответствие разное число акторов, так что размеры матриц, которые ставятся в соответствие разным граням, оказываются различными. В связи с этим, возникает потребность обеспечить сопоставимость оценок акторов, соответствующих разным граням видения многомерного объекта. В качестве граней могут выступать, например, основные факторы, определенные в известной модели «треугольник проекта» в редакции 2015 г.

Для Q-й грани в рамках предлагаемого подхода это достигается тем, что на основе рангов, которые присваиваются каждому из системных архетипов, можно определить медиану, которая и будет представлять совокупную оценку значимости системного архетипа на основе оценок разных акторов. Каждый из столбцов этой матрицы представляет последовательность медиан рангов, что делает возможным сформировать на основе этой матрицы квадратную матрицу парных коэффициентов корреляции по описанной ранее схеме. Построение матрицы парных корреляций создает основу для исследования взаимовлияния состояний, соответствующих разным видениям, на основе парциальных и множественных коэффициентов корреляции. Это, в свою очередь, делает возможным применение аппарата корреляционного анализа для исследования схожести представлений акторов, по-разному видящих объект управления.

Конвергенция видений проблемной ситуации формально выражалась в том, что на каждом шаге выполнялись значения множественных и парциальных коэффициентов корреляции сближаются.

Допустим, до начала обсуждения состояния проблемной ситуации неоднородные акторы назначали ранги системным архетипам так, как указано в «комнате» дома качества (рис. 1). «Крыша» дома, содержит значения парных коэффициентов корреляции, соответствующих такому упорядочиванию системных архетипов.

При последующих обсуждениях посредством дискурса, в результате сближения точек зрения акторов, дом качества приобрел вид, представленный на рис. 2.

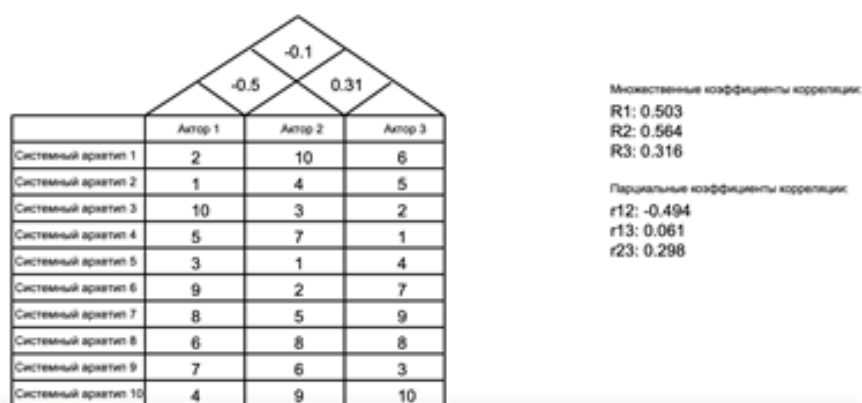


Рис. 1. Вид дома качества до начала обсуждений проблемной ситуации

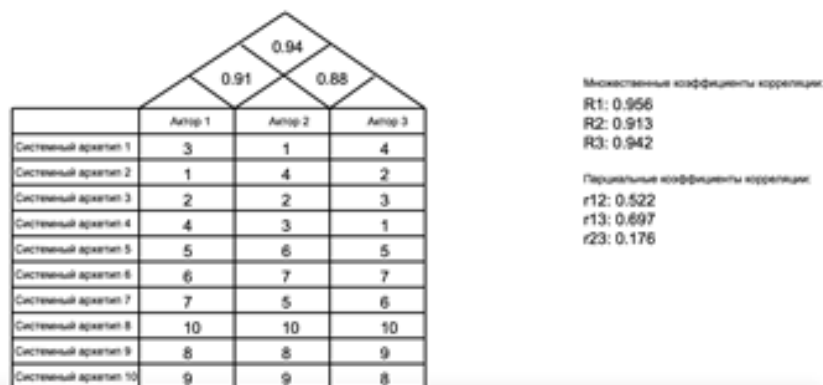


Рис. 2. Дом качества, соответствующий второму обсуждению

На рис. 3 представлены графики, характеризующие изменения значений коэффициентов корреляции.

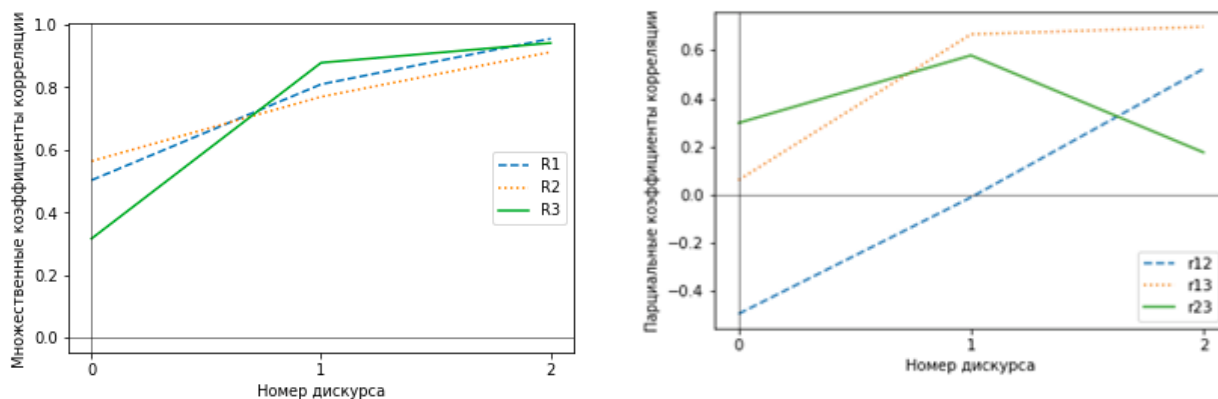


Рис. 3. Процессы изменений значений коэффициентов корреляции

Таким образом, предлагаемый подход к оцениванию степени совпадения точек зрения акторов на основе их субъективного оценивания значимости проблемных ситуаций, позволяет оценивать знак тенденции и скорость сходимости (в случае положительной тенденции), что делает возможным оценить качество организации дискурсов, а также оценивать временные затраты на достижение приемлемого, с точки зрения управления объектом, совпадения взглядов правообладателей.

Привлечение экспертов для выработки стратегий урегулирования проблемных ситуаций в условиях неопределенности текущего и прогнозируемого состояния объектов управления является признанным подходом при управлении сложными системами.

Конвергенция – это способ совместного решения коллективом людей в случае, когда всех участников сближают сходные проблемные условия, которые заставляют формировать цель и стратегию урегулирования проблемных ситуаций. Нужна сходимость мнений и стремлений относительно выработки единой цели и путей ее достижения. Именно обеспечение сходимости сложного, во многом неформализуемого, группового процесса выработки согласованного решения за счет создания необходимых для этого условий [5]. Каждый из участников обладает какими-то ресурсами, которые можно использовать, либо трансформировать, либо на их основе или как-то их нужно трансформировать, или найти новые, чтобы объединить усилия для достижения цели. Время и ресурсы на экспертизу, как правило, ограничены. В таких условиях именно формализмы могут создать необходимые (не всегда достаточные) условия для обеспечения устойчивой сходимости экспертных процессов к заданным целям. Для этого генерируемая в процессе экспертизы информация должна правильным образом структурироваться [6].

Библиографический список

1. Введение в теорию интересубъективного управления / В.А. Виттих. Самара: СамНЦ РАН, 2013. 64 с.

2. Введение в теорию интересубъективного управления / В.А. Виттих. Самара: СамНЦ РАН, 2013. 64 с.

3. Танец перемен. Новые проблемы самообучающихся организаций: / П. Сенге, Ш. Робертс, Б. Смит, А. Клейнер, Р. Росс, Д. Рот. М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2012. 624 с.

4. Азбука системного мышления / Донелла Медоуз, пер. с англ. Д. Романовского. М. : Манн, Иванов и Фербер, 2018. 272 с.

5. Райков А.Н. Конвергентность коллективного принятия решений с применением когнитивного моделирования / А.Н. Райков // Труды II Международной научной конференции «Конвергентные когнитивно-информационные технологии» (Convergent'2017). Москва, 24–26 ноября, 2017. С. 297-309

6. Конвергентное управление и поддержка решений / А.Н. Райков. М.: Издательство ИКАР, 2009. 245 с.

© Тимофеева К.Ю., 2024

УДК 681.5

С.А. ФОМИЧЕВ

F.ser2002@mail.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. **А.Г. КАРАМЗИНА**

Уфимский университет науки и технологий

СИСТЕМА ОБНАРУЖЕНИЯ УТЕЧЕК ФЛАНЦЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ НЕФТЕПРОВОДОВ НА ОСНОВЕ РЕКУРРЕНТНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

Аннотация: в статье рассматривается актуальность разработки систем обнаружения утечек на фланцевых соединениях нефтепроводов с использованием технологий машинного обучения. Представлены результаты сравнения использования традиционных методов контроля утечек и с использованием методов машинного обучения.

Ключевые слова: утечка; фланцевое соединение; рекуррентная нейронная сеть; автоматизация; нефтегазовая промышленность.

В нефтяной промышленности одним из способов транспортировки нефти является магистральный трубопровод. Фланцевые соединения широко применяются в трубопроводной инфраструктуре нефтегазовой промышленности, поскольку трубопроводы имеют большую протяженность. Однако именно фланцевые соединения являются «узкими местами», так как из-за сложных условий эксплуатации (высокое давление, температурные перепады) утечки через фланцевые соединения остаются одной из наиболее распространенных проблем, влияющих на безопасность и экономическую эффективность работы объектов.

Из-за сложных условий эксплуатации (высокое давление, температурные перепады) утечки через фланцевые соединения остаются одной из наиболее распространенных проблем, влияющих на безопасность и экономическую эффективность работы объектов [1].

Традиционные методы контроля утечек зачастую не обеспечивают необходимой точности или требуют значительных затрат на обслуживание. Интеграция современных технологий, таких как рекуррентные нейронные сети (РНС), позволяет значительно улучшить процесс мониторинга.

Проблемы традиционных методов контроля утечек на рис. 1.



Рис. 1. Проблемы традиционных методов контроля

Текущие проблемы традиционных методов контроля заключаются в следующем:

- ограниченная чувствительность и точность: традиционные методы, такие как визуальный осмотр и акустическое обнаружение, часто неэффективны для выявления небольших утечек из-за влияния шумов и внешних факторов. Методы материального баланса, хотя и точны, могут терять чувствительность при частотном регулировании трубопровода, что затрудняет выявление минимальных дисбалансов;

- высокие затраты на эксплуатацию и обслуживание: использование сложных аппаратных средств требует значительных затрат на установку и техническое обслуживание. Это может быть проблемой для малых компаний, которые часто выбирают более дешевые решения, что может негативно сказаться на надежности систем, кроме того, необходимость в регулярном обслуживании и калибровке оборудования увеличивает общие затраты на эксплуатацию;

- зависимость от внешних условий: традиционные системы часто зависят от состояния окружающей среды и условий эксплуатации. Например, изменения температуры и давления могут влиять на точность измерений, что делает системы менее надежными в условиях нестабильности. Внешние факторы, такие как коррозия трубопроводов или физические повреждения, также могут привести к сбоям в работе систем обнаружения;

- нехватка интеграции современных технологий: многие традиционные системы не используют современные технологии, такие как беспроводные сенсорные сети или алгоритмы машинного обучения для анализа данных. Это ограничивает их способность к быстрому реагированию на утечки и снижает общую эффективность мониторинга. Интеграция новых технологий может потребовать значительных инвестиций и времени на обучение персонала [2].

Эти проблемы могут быть эффективно решены с внедрением технологий машинного обучения, в частности, рекуррентных нейронных сетей (РНС). Использование рекуррентной нейронной сети позволяет анализировать временные ряды данных, учитывать их последовательность и выявлять скрытые закономерности, что значительно повышает точность и скорость обнаружения утечек [6].

Преимущества сетей рекуррентной нейронной сети (РНС) показаны на рис. 2.



Рис. 2. Преимущества сетей РНС

Рекуррентные нейронные сети (РНС) представляют собой мощный инструмент для анализа временных данных и выявления утечек в системах трубопроводов. Их преимущества по сравнению с традиционными методами заключаются в следующих аспектах:

– обработка временных данных: РНС обладают способностью анализировать последовательности данных, такие как изменения давления, температуры, вибраций и акустических сигналов. Это особенно важно для выявления утечек, так как их признаки часто проявляются во временных зависимостях параметров;

– учет контекста и прогнозирование: РНС не только фиксируют факт утечки, но и прогнозируют ее возможное возникновение, анализируя исторические данные и текущие аномалии. Это позволяет операторам заранее принимать меры для предотвращения потенциальных проблем;

– снижение ложных срабатываний: благодаря выявлению скрытых закономерностей в данных, РНС значительно уменьшают количество ложных сигналов, вызванных шумами или внешними факторами. Это повышает надежность и эффективность систем в реальных условиях эксплуатации;

– интеграция данных с множества датчиков: РНС позволяют объединять и анализировать данные от различных типов датчиков (акустических, вибрационных, температурных), создавая комплексную картину состояния трубопровода и улучшая качество мониторинга [3].

Состояние проблемы обнаружения утечек в системах трубопроводов требует применения современных технологий для повышения надежности и оперативности мониторинга. Устранение недостатков традиционных методов, таких как визуальный осмотр и акустическое обнаружение, возможно только через внедрение инновационных подходов, включая использование алгоритмов машинного обучения и нейронных сетей.

Разработка и внедрение систем обнаружения утечек на основе рекуррентных нейронных сетей представляют собой актуальную задачу, связанную с необходимостью повышения точности, чувствительности и устойчивости мониторинга. Такие системы позволяют не только

фиксировать факт утечки, но и прогнозировать ее возникновение, снижая риски аварий и обеспечивая своевременное реагирование.

Трубопроводы играют ключевую роль в транспортировке нефти и нефтепродуктов на большие расстояния. Надежное функционирование этих систем требует непрерывного контроля за состоянием оборудования, особенно за фланцевыми соединениями, которые являются потенциальными узкими местами. Применение нейронных сетей позволяет объединить данные с множества сенсоров, выявить скрытые закономерности и повысить эффективность диагностики [5].

В условиях растущих требований к безопасности и снижению эксплуатационных затрат внедрение подобных систем становится необходимым этапом модернизации нефтегазовой инфраструктуры.

Это позволит минимизировать воздействие аварийных ситуаций, снизить затраты на обслуживание и повысить экологическую безопасность объектов.

Библиографический список

1. Базарбаев Ш.Е. Методы и средства контроля утечек в трубопроводах / Ш.Е. Базарбаев, 2021. № 6. С. 269–272. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-vneshnih-metodov-obnaruzheniya-utechek-nefti-v-truboprovodah>.

2. Магистральные нефтепроводы // QRZ: Системы автоматики и телемеханизации. 2014. URL: <https://proofoil.ru/Oilpipeline/Oilpipeline17.html> (дата обращения: 21.11.2024).

3. Малышкин А.Б. Проблемы и перспективы автоматизации технологических процессов на нефтехимических предприятиях / А.Б. Малышкин. 2016. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-i-perspektivy-avtomatizatsii-tehnologicheskikh-protsesov-na-neftehimicheskikh-predpriyatiyah>.

4. Захаров В.Н., Кузнецов Е.В. Использование нейронных сетей в системах контроля состояния трубопроводов // Современные информационные технологии. 2021. № 7. С. 41–47.

5. Гусев А.А., Логинов М.И. Анализ надежности фланцевых соединений в нефтегазовой отрасли // Нефтегазовая инженерия. 2019. № 6. С. 19–24.

6. Николаев Д.В., Морозов И.А. Интеллектуальные системы мониторинга состояния магистральных нефтепроводов // Нефтегазовая автоматизация. 2018. № 5. С. 28–34. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/intellektualnye-sistemy-monitoringa-nefteprovodov>

7. Васильев Ю.С. Влияние автоматизации процессов на эксплуатацию нефтяных и газовых систем // Энергетика и автоматизация. 2019. Т. 24, № 4. С. 30–37.

А.Р. ХАМИТОВ

a.xamitov@mail.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. **А.Г. КАРАМЗИНА**

Уфимский университет науки и технологий

УМНАЯ АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ РЕЗЕРВУАРНОГО ПАРКА ТЕПЛОЭЛЕКТРОЦЕНТРАЛИ

Аннотация: в статье приведен анализ особенностей проектирования и разработки умных автоматизированных систем управления технологическими процессами резервуарного парка теплоэлектроцентрали в ПАО «Транснефть-Урал».

Ключевые слова: система управления, резервуарный парк, умная автоматизация, теплоэлектроцентраль.

Настоящий этап развития промышленного производства в нашей стране характеризуется активными процессами цифровизации. Базовые информационные технологии проникли во многие сферы производства, кроме того, активно разрабатываются системы управления и контроля технологических процессов промышленных производств на основе искусственного интеллекта.

Умное производство охватывает все этапы жизненного цикла продукции: от проектирования и производства до поставки, эксплуатации и утилизации инженерных объектов. Производственные процессы организуются с учетом широкого использования сетевых информационных технологий, киберфизических систем, интернет вещей и больших данных.

Умное производство является интегрированным решением, основанным на принципах Индустрии 4.0 и включает: оборудование, программное обеспечение и инновационные технологии, которые взаимодействуют в едином цифровом пространстве. Это позволяет обеспечивать оптимальное управление технологическими процессами [1] – повысить эффективность, гибкость и контроль на всех этапах производственного процесса. Внедрение искусственного интеллекта позволяет ускорить производство, снизить затраты, повысить качество продукции и обеспечить гибкость в ответ на изменения в рыночных условиях или требованиях клиентов.

Умная автоматизация систем управления и необходимость ее применения в теплоэлектроцентрали представляет собой современное решение для управления технологическими процессами.

Умная автоматизация систем управления предоставляет множество преимуществ:

- автоматизация сложных процессов – искусственный интеллект может анализировать и управлять сложными системами в реальном времени, что уменьшает необходимость вмешательства человека;
- улучшение качества управления – искусственный интеллект использует алгоритмы машинного обучения для оптимизации процессов, что позволяет сократить ошибки и улучшить точность;
- скорость обработки данных – обработка больших объемов данных в реальном времени, что особенно важно для критически важных систем;
- адаптивность – возможность адаптации системы к изменениям условий без необходимости переконфигурирования;
- обучение – постоянное обучение на основе накопленных данных для повышения эффективности управления;
- экономическая эффективность – сокращение затрат за счет автоматизации рутинных задач и уменьшения человеческого фактора [2].

Управление такими объектами требует точности, быстродействия и учета множества взаимосвязанных процессов. Это делает внедрение умной автоматизированной системы управления необходимым и оправданным [3].

Иерархия автоматизации системы управления с использованием искусственного интеллекта представлена на рис. 1.

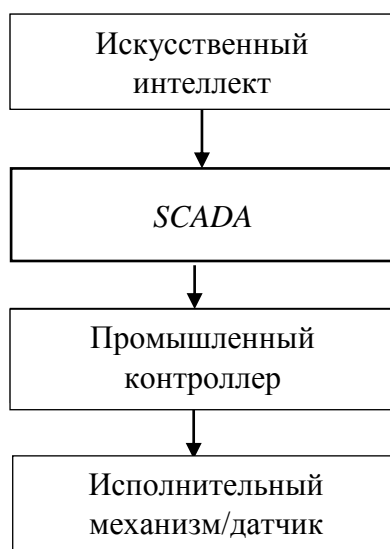


Рис. 1. Иерархическая схема автоматизации системы управления

Теплоэлектроцентраль относится к сложным объектам. На предприятии присутствует большое количество управляемых объектов, таких как: резервуары, насосы, трубопроводы, задвижки. И в наше время

человеку сложно успевать следить за всем, и для их оптимального функционирования требуется:

- цифровая трансформация всех процессов;
- искусственный интеллект: анализ данных, прогнозирование и принятие решений;
- кибербезопасность: защита производственных данных и оборудования от кибератак [4].

Резервуарные парки в теплоэлектроцентралях предназначены для хранения нефтепродуктов и горючего сырья. Резервуары определяют характеристики системы и задают объемы резервуарного парка и делятся по следующим признакам:

- способ размещения – наземные, подземные;
- конструкция резервуара – горизонтальный резервуар с плавающей крышей и со стационарной крышей, вертикальный сосуд, сделан из нержавеющей стал и железобетонных изделий с внутренней стальной обивкой;
- форма – цилиндрическая, сферической и каплевидной.

Основные функции резервуарного парка и автоматизации систем управления на теплоэлектроцентралях заключаются в:

- хранение ресурсов – обеспечение надежного хранения нефти и нефтепродуктов для использования в технологических процессах;
- учет ресурсов – автоматизированные системы управления позволяют вести точный учет объемов хранимых веществ, что снижает риски потерь и обеспечивает прозрачность операций;
- мониторинг состояния оборудования – постоянный контроль за состоянием резервуаров, насосов и трубопроводов позволяет своевременно выявлять неисправности и предотвращать аварийные ситуации;
- обеспечение безопасности – системы контроля за выбросами и утечками помогают минимизировать экологические риски, что особенно важно в условиях строгих экологических норм [5].

Можно выделить следующие причины необходимости реализации систем управления и контроля на основе искусственного интеллекта:

- сложность технологических процессов – теплоэлектроцентраль работает на основе парогазового цикла, включающего в себя котельные установки, турбогенераторы, теплообменные аппараты, насосы и другое оборудование;
- минимизация выбросов – теплоэлектроцентраль является значительным источником выбросов CO_2 и других загрязнителей – умная автоматизированная система управления позволит регулировать параметры сгорания топлива с целью минимизации вредных выбросов, а также соответствовать экологическим нормам и снизить штрафы;
- управление энергобалансом – теплоэлектроцентраль часто работают в режиме комбинированной генерации тепла и электроэнергии –

система должна учитывать текущую нагрузку, потребности сети и прогнозировать изменения спроса [6].

Применение умной автоматизированной системы управления технологическими процессами резервуарного парка на теплоэлектростанциях является необходимым шагом для повышения их эффективности, безопасности и экологической устойчивости. В условиях современных требований к энергетике, включая необходимость снижения углеродного следа и повышения надежности поставок энергии, умные автоматизации систем управления становятся неотъемлемой частью успешной стратегии управления теплоэлектростанцией.

Библиографический список

1. IoT.ru. Умное производство. 2020. URL: <https://iot.ru/wiki/umnoe-proizvodstvo> (дата обращения: 21.11.2024).
2. Tesiaes.ru. Шкаф АСУ ТП, как часть «умного» электротехнического оборудования ТЭС. 2016. URL: <https://tesiaes.ru/?p=16788> (дата обращения: 21.11.2024).
3. Поликком. QRZ: Автоматизация резервуарного парка нефтебазы. 2023. URL: https://zaopolysom.ru/project/rezervuarnyy_park.html (дата обращения: 21.11.2024).
4. Kvantron. Что такое индустрия 4.0 или 4 промышленная революция? 2023. URL: <https://kvantron.com/chto-takoe-industriya-4-0-ili-4-promyshlennaya-revoljucziya/> (дата обращения: 21.11.2024).
5. Нефтегаз. QRZ: Электростанции. 2018. URL: <https://neftegaz.ru/tech-library/elektrostantsii/142466-teploelektrotsentral-tets/> (дата обращения: 21.11.2024).
6. BNKIROV.RU. QRZ: Т Плюс. 2024. URL: <https://bnkirov.ru/news/obshchestvo/t-plyus-ispolzuet-iskusstvennyy-intellekt-v-rabote-tets-i-teplovyykh-setey/> (дата обращения: 21.11.2024).

© Хамитов А.Р., 2024

Х.В. ХУСНУТДИНОВ

khusnutdinov.khalil@yandex.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доцент **О.Я. БЕЖАЕВА**

Уфимский университет науки и технологий

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПРОБЛЕМНЫХ СИТУАЦИЙ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ

Аннотация: в статье рассматривается алгоритм идентификации проблемных ситуаций в системах управления проектами, основанный на формализованном подходе. Представлена архитектурная модель на основе стратегии "барьерное мышление". Особое внимание уделено графовому представлению данных для анализа.

Ключевые слова: управление проектами; идентификация проблемных ситуаций; стратегия барьерного мышления.

Управление проектами является неотъемлемой частью работы многих организаций и предприятий. Однако, несмотря на строгий планировочный процесс и подробное описание задач в любом проекте существует множество моментов и нюансов, не учитывая которые, могут образоваться проблемные ситуации, которые могут существенно замедлить или даже остановить реализацию проекта. Такие проблемы могут иметь различную природу и характер, например, нечеткие цели, нереалистичные временные границы, низкая квалификация сотрудников, низкая производительность команды и многое другое. Определить их вовремя, а главное, уметь предотвратить, становится одной из важных задач успешного управления проектами.

Формализованный подход

Формализованный подход, рассматриваемый в данной статье основан на архитектурном подходе «барьерное мышление». Суть архитектурного подхода «барьерное мышление» можно описать в виде схемы (рис. 1).

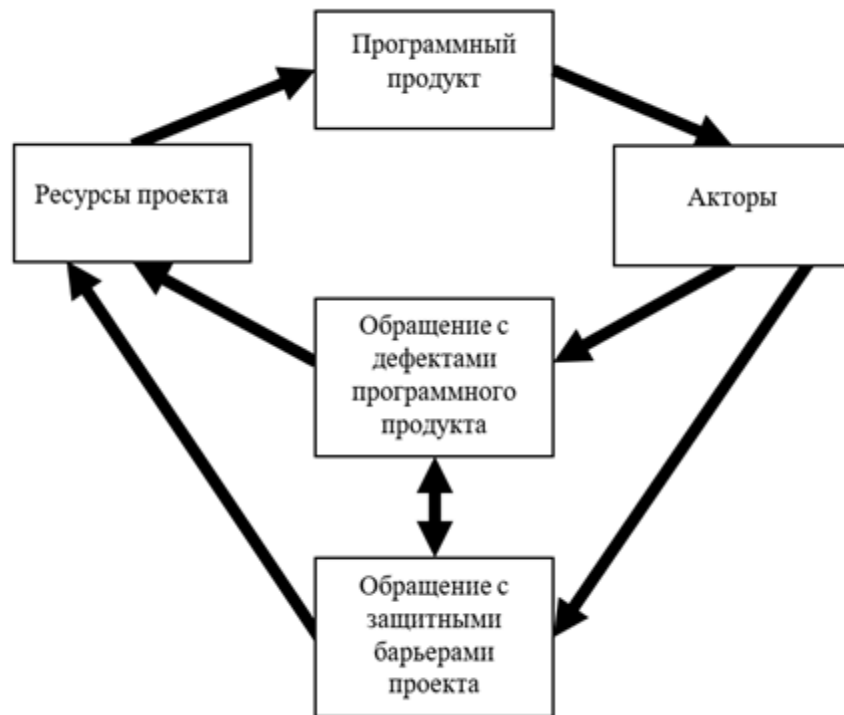


Рис. 1. Архитектурный подход «барьерное мышление»

Ниже описаны значения данных подсистем архитектурной модели:

1 Программный продукт – это набор программ, разработанных для решения широкого спектра задач и предназначенных для коммерческого использования. Они предназначены для решения конкретных проблем, связанных с компьютерными технологиями, и повышения производительности в соответствующей сфере. Эти программы готовы для выпуска на рынок в качестве промышленных продуктов и могут быть доступны для массового потребителя.

2 Актор представляет собой роли пользователей в системе. Актеры связаны с вариантами использования, и один актер может выполнять несколько вариантов, а один вариант использования может требовать участия нескольких актеров. Актором может быть не только пользователь, но и внешняя система, которая нуждается в доступе к определенной информации из разрабатываемой системы. Концепция "Актеры" значительно облегчает понимание процесса проектирования и анализа потребностей пользователей в системе.

3 Обращение с дефектами программного продукта. Дефекты – это фактор, снижающий ценность информационных сервисов для потребителей. Обращение с дефектами программного продукта – это процесс, при котором пользователи или тестировщики сообщают о проблемах, ошибках или сбоях в работе программного обеспечения. Обращение может быть официальным или неофициальным и может быть направлено напрямую разработчикам программного продукта или через

техническую поддержку. Данные обращения позволяют улучшать качество программного продукта и устранять ошибки в его работе.

4 Обращение с защитными барьерами проекта – система мер и контроля, которые предпринимаются для снижения рисков и обеспечения безопасности при реализации проекта. Эти защитные барьеры могут включать в себя проверку квалификации и компетентности персонала, контроль и управление бюджетом, контроль сроков и выполнения работ, контроль качества, контроль безопасности и соответствия стандартам и нормам. Защитные барьеры имеют важное значение для защиты проекта от возможных угроз и рисков, они позволяют предотвращать непредвиденные ситуации и обеспечивают успешное завершение проекта.

5 Ресурсы проекта – это набор необходимых средств и условий, нужных для реализации задач проекта. Они включают трудовые, материальные и технические ресурсы. Ресурсы проекта необходимы для достижения поставленных целей и успешного завершения проекта в срок. Управление ресурсами является критически важным пунктом для успешной реализации проекта.

Представленная схема, на рисунке 1, может служить примером реального проекта, для которого необходимо идентифицировать возможную проблемную ситуацию, для того что минимизировать риск провала проекта.

Если представить схему, изображенную на рис. 1, в виде ориентированного графа (рис. 2) и представить этот граф в виде матрицы смежности, то можно определить проблемную ситуацию в проекте.

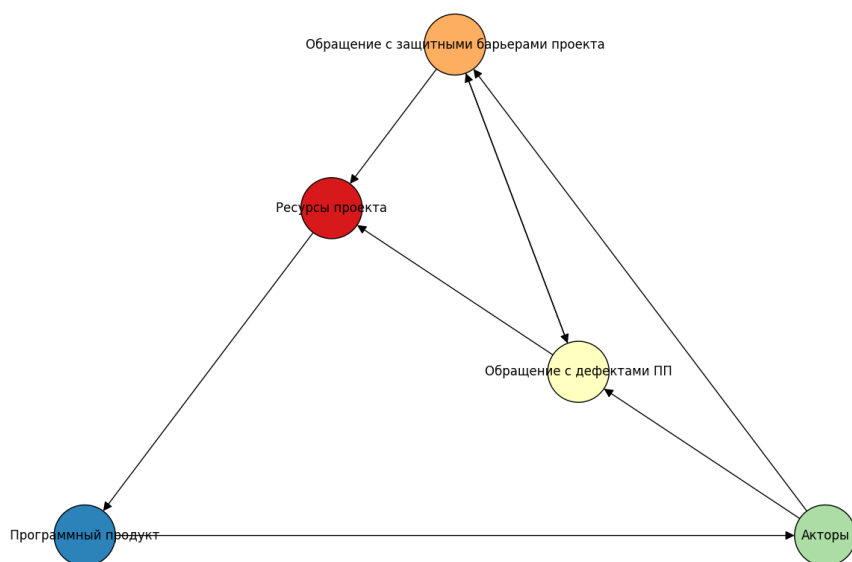


Рис. 2. Ориентированный граф

Поиск контура обратной связи

Выявления проблемных ситуаций при управлении проектами происходит с помощью матричного анализа коммуникационных

возможностей с односторонними связями, а точнее с помощью поиска контура обратной связи. Для того чтобы найти контур обратной связи, нужно преобразовать Начальную матрицу с помощью формулы двузвенного доминирования.

Формула двузвенного доминирования узла a_i над узлом a_j .

Двузвенное доминирования узла a_i над узлом a_j вычисляется по следующей формуле

$$\hat{c}_{ij}^{(2)} = \hat{c}_{i1}\hat{c}_{1j} + \hat{c}_{i2}\hat{c}_{2j} + \dots + \hat{c}_{iN}\hat{c}_{Nj}, \quad 1$$

где \hat{c}_{ij} – элемент матрицы смежности, N – количество концептов (вершин в графе), причем слагаемые вида $\hat{c}_{iN}\hat{c}_{Nj}$ не равны 0 только в том случае, когда не равны 0 оба сомножителя, т. е. когда

$$\hat{c}_{iN} = \hat{c}_{Nj} = 1, i \neq j. \quad 2$$

Соотношение вида $a_i \rightarrow a_N, a_N \rightarrow a_j$ называется двузвенным доминированием узла a_i над узлом a_j или двузвенным маршрутом между узлами a_i, a_N, a_j .

При преобразовании Начальной матрицы с помощью формулы двузвенного доминирования, каждый последующий раз берется измененная матрица с предыдущего преобразования. Преобразование происходит до тех пор, пока по главной диагонали все цифры не будут равны «1» или «-1» или смешанно.

Если по главной диагонали выстроятся эти цифры, то означает, что **контур обратной связи** найден, а также означает что концепт (элемент проекта) влияет сам на себя и соответственно им можно управлять, то есть влиять (воздействовать положительно или отрицательно). Другими словами, на тот концепт, который было оказано влияние положительное или отрицательное, может повлиять на другие концепты положительным или отрицательным образом.

Заключение

Предложенный подход достаточно формализован и может быть использован в информационных системах для оценки проблемных ситуаций. Разработано программное обеспечение.

Библиографический список

1. Гвоздев В.Е. Гузаиров М.Б. Бежаева О.Я. Анализ влияния качества управления проектом на состояние функциональной безопасности аппаратно-программных комплексов на основе системного архетипа «предел роста». Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2021.

2. Теория графов. Термины и определения [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/companies/otus/articles/568026/>.

3. Гвоздев В.Е. Бежаева О.Я. Гузаиров М.Б. Васильев В.И. Поддержка управления функциональной безопасностью аппаратно-программных комплексов на основе системных архетипов. Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2022 г.

4. Гвоздев В.Е., Бежаева О.Я., Субхангулова А.С. Информационная поддержка планирования ресурсов на устранение дефектов на стадии реализации компонентов аппаратно-программных комплексов // Проблемы управления и моделирования в сложных системах: сборник трудов XVIII международной конференции. Самара, 2016. С. 271–276.

5. Гвоздев В.Е., Блинова Д.В., Черняховская Л.Р. Предупреждение дефектов на ранних стадиях проектирования аппаратно-программных комплексов на основе положений теории интерсубъективного управления // Онтология проектирования. 2016. Т. 6. №. 4.

6. Гвоздев В.Е., Черняховская Л.Р., Блинова Д.В. Энергетика как методологическая основа управления выявлением дефектов на предпроектной стадии жизненного цикла систем обработки данных // Онтология проектирования. 2018. Т. 8. №. 1.

© Хуснутдинов Х.В., 2024

А.А. ШАРИПОВА

alsu.sharipova.2015@mail.ru

Науч. руковод. – д-р техн. наук, доц. **А.М. ВУЛЬФИН**

Уфимский университет науки и технологий

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОБНАРУЖЕНИЯ ФИШИНГОВЫХ ССЫЛОК

Аннотация: в данной статье проводится анализ методов обнаружения фишинговых ссылок, включая эвристические подходы и методы машинного обучения, с целью выявления их сильных и слабых сторон. Представлены результаты сравнительного анализа их эффективности и перспективы для дальнейшего развития.

Ключевые слова: фишинг; обнаружение ссылок; машинное обучение; информационная безопасность.

Целью работы является проведение анализа методов обнаружения фишинговых ссылок, сравнительная оценка их эффективности.

Задачи:

1. Провести обзор существующих методов обнаружения фишинговых ссылок.
2. Систематизировать методы на основе их функциональных характеристик.
3. Провести сравнительный анализ эффективности эвристических методов и методов машинного обучения.
4. Выявить основные ограничения существующих решений и предложить направления их оптимизации.

Фишинг – одна из наиболее распространенных форм кибератак, направленная на получение конфиденциальной информации (паролей, данных банковских карт, личной информации) путем обмана пользователей через поддельные веб-сайты или ссылки.

Традиционные методы обнаружения ссылок основаны на анализе формата URL, эвристических правилах и анализе доменных имен.

Обзор существующих методов

Эвристические методы

Эвристические методы основаны на предварительно определенных правилах, включающих:

- анализ структуры URL (длина ссылки, использование поддоменов);
- проверку символьных последовательностей на соответствие стандартам формирования URL;
- сравнение доменного имени с известными списками доверенных ресурсов.

Эти методы характеризуются низкими вычислительными затратами и простотой реализации, что делает их популярными в корпоративных системах. Однако они часто сталкиваются с проблемой ложных срабатываний и неспособностью идентифицировать новые виды атак.

Методы машинного обучения

Машинное обучение предлагает адаптивный подход, обучая модели на больших наборах данных для выявления фишинговых ссылок. Применяются такие алгоритмы, как:

- логистическая регрессия;
- Random Forest и Gradient Boosting;
- нейронные сети, включая рекуррентные и сверточные.

Эти методы позволяют выявлять скрытые закономерности и эффективно анализировать новые фишинговые ссылки. Однако они требуют значительных вычислительных ресурсов, качественных данных для обучения и регулярного обновления моделей.

Сравнительный анализ

Для сравнительного анализа использовались следующие критерии:

1. Точность выявления (Precision): доля правильно классифицированных фишинговых ссылок.
2. Чувствительность (Recall): способность модели выявлять все фишинговые ссылки.
3. Производительность: время анализа одного URL.
4. Простота интеграции в существующие системы безопасности.

Результаты анализа

– Эвристические методы демонстрируют высокую производительность и простоту интеграции, однако их точность (70–80 %) снижается в случае сложных атак.

– Методы машинного обучения показывают более высокую точность (до 95 %), особенно при использовании глубоких нейронных сетей. Однако их вычислительная сложность требует применения специализированного оборудования.

– Совмещение эвристических методов с алгоритмами машинного обучения (гибридные подходы) обеспечивает наилучший баланс между точностью и производительностью.

Основные ограничения и перспективы

Среди ограничений существующих решений можно выделить:

1. Высокий уровень ложных срабатываний при анализе нестандартных URL.
2. Необходимость регулярного обновления обучающих выборок для моделей машинного обучения.
3. Высокие требования к вычислительным ресурсам при использовании глубоких нейронных сетей.

В заключение отметим, что анализ методов обнаружения фишинговых ссылок показывает, что современные подходы способны эффективно выявлять угрозы, однако каждый из них имеет свои ограничения. Эвристические методы остаются актуальными для простых сценариев, тогда как машинное обучение предоставляет возможности для решения более сложных задач. Комбинирование этих подходов в рамках гибридных систем позволяет достичь высокой точности и производительности.

Библиографический список

1. Яковлев Д.И., Петухов Е.А. Современные методы защиты от фишинговых атак / Информационные технологии и безопасность. 2022. № 4. С. 27–34.
2. Mohamed A., Abdullah A.A. Survey on phishing detection techniques using machine learning / Computers & Security. 2021. Vol. 105. Article 102253.
3. Phishing Websites Dataset Published [Электронный ресурс] URL: <https://data.mendeley.com/datasets/n96ncsr5g4/1> (дата обращения: 03.11.2024).

© Шарипова А.А., 2024

И.Р. ШАЯХМЕТОВ

Shayaxmetov.igor@mail.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. **А.Г. КАРАМЗИНА**

Уфимский университет науки и технологий

ПРОБЛЕМЫ В ОБЛАСТИ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ МАГИСТРАЛЬНОЙ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ

Аннотация: в статье приведен анализ проблем автоматизации магистральных насосных станций ПАО «Транснефть» и пути их решения.

Ключевые слова: автоматизация; управление; магистральная насосная станция.

Нефтяная промышленность – отрасль экономики, занимающаяся добычей, переработкой, транспортировкой, складированием и продажей нефти и сопутствующих нефтепродуктов. Добыча нефти включает в себя множество производственных процессов, таких как геологическая разведка, бурение и очистка нефти от примесей. На нефтеперерабатывающих заводах производится широкий спектр нефтепродуктов, включая бензин, дизельное топливо и смазочные материалы. Эти продукты затем используются в различных отраслях, от транспорта до химической промышленности [3].

ПАО «Транснефть» – российская нефтепроводная компания, контролируемая государством. Оператор магистральных нефтепроводов и нефтепродуктопроводов. «Транснефть» – крупнейшая в мире нефтепроводная компания, владеет 68 тысячами километров магистральных трубопроводов, более 500 перекачивающими станциями, более 24 млн кубометров резервуарных емкостей. Компания транспортирует 83 % добываемой в России нефти и 30 % произведенных в России нефтепродуктов [4].

Магистральная насосная станция – это специализированное оборудование, предназначенное для перекачки нефти и нефтепродуктов по магистральным трубопроводам. Она играет ключевую роль в обеспечении необходимого давления для транспортировки жидкости на большие расстояния. Типы насосов: На МНС используются центробежные насосы, которые обеспечивают значительное повышение давления. Они могут иметь производительность до 12,500 м³/ч [1].

Функциями и задачами магистральной насосной станции являются:

– перекачка нефти: основная задача магистральной насосной станции – поддержание необходимого давления для преодоления силы трения в трубопроводе;

– контроль качества: на головной магистральной насосной станции осуществляется контроль качества нефти и нефтепродуктов, включая очистку от механических примесей [1];

– аварийные работы: магистральная насосная станция также участвует в диагностических и восстановительных работах в случае аварий.

Автоматизация управления магистральными насосными станциями является важным аспектом для обеспечения эффективной и безопасной транспортировки нефти. ПАО «Транснефть», как крупнейший оператор нефтепроводов в России, сталкивается с рядом проблем, связанных с модернизацией и внедрением автоматизированных систем управления, которые необходимы для повышения надежности и эффективности работы.

Проблемы автоматизации представлены на рис. 1.

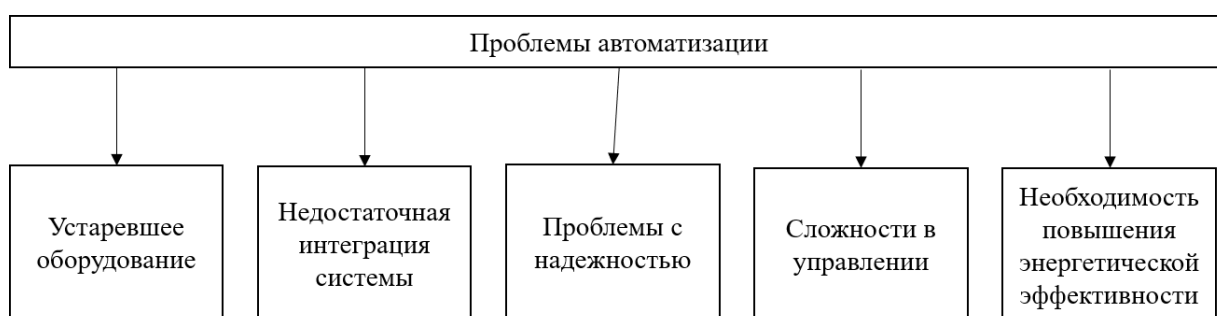


Рис. 1. Проблемы автоматизации

Текущие проблемы автоматизации заключаются в следующем:

– устаревшее оборудование: многие насосные станции функционируют на основе устаревших систем управления, что ограничивает их возможности по автоматизации процессов. Например, системы, разработанные в 90-х годах, не способны эффективно интегрироваться с современными технологиями и часто требуют значительных затрат на обслуживание и модернизацию [5];

– недостаточная интеграция систем: существующие системы автоматизации часто не интегрированы друг с другом, что затрудняет обмен данными и управление несколькими насосными станциями одновременно. Это приводит к необходимости ручного контроля и увеличивает вероятность ошибок [2];

– проблемы с надежностью: высокие требования к надежности систем управления остаются актуальными. Аварийные ситуации могут возникать из-за недостаточной защиты от перегрузок и неполадок в оборудовании. Например, отсутствие дублирующих систем защиты может привести к серьезным последствиям в случае отказа основного оборудования [2];

– сложности в управлении: современные насосные станции требуют сложного управления, включая дистанционное управление и автоматизацию процессов на основе данных о состоянии оборудования.

Однако многие станции не имеют необходимых функций для реализации этих задач, что затрудняет оперативное реагирование на изменения в работе системы [5];

– необходимость повышения энергетической эффективности: в условиях растущих цен на энергоносители важность оптимизации потребления электроэнергии становится все более актуальной. Использование частотно-регулируемых приводов может значительно снизить потребление энергии, однако не все станции оснащены такими системами.

Магистральные насосные станции являются критически важными для функционирования нефтепроводной системы, обеспечивая эффективную и безопасную транспортировку нефти от месторождений до перерабатывающих заводов и экспортных терминалов.

Решения проблем автоматизации представлены на рис. 2.



Рис. 2. Решения проблем автоматизации

Для решения проблем автоматизации необходимо:

– интеграция систем: разработка единой платформы для управления несколькими насосными станциями, что позволит оптимизировать процессы и снизить вероятность ошибок;

– улучшение надежности: внедрение дублирующих систем защиты и регулярный мониторинг состояния оборудования помогут повысить общую надежность работы насосных станций;

– оптимизация энергетических процессов: использование частотно-регулируемых приводов и других технологий для снижения энергопотребления станет важным шагом к повышению эффективности работы насосных станций.

Состояние проблемы автоматизации управления магистральными насосными станциями ПАО «Транснефть» требует комплексного подхода к модернизации существующих систем и внедрению новых технологий. Решение этих задач позволит повысить эффективность транспортировки нефти, улучшить безопасность эксплуатации и снизить затраты на обслуживание оборудования.

Разработка и внедрение автоматизированных систем управления для магистральных насосных станций ПАО «Транснефть» представляет собой важную задачу, обусловленную необходимостью повышения эффективности, надежности и безопасности процессов транспортировки нефти. В условиях современного рынка, где требования к качеству и скорости обслуживания постоянно растут, автоматизация становится ключевым фактором успеха.

Магистральные насосные станции играют критическую роль в транспортировке нефти на большие расстояния, обеспечивая поддержание необходимого давления и расхода для эффективной работы трубопроводов. Современные системы управления позволяют не только улучшить контроль за технологическими процессами, но и минимизировать риски, связанные с авариями и утечками. Автоматизация управления позволяет оперативно реагировать на изменения в работе оборудования и предотвращать потенциальные аварийные ситуации, что особенно важно для обеспечения безопасности на объектах нефтегазовой инфраструктуры.

Библиографический список

1. АСГАРД СЕРВИС // QRZ: Нефтеперекачивающие станции (НПС). URL: <https://asgard-service.com/terms/nefteperekachivayushhie-stancii-nps/> (дата обращения: 21.11.2024).
2. Магистральные нефтепроводы // QRZ: Системы автоматики и телемеханизации. 2014. URL: <https://proofoil.ru/Oilpipeline/Oilpipeline117.html> (дата обращения: 21.11.2024).
3. Нефтегаз 2025 // QRZ: Насосы для нефти и нефтепродуктов. 2024. URL: <https://www.neftegaz-expo.ru/ru/articles/neftegazovaya-promyshlennost-rossii/> (дата обращения: 21.11.2024).
4. ПАО «Транснефть»: [сайт]. 2024. URL: <https://www.transneft.ru> (дата обращения: 21.11.2024).
5. Силовая электроника. // QRZ: Автоматизация насосной станции с применением частотно-регулируемого электропривода. 2024. URL: <https://power-e.ru/electrodrives/avtomatizacziya-nasosnoj-stanczii/> (дата обращения: 21.11.2024).

© Шаяхметов И.Р., 2024

Д.В. ЯНЧИЕВ

danilayanchiev@yandex.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доцент **А.С. РАКИПОВА**

Уфимский университет науки и технологий

ВЛИЯНИЕ СТРАТЕГИИ ПАРИРОВАНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ТОПОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МОБИЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ

Аннотация: коммуникационные системы играют ключевую роль в координации групп мобильных беспилотных устройств с динамической структурой. Эти устройства, являясь самодостаточными, демонстрируют системный эффект и эмерджентное поведение при кооперации. Устойчивость их работы нарушается под воздействием дестабилизирующих факторов, что делает надежность и живучесть связи критическим элементом управления. Исследование включает оценку влияния разрушения каналов и узлов на связность и устойчивость сети с использованием вычислительного эксперимента.

Ключевые слова: мобильные беспилотные устройства, системы с динамической структурой, централизованное и децентрализованное управление, коммуникационная система, дескриптивные статистические модели, вычислительный эксперимент.

Введение

Одной из ключевых задач сетецентрического управления является создание автономных устройств, способных самостоятельно выполнять поставленные задачи с минимальным участием человека. Системы информационной поддержки сетецентрического управления представляют собой сложные структуры, для которых характерна гетерогенность аппаратно-программных комплексов, обеспечивающих коммуникацию между узлами и хостами в информационных системах. Такие комплексы включают мобильные устройства, адаптированные для работы в различных природных условиях, на основе которых формируются группы мобильных беспилотных аппаратов (рои, флоты), выполняющие единую миссию [1–5].

К числу отличительных свойств этих систем относится то, что мобильные устройства являются системами с динамической структурой, причем устройства одновременно выполняют роли сенсоров; устройств хранения и передачи сведений (т. е. роли хостов и узлов), а также исполнительных устройств [6, 7].

Важность задачи совершенствования методов координации взаимодействия мобильных устройств подчеркивается в [1, 8, 9]. Там же подчеркивается, что надежность и живучесть коммуникаций компонент мобильной системы является критическим фактором эффективного межгруппового децентрализованного управления. Выбор структуры коммуникационной системы в группе мобильных киберфизических устройств определяется стратегией управления живучести группы (f -стратегия, s -стратегия [4]).

Коллективная стратегия обмена предполагает принцип взаимодействия «все со всеми». Каждый узел передает остальным всю доступную информацию об окружающей среде и своем состоянии, одновременно получая данные от других узлов. На основе этой информации каждое киберфизическое устройство принимает самостоятельные решения о своих дальнейших действиях.

В случае стратегии стаи устройства не взаимодействуют напрямую, а самостоятельно собирают информацию о своем окружении. Такой подход обеспечивает масштабируемость системы, поскольку каждое устройство принимает решения самостоятельно.

Стабильность связи между устройствами в условиях дестабилизирующих факторов является ключевым элементом эффективности мобильных групп с динамической структурой. Для ее обеспечения используются различные подходы, включая создание дескриптивных, оптимизационных и управленческих моделей. Эти модели позволяют улучшить управление системами как в проактивном, так и в реактивном режиме.

В данном исследовании представлены дескриптивные модели, которые анализируют влияние разрушений узлов физических топологий на коммуникационные свойства мобильных систем под воздействием дестабилизирующих факторов.

Влияние разрушения узлов на информационную связность сети

Целью исследования является статистическая оценка влияния подходов к формированию топологии сети и вероятности разрушения узлов сети на устойчивость на эффективность дестабилизирующих воздействий.

Концептуальная основа исследования.

Изначально задается топология сети в виде имеющей возможность взаимодействовать лишь с соседями, находящимися на расстоянии одного перехода (хопа).

Сеть подвергается дестабилизирующим воздействиям с одинаковой вероятностью разрушения узлов. Например, в случае полносвязной сети исходная топология остается прежней, т. е. полносвязной; В нашем случае возможны две ситуации: (а) сеть остается разреженной, т. е. узлы и ребра просто удаляются; (б) топология восстанавливается, т. е. число узлов уменьшается, по-прежнему каждый узел связан с соседним одним

переходом (рис. 1). Требуется оценить эффективность дестабилизирующих воздействий с точки зрения потери связности сетей.

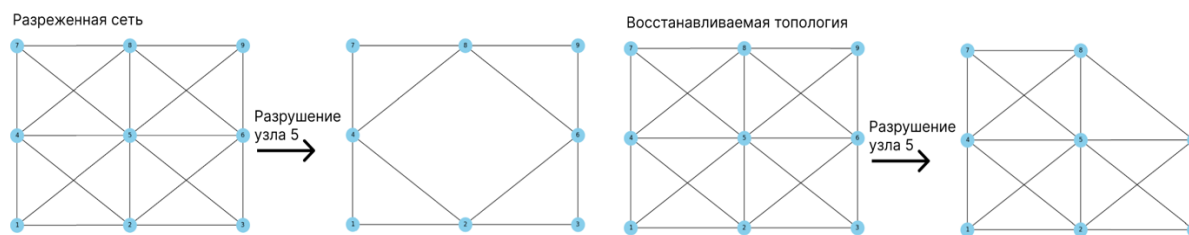


Рис. 1. Иллюстрация к невозстанавливаемой и восстанавливаемой топологиям

Схема эксперимента:

1. Задается число узлов сети n и число поражаемых узлов m ($m = \text{int}(\alpha * n)$, где α – задаваемый коэффициент).
2. Задается вероятность поражения p и коэффициент α .
3. Случайным образом выбираются m узлов из n .
4. Для каждого выбранного атакуемого узла определяется вероятность разрушения (по схеме Бернулли).
5. Определяется число фактически пораженных узлов m_1 .
6. Формируется новая физическая топология сети с учетом того, к какому классу относится топология: с восстановлением; без восстановления.
7. На основе физической топологии строится матрица достижимости и подсчитывается число узлов, которые стали недостижимыми (отсутствие путей между узлами)
8. Оценивается эффективность атаки по показателям доли разрушенных узлов \mathcal{E}_1 , изменения связности \mathcal{E}_2 , среднее число кратчайших путей \mathcal{E}_3 , средняя длина кратчайших путей \mathcal{E}_4 :

$$\mathcal{E}_1 = \frac{m_1}{n}; \quad \mathcal{E}_2 = \frac{\sum_{k=1}^n \sigma_k}{n(n-1)}; \quad \mathcal{E}_3 = \frac{\sum_{k=1}^n e_k}{n}; \quad \mathcal{E}_4 = \frac{\sum_{k=1}^n \text{len}(e_k)}{n}$$

где σ_k – показатель связности k -го узла; e_k – кратчайшие пути через k -ый узел.

9. После первой атаки переопределяется число узлов в сети $n=n-m_1$ увеличить номер итерации L на единицу и идти к шагу 2.

10. эксперимент продолжается до тех пор, пока не будут поражено m_2 узлов ($m_2 = \beta * n$, где n – исходное число узлов). Значение β относится к исходным данным. Представленные ниже результаты соответствуют значениям $\alpha = 0.1$ и $\beta = 0.9$.

Так же были получены результаты данного эксперимента с полными графами, однако из-за ограничения на объем материала будут представлены данные результаты:

На рис. 2, а, представлены статистические характеристики доли разрушаемых узлов полностью связной сети при различной вероятности

поражения узла сети. На рисунке 2, б, представлена зависимость показателя связности сети по отношению к значению того же показателя при отсутствии разрушений в сети.

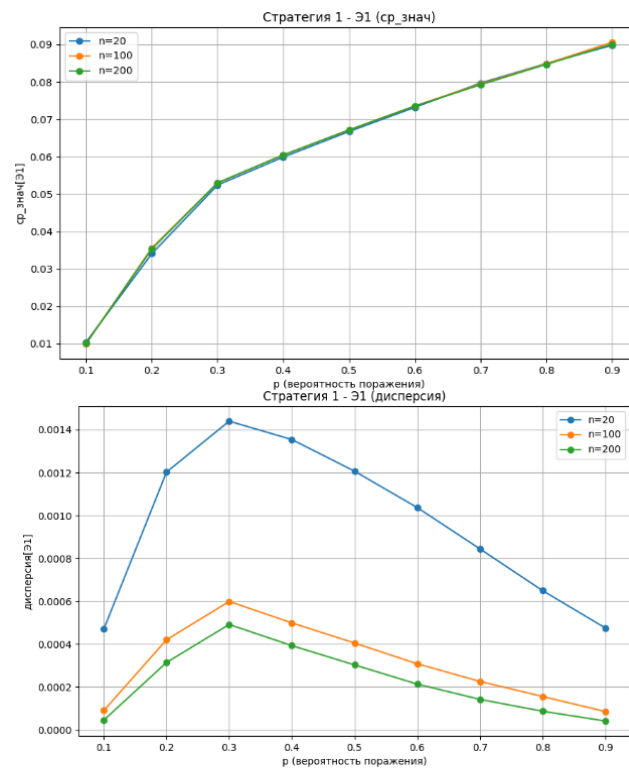


Рис. 2, а. Статистические характеристики доли разрушенных узлов разреженной сети

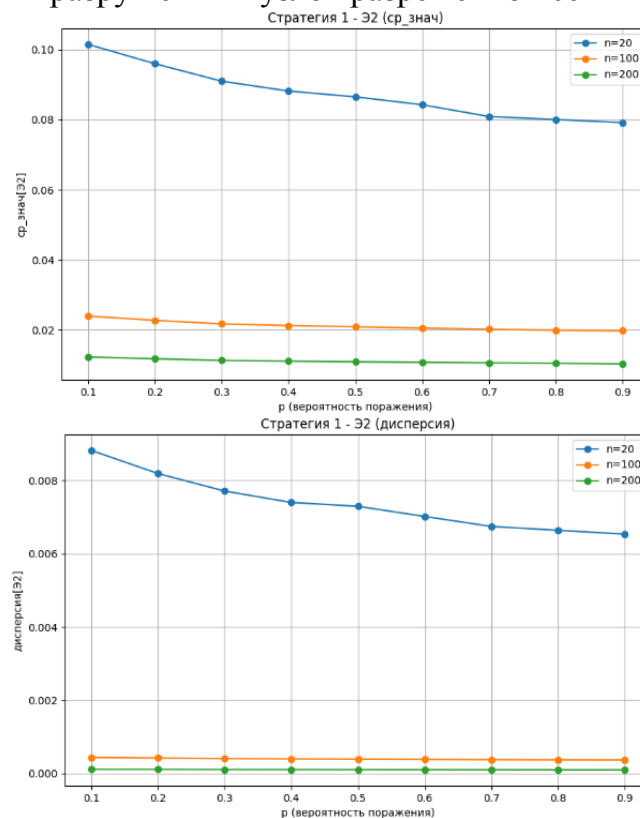


Рис. 2, б. Статистические характеристики относительного значения показателя связности разреженной сети

На рис. 3, а, представлены статистические характеристики доли разрушаемых узлов восстанавливаемой сети при различной вероятности поражения узла сети. На рис. 3, б, представлена зависимость показателя связности восстанавливаемой сети по отношению к значению того же показателя при отсутствии разрушений в сети.

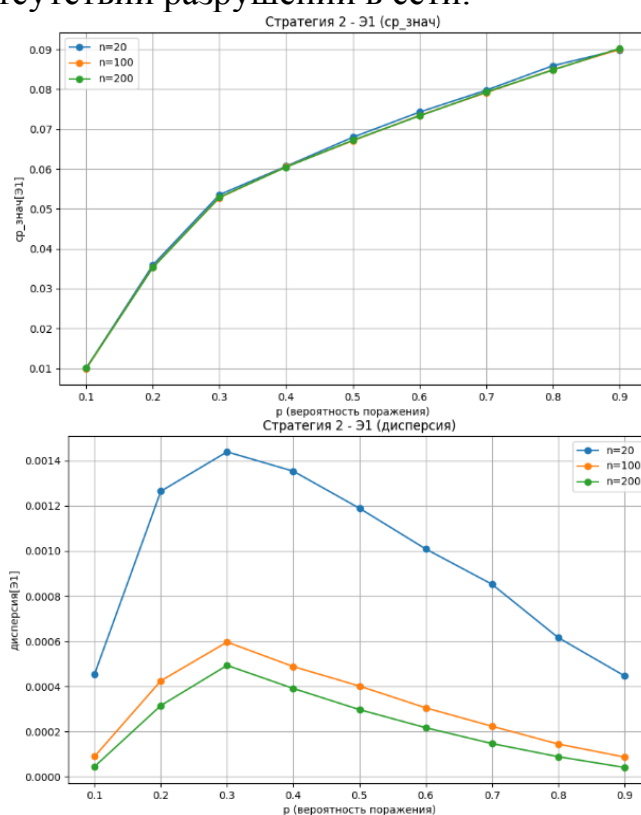


Рис. 3, а. Статистические характеристики доли разрушенных узлов восстанавливаемой сети

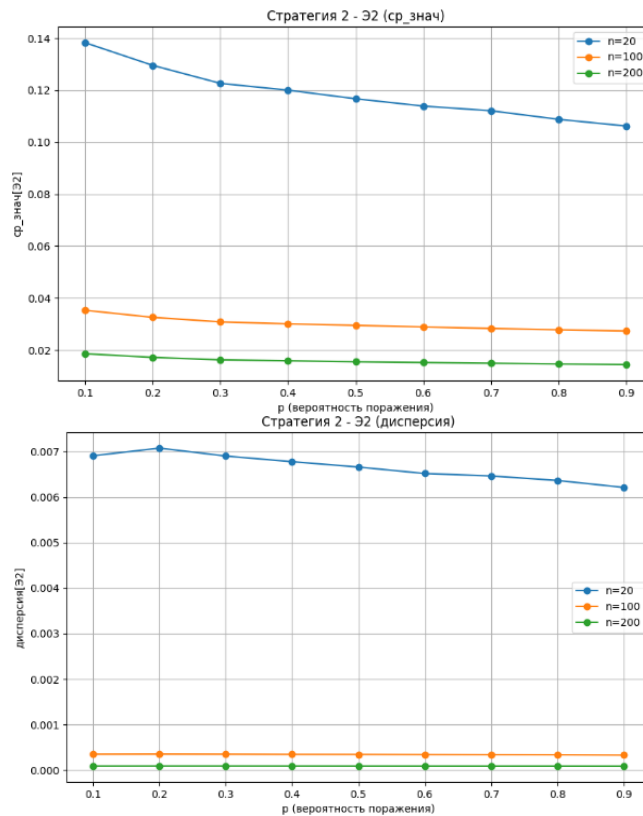


Рис. 3, б. Статистические характеристики относительного значения показателя связности восстанавливаемой сети

На рис. 4, а, представлены сравнительные зависимости средних значений метрик логической топологии для двух стратегий управления топологией сети. На рис. 4, б, представлены сравнительные зависимости дисперсий метрик логической топологии для двух стратегий управления топологией сети.

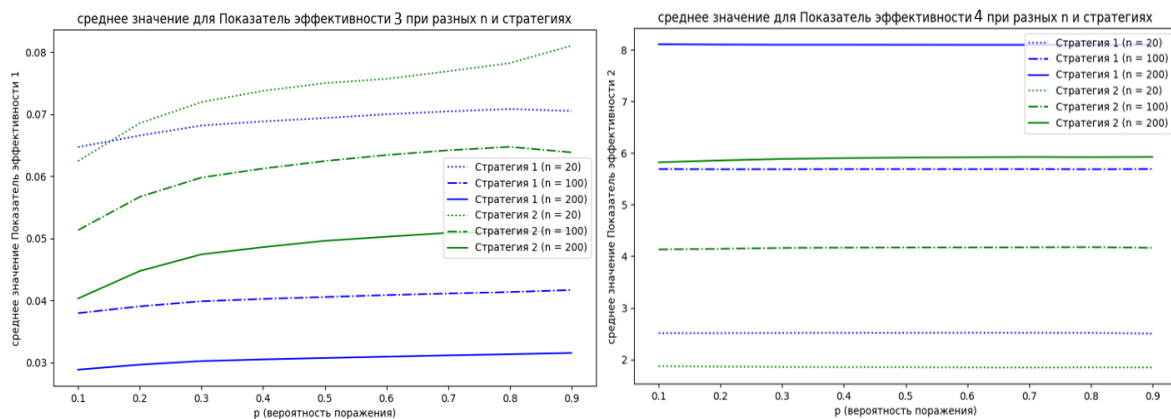


Рис. 4, а. Средние значения метрик логической топологии для двух стратегий управления

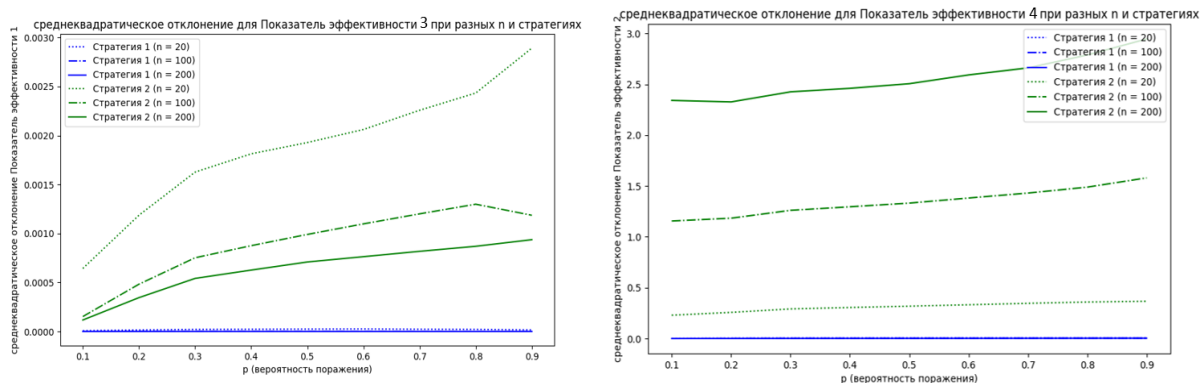


Рис. 4, б. Среднеквадратическое отклонение метрик логической топологии для двух стратегий управления

Заключение

Получен ряд дескриптивных математико-статистических моделей, характеризующих последствия разрушения узлов мобильных групп киберфизических систем. Построенные модели создают основу для управления и повышения устойчивости коммуникационных систем. Они позволяют описать коммуникационные системы с точки зрения влияния стратегии управления топологией на живучесть сети.

Библиографический список

1. Ильичев К.В., Манцеров С.А. Разработка масштабируемой мобильной робототехнической системы роевого взаимодействия // Вестник Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, № 21, 2017. С. 91–108.
2. Гайдук А.Р., Каляев И.А., Капустян С.Г., Кухаренко А.П. Модели и методы управления большими группами роботов // Научное издание, Издательство Южного федерального университета, 2014. 108 с.
3. Групповое управление подвижными объектами в неопределенных средах / под ред. В.Х. Пшихонова, Изд-во Физматлит, 2015. 307 с.
4. Додонов А.Г., Ландэ Д.В. Живучесть информационных систем. К.: Наук. думка, 2011. 256 с.
5. E. Zaitseva et al.: Availability of UAV Fleet Evaluation Based on Multi-State System. // IEEE Reliability society section, IEEE ACCESS, Volume 12, 2024, pp/ 15390-15307, Digital Object Identifier 10.1109/ACCESS.2024.3358198.
6. Gvozdev V.E., Guzairov M.B., Bezhaeva O.Ya., Davlieva A.S., Galimov R.R. Ensuring the functional safety of the distributed dynamic systems components in the conditions of uncertainty of the environment use // Proceedings – ICOECS–2020: 2020 International Conference on Electrotechnical Complexes and Systems. 2020. P. 1–6.

7. Гвоздев В.Е., Гузаиров М.Б., Давлиева А.С., Галимов Р.Р. Оценка характеристик информационной безопасности радиосети MANET на основе анализа топологий связей // Научный журнал «Доклады ТУСУР». 2023, Выпуск №4. Т.26. С. 35–43.

8. Макаренко С.И., Иванов М.С. Сетевая война – принципы, технологии, примеры и перспективы: монография. СПб.: Научное издательство «Лань», 2018. 898 с.

9. Peng R. Reliability of interdependent networks with cascading failures. *Eksploatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability* 2018;20 (2): 273–277, <http://dx.doi.org/10.17531/ein.2018.2.13>.

© Янчиев Д.В., 2024

СЕКЦИЯ 5.8 ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

УДК 004.04

В.В. ДЕМИДОВА, А.А. КУЗНЕЦОВА

vascademidova@gmail.com, kuznetsovangelina@mail.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доцент **Р.Р. КАРИМОВ**

Уфимский университет науки и технологий

ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ ПОДДЕРЖКА ПРОЦЕССА КОМПОЗИТИНГА ВИДЕОИЗОБРАЖЕНИЙ

Аннотация: рассматривается процесс композитинга видеоизображений, его основные этапы, проводится анализ существующих методов композитинга. Разработана функциональная модель процесса композитинга на основе технологии IDEF0.

Ключевые слова: композитинг видеоизображений; визуальные эффекты; Nuke; After Effects; функциональная модель; IDEF0.

Объект исследования в данной работе – процесс композитинга видеоизображений, который реализуется в компаниях, разрабатывающих цифровой контент для креативной индустрии. Композитинг может быть рассмотрен как процесс сбора, обработки и анализа данных из различных источников для создания единого, целостного изображения или представления. Композитинг может включать в себя работу с графическими изображениями, видео, текстовыми данными и другими формами информации.

Цель работы – повышение качества видео продукта на основе информационной поддержки композитинга, которое улучшает восприятие видео продукта и способствует повышению эффективности управленческой и операционной деятельности в организационно-технических системах (ОТС).

Мнемосхема процесса композитинга предтавлена на рис. 1.

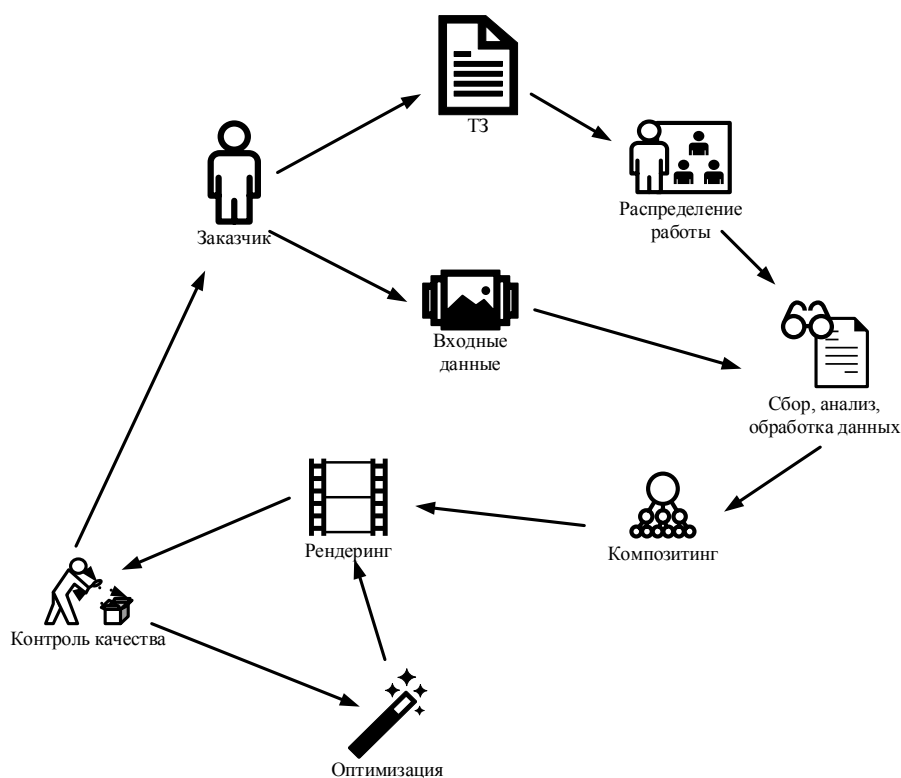


Рис. 1. Мнемосхема процесса композитинга

Основные этапы композитинга:

1. Сбор исходных данных. В качестве исходных данных могут использоваться:

- видео и изображения – съемка на камеру, использование готовых видеоматериалов и фотографий;
- графические элементы – создание или импорт 2D и 3D графики;
- аудио – запись звуковых эффектов и музыкального сопровождения;
- текстовые данные – разработка сценария, аннотаций, формирование метаданных.

2. Предварительная обработка данных:

- очистка и подготовка материалов – коррекция цвета, устранение шума, нарезка видеофрагментов;
- анимация и трекинг – создание движущихся объектов и отслеживание их позиции в кадре.

3. Сборка композита:

- совмещение слоев – Объединение различных элементов в единое изображение или видео;
- применение масок и ключей – использование альфа-каналов для создания прозрачных областей и удаления фона.

4. Применение визуальных эффектов:

- спецэффекты – добавление света, теней, дымки, взрывов и других эффектов;
- коррекция цвета – изменение цветовой гаммы для достижения желаемого визуального стиля.

5. Рендеринг и экспорт:

- финальная обработка – оптимизация качества и размера файла;
- экспорт – выбор формата и параметров для сохранения конечного продукта.

Композитинг в креативной индустрии реализуется с помощью различных подходов, каждый из которых подходит для определенных задач и типов проектов. Проведем краткий анализ существующих методов композитинга с акцентом на использование программы Nuke.

1. Линейный (Layer-based) композитинг.

Описание: строится на основе слоев, где каждый элемент – это отдельный слой (как в Adobe After Effects). Подходит для 2D-работы, где простота и наглядность важнее гибкости.

Преимущества: простота использования, особенно для проектов с небольшим количеством слоев.

Недостатки: неудобен для сложных сцен и требует пересчета при внесении изменений.

Применение: простой контент, рекламные и телевизионные ролики.

2. Нодовый (Node-based) композитинг;

Описание: в основе лежит система узлов, каждый из которых выполняет специфическую функцию (например, маску, размытие, цветокоррекцию). Nuke является одним из ведущих инструментов для нодового композитинга, так как обеспечивает гибкость и контроль над каждым аспектом сцены.

Преимущества: поддерживает сложные композиции, гибкость в настройке, легко редактировать отдельные элементы.

Недостатки: требует больше знаний и опыта для освоения по сравнению со слоевым композитингом.

Применение: киноиндустрия, сложные визуальные эффекты, проекты с большим количеством слоев и элементов.

3. Трехмерный композитинг (3D compositing);

Описание: позволяет интегрировать 3D-объекты в 2D-сцену. В Nuke есть 3D-окружение, позволяющее размещать 3D-объекты и камеры, а также настраивать свет.

Преимущества: высокий уровень реализма, возможность работы с 3D-геометрией и тенями.

Недостатки: требует значительных вычислительных ресурсов.

Применение: визуальные эффекты для кино и игр, интеграция CGI-объектов в реальный кадр.

4. Кейинг и рото-скопинг (Keying and Rotoscoping);

Описание: методы выделения объектов из сцены, обычно с использованием хромакея (кейинг) или ручного отслеживания контуров (рото-скопинг). Nuke имеет продвинутые инструменты для кейинга и рото, что помогает быстро и точно вырезать объекты.

Преимущества: быстрая изоляция объектов и гибкость настройки для сложных сцен.

Недостатки: кейинг может быть трудоемким при плохом качестве съемки или сложном фоновом окружении.

Применение: съемка с зеленым экраном, VFX, работа с объектами, требующими детальной выделенности.

5. Цветокоррекция и градация (Color Grading);

Описание: Nuke поддерживает детализированную цветокоррекцию и градацию, что позволяет гармонизировать цвета и стилизовать кадры.

Преимущества: возможность точного изменения цветов и создания нужной атмосферы в сцене.

Недостатки: требует опыта для точной настройки и понимания цветовой композиции.

Применение: пост-продакшн в кино, телепрограммы, рекламные ролики.

Функциональная модель процесса на основе технологии IDEF0 представлена на рис. 2 и 3.

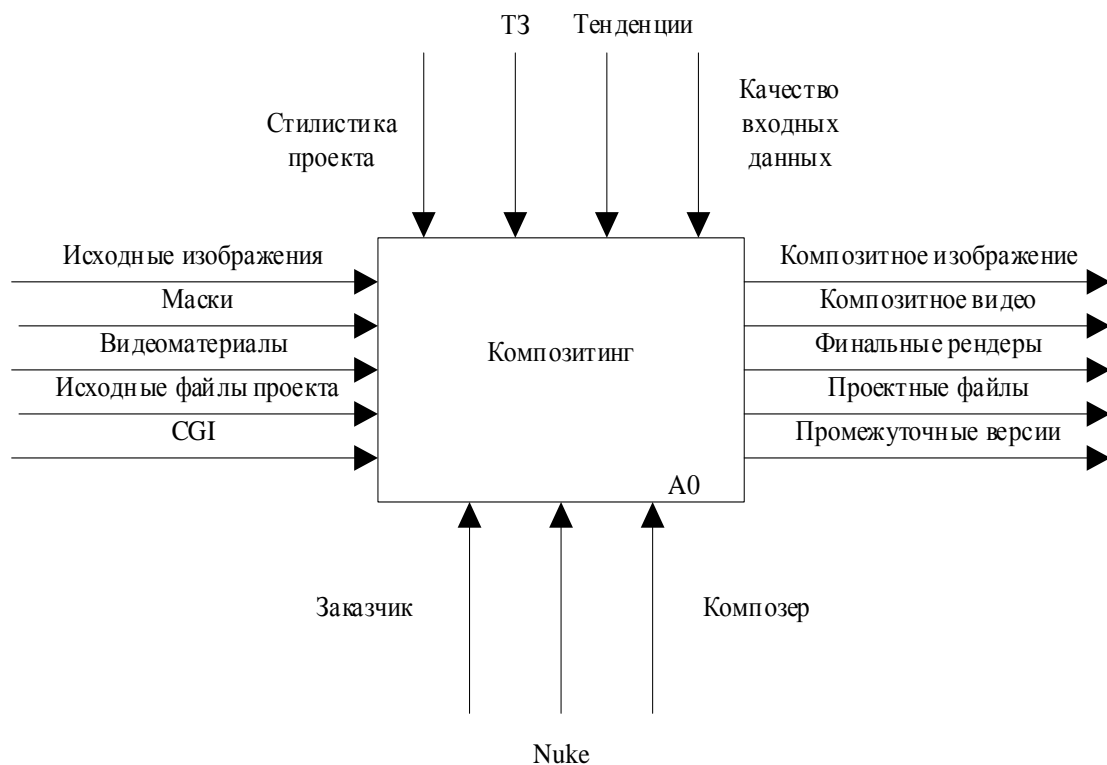


Рис. 2. Функциональная модель нулевого уровня

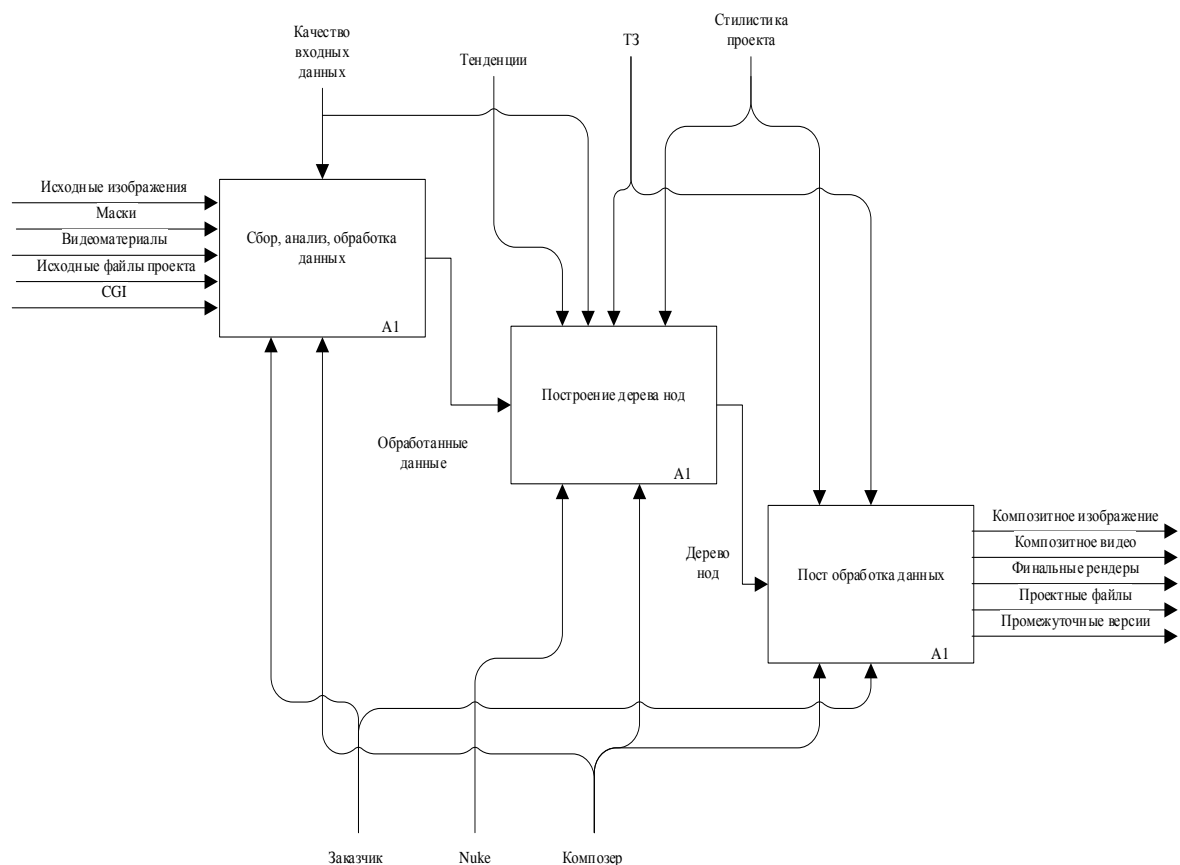


Рис. 3. Функциональная модель первого уровня

Заключение. Проведен анализ процесса композитинга видеоизображений, выполнен обзор различных методов композитинга с использованием программы Nuke. Разработана функциональная модель процесса на основе технологии IDEF0.

Библиографический список

1. Воробьев А.В. Цифровые технологии и искусственный интеллект в организационно-технических системах: монография / А.В. Воробьев [и др.]. Уфа: РИЦ УУНиТ, 2024. 258 с.
2. Mandapuram M., Visual Effects in Movies: Bridging the Imagination-Reality Divide / M. Mandapuram – Asian journal of humanity, art and literature, 2022. 11 с.

© Демидова В.В., Кузнецова А.А., 2024

М.А. ЕРМОЛАЕВ, Г.Ф. НИЗАМОВА

8919606@gmail.com

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. **Г.Ф. НИЗАМОВА**

Уфимский университет науки и технологий

РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ПЕРСОНАЛА СЕТИ ПРОДУКТОВЫХ МАГАЗИНОВ

Аннотация: рассматривается проблема своевременного обмена информацией между сотрудниками предприятия. Приведены примеры практических ситуаций, требующих различных подходов к решению задачи. Выбраны методы, которые будут задействованы для получения информации из базы данных.

Ключевые слова: описание мобильного приложения для своевременного получения необходимой информации.

Приложение для сотрудников – это программное обеспечение для мобильного телефона, которые позволяют персоналу общаться и сотрудничать с коллегами в целом. Это централизованная система, которая объединяет цифровые точки соприкосновения сотрудников, в единой, удобной для сотрудников предприятия платформе.

Также эта современная технология позволяет сотрудникам предприятия получать персонализированную и актуальную информацию, где бы они не находились. Например, на своих устройствах через push-уведомления, чтобы они могли своевременно отреагировать на внесение изменений или получение новых личных задач.

Мобильные приложения влияют практически на все аспекты повседневной жизни. А приложение для сотрудников переносит ту же простоту использования, удобства и возможности в их рабочую жизнь.

Стоит отметить несколько основных преимуществ использования приложений для сотрудников, которые в свою очередь распространяются на все предприятие в целом.:

1. Получение актуальной информации, поддерживая связь между сотрудниками.
2. Возможность настройки уведомлений о важных событиях и других изменениях.
3. Доступ к обучающим материалам и онлайн поддержке технического персонала.
4. Проверка наличия товаров на складе.
5. Анализ финансового положения и продаж
6. Поддержание общения с труднодоступными работниками.

7. Сбор точных показателей на рабочем месте для получения полезной и актуальной информации

8. Сотрудники могут просматривать свои личные данные такие как график работы, распределение смен и т. д.

Предприятия, которые не учитывают мобильность, сталкиваются с проблемами, связанные с неэффективностью и неудовлетворенностью сотрудников. Такая программа, как приложение для сотрудников, могут сыграть ключевую роль в создании гибкой и динамичной рабочей силы.

Основной целью внедрения приложения для сотрудников является создание центра для унифицированного взаимодействия, независимо от их местоположения.

Приложение для сотрудников может решать следующие проблемы

1. ***Адаптация.*** Привлечение новых сотрудников может быть медленным и болезненным процессом, связанным с большим объемом бумажной работы. Поэтому, новым сотрудникам предоставляется доступ к обучающим материалам, формам и информации через приложение.

2. ***Коммуникация.*** Наличие единой точки мгновенного контакта между сотрудниками делает, легким, доступным и безошибочным.

3. ***Справочник контактов.*** Узнать контакты сотрудника, который может дать нужную информацию может быть непросто. Благодаря полному и упорядоченному каталогу сотрудников можно легко найти нужного и получить необходимую информацию.

4. ***Планирование работы сотрудников.*** Через приложения можно будет легко отслеживать свой график работы и отработанные смены и в случае необходимости отправлять запрос на внесение корректировок в график работы. Так же можно будет отслеживать прозрачность выплат заработной платы.

5. ***Задачи.*** С помощью приложения, руководители смогут назначать задачи на месте или в пути, а сотрудники смогут выполнять поставленные цели, на рабочих в местах без лишних задержек.

6. ***Личная информация.*** Сотрудники смогут отслеживать личные данные и мониторить лимит кредитных средств на покупку товаров из сети магазинов с значительной скидкой.

Основной функционал приложения

Отслеживание личных показателей эффективности. Отслеживание личных показателей эффективности прогресса команды, которые базируются на:

Ключевых показателях эффективности – это поддающиеся количественной оценке показатели, такие как коэффициент использования мощностей и доход на сотрудника. Ключевые показатели эффективности отлично подходят для сравнения изменений в производительности в ежемесячной, ежеквартальной или годовой шкале, если они актуальны и значимы для миссии организации.

Цели и ключевых результатах – это ежемесячные или квартальные цели, которые открыто распространяются и приоритизируются внутри организации. Базовая стратегия OKR включает в себя 3-5 целей высокого уровня, каждая из которых имеет 3-5 измеримых ключевых результатов, которые поддерживают цель.

Интеграция с системой. Коммерческий отдел сможет осуществлять более точное, сложное и автоматизированное управление продажами, что позволит иметь больше информации о товарах и поставщиках, с которыми заключены или будут заключаться сделки, и иметь систему для отслеживания продаж.

Развитие, обучение и оценка персонала. Оценка персонала в приложении позволяет понять, в какой степени сотрудник, решая поставленную ему задачу, применяет приобретенные ранее навыки, а также дает представление о развитии инновационного опыта, позволяющего решать необычные, сложные задачи.

Приложение должно определять, в какой степени сотрудник соответствует должности, занимаемой в настоящий момент, оценивать потенциал, связанный с каждым из работников.

Также программы обучения, внедренные в приложения для сотрудников, помогают компаниям устранить любые существующие или неизбежные пробелы в навыках, укрепить слабые звенья.

Своевременная оценка сотрудников и надежные механизмы обратной связи помогут определить хороших кандидатов для повышения квалификации. Такой метод также внедрен в специализированные приложения для работы сотрудников. В нем происходят следующие процессы: Поддержка неуспевающих работников: обзоры эффективности работы - лучшее время, чтобы предложить программы обучения и развития сотрудников.

Измерение прогресса цели: оценка сотрудников – это карта, которая помогает сотрудникам и менеджерам понять, как далеко они продвинулись за определенный период времени.

Информирование о важных решениях: оценки эффективности функционируют как отслеживаемая документация, которую можно использовать для принятия решений относительно повышения заработной платы, продвижения по службе, возможности кредитования от предприятия и других льгот.

Отстаивание решений руководителя: отчет об оценке сотрудников дает юридически обоснованную причину для увольнения сотрудника, который в прошлом плохо работал.

Оценка методов найма и адаптации: оценка эффективности новых сотрудников может помочь понять эффективность методов найма и адаптации.

Планирование и контроль рабочего времени. Инструмент для оценки продуктивности персонала помогает оценивать продуктивность каждого сотрудника, отслеживать и систематизировать время начала, конца рабочего дня и перерывов. Так же с его помощью руководители определяют, насколько эффективно сотрудники работают на протяжении всего рабочего дня.

Преимущества мобильного приложения на базе 1С. Для разработки мобильного приложения было принято решение использовать эту платформу по следующим причинам:

1. Интеграция с существующими системами: 1С позволяет легко интегрировать мобильное приложение с уже существующими системами учета и управления магазином. Это обеспечивает бесперебойную работу и минимизирует риски ошибок.

2. Гибкость и масштабируемость: Платформа 1С обладает высокой гибкостью и возможностью редактирования, что позволяет адаптировать приложение под изменяющиеся потребности бизнеса. Это особенно важно для сети магазинов, которые постоянно расширяются, и открываются новые магазины.

3. Безопасность данных: 1С обеспечивает высокий уровень безопасности данных, что критически важно для защиты конфиденциальной информации о клиентах и финансовых операциях.

4. Поддержка и обновления: Работа предприятия изначально ведется на платформе 1С, поэтому ИТ команда может оперативно устранять возникшие неисправности и вносить необходимые изменения, что будет гарантировать безотказную работу системы даже в непредвиденных ситуациях.

Разработка мобильного приложения на базе 1С

1. Изначально определяем все критерии интерфейса и необходимые данные, которые должны будут отображаться в мобильном приложении. При разработке мобильного приложения нельзя забывать, что база данных мобильного приложения отличается от основной базы данных, это означает что при постановке задачи надо распределить структуру так, чтобы база данные мобильного приложения не была перегружена избыточной информацией. После этого создается архитектура мобильного приложения, которая впоследствии заполняется документами по отбору. По завершении проводится этап тестирования, на котором проверяется ее работоспособность. Если модель не удовлетворяет критериям, выполняется корректировка параметров. Далее, если модель удовлетворяет условиям, выполняется классификация новых изображений, и в результате формируется базовые алгоритм работы МП [1].

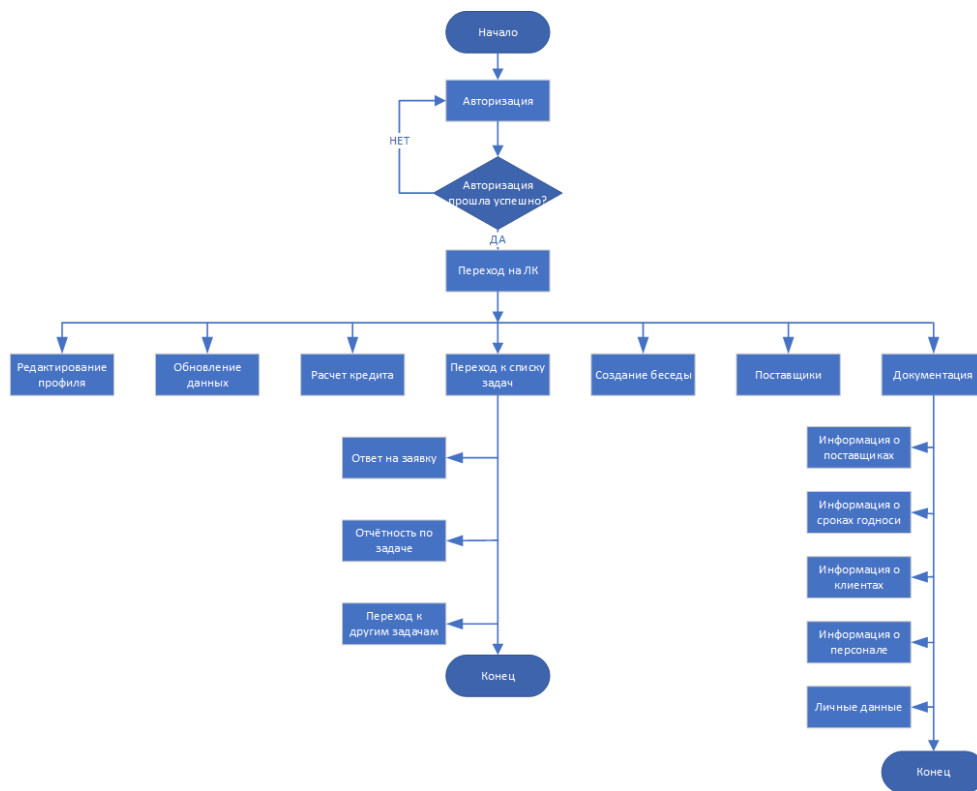


Рис. 1. Базовая схема работы МП

В графическом виде описать работу программы можно при помощи функциональной модели IDEF0.

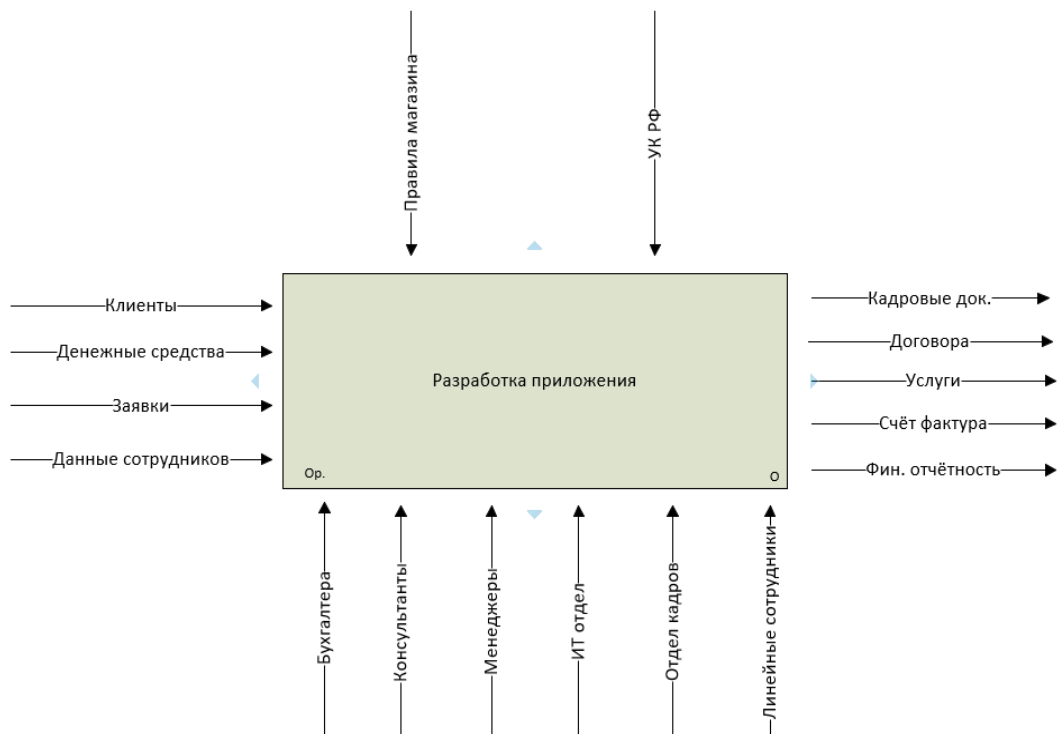


Рис. 2. Функциональная модель

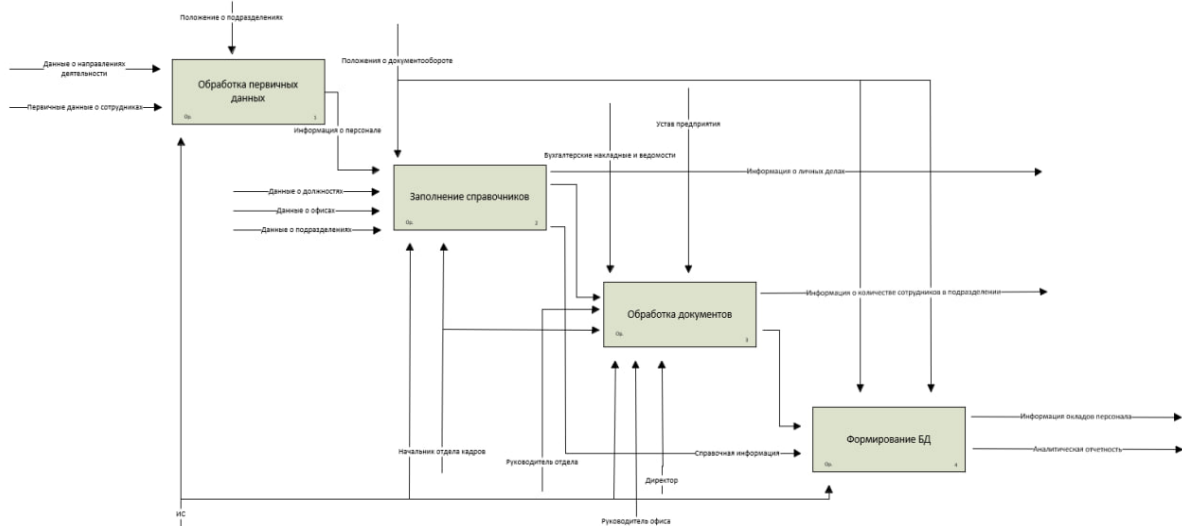


Рис. 3. Декомпозиция функциональной модели

2. Обмен данными. Следующий пункт – это способ обмена данными между базой данных мобильного приложения и основной базой данных. Был выбран использовать XDTO – пакеты так как этот метод позволяет обмениваться данными не только в экосистеме 1С, но также и со сторонними софтами.

3. Настройка обмена данными. Необходимо будет использовать план обмена, благодаря этому можно будет использовать свои правила регистрации, скажем, в подписке на события. Таким образом сможем учитывать любые задуманные отборы, чтоб на МП попало минимальное количество объектов.

4. **Передача приложения с помощью Android файла арк.** Чтобы получить приложение арк, его нужно скомпилировать! Для этого нам нужна отдельная конфигурация, которая называется «Мобильный сборщик приложений».

5. **Тестирование мобильного приложения.** Для этого в конфигураторе нужно настроить отладку по протоколу HTTP. Таким образом можно отладить не только http-сервис, но и само МП. Для этого нужно указать параметры отладчика именно на устройстве или эмуляторе android.

Заключение

Разработка мобильного приложения для сети продуктовых магазинов на базе 1С является оптимальным выбором. Это обеспечивает интеграцию с существующими системами, гибкость, безопасность данных и поддержку. Такой подход позволяет бизнесу быть готовым к вызовам современного рынка и предоставлять клиентам высокий уровень сервиса.

Библиографический список

1. Архитектура платформы 1С: Предприятие [Электронный ресурс]. URL: <https://v8.1c.ru/platforma/obzor-arkhitektury-platformy/> (дата обращения 8.11.2024).
2. ИСТОРИЯ ПРОГРАММЫ 1С: ПРЕДПРИЯТИЕ [Электронный ресурс]. URL: [http://trio-tlt.ru/?Блог/История 1С](http://trio-tlt.ru/?Блог/История%201С) (дата обращения 8.11.2024).
3. Типовые конфигурации фирмы «1С» [Электронный ресурс]. URL: <https://v8.1c.ru/platforma/obzor-arkhitektury-platformy/> (дата обращения 11.11.2024).
4. ИСТОРИЯ ПРОГРАММЫ 1С: ПРЕДПРИЯТИЕ [Электронный ресурс]. URL: [http://trio-tlt.ru/?Блог/История 1С](http://trio-tlt.ru/?Блог/История%201С) (дата обращения 14.11.2024).
5. Типовые конфигурации фирмы «1С» [Электронный ресурс]. URL: <https://v8.1c.ru/>.
6. Воробьев А.В. Цифровые технологии и искусственный интеллект в организационно-технических системах: монография / А.В. Воробьев [и др.]. Уфа: РИЦ УУНиТ, 2024. 258 с.

© Ермолаев М.А., 2024

Г.А. ЗАХАРЯН, Г.Ф. НИЗАМОВА

zakharyan.george@mail.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. **Г.Ф. НИЗАМОВА**

Уфимский университет науки и технологий

ДИАГНОСТИКА ЗАБОЛЕВАНИЙ ЛЕГКИХ НА ОСНОВЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Аннотация: в статье рассматривается применение нейросетевых методов для диагностики заболеваний легких по снимкам компьютерной томографии. Разработанная модель классифицирует изображения с высокой точностью. Рассмотрены этапы подготовки данных, обучения модели и классификации.

Ключевые слова: нейронные сети, классификация изображений, диагностика заболеваний легких, компьютерная томография, COVID-19, Python, Keras.

В последние десятилетия заболевания легких, такие как пневмония, COVID-19, туберкулез и рак легких, являются одними из основных причин заболеваемости и смертности в мире. Ранняя диагностика этих заболеваний позволяет своевременно начать лечение и снизить негативные последствия для здоровья пациентов. Однако традиционные методы обработки снимков рентгенографии и компьютерной томографии, требуют значительных временных и человеческих ресурсов, а также высококвалифицированных специалистов для анализа изображений. С развитием технологий искусственного интеллекта и нейронных сетей, становится возможной автоматизация медицинской диагностики. Обработка медицинских изображений с помощью нейронных сетей позволяет сократить время анализа, повысить точность диагностики и свести к минимуму вероятность человеческой ошибки. Эти технологии особенно актуальны в условиях дефицита медицинских кадров и высокой нагрузки на систему здравоохранения.

Целью данной статьи является разработка моделей и алгоритмов диагностики заболеваний легких на основе обработки снимков компьютерной томографии с использованием нейронных сетей. Задача заключается в классификации изображений легких на несколько категорий, соответствующих наличию или отсутствию различных заболеваний (например, "норма", "пневмония", "туберкулез", "рак легких" и т. д.) [4].

Формально задачу диагностики заболеваний легких можно рассматривать как задачу классификации и описать следующим образом.

Пусть:

• $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ - множество медицинских изображений – снимков КТ, где x_i - отдельное изображение.

• $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_n\}$ – множество меток классов, $y_i \in \{C_1, C_1, \dots, C_k\}$ и C_k – это класс заболеваний.

Цель: построить функцию $f(x, \theta): X \rightarrow Y$, которая отображает изображение x в соответствующий класс y . Здесь θ – параметры модели (веса нейронной сети), которые оптимизируются в процессе обучения.

В качестве исходных данных для обучения нейронной сети были взяты снимки компьютерной томографии легких (рис. 1). Данный датасет был взят с открытого источника Kaggle [1]. Он насчитывает 275 снимков компьютерной томографии здоровых и пораженных COVID-19 легких. Снимки размечаются медицинскими специалистами для дальнейшего использования в обучении нейронной сети.



Рис. 1. Пример снимка пораженного легкого

Работа нейросетевого алгоритма, представленного на блок-схеме (рис. 2), начинается с этапа инициализации программы, где происходит настройка всех необходимых компонентов для обработки данных. Затем выполняется загрузка размеченных изображений, которые являются основным входным набором данных для последующего анализа. Эти данные разделяются на обучающую и тестовую выборки, чтобы обеспечить корректное обучение модели и возможность проверки ее качества.

После этого создается архитектура модели нейронной сети, которая впоследствии обучается на предоставленных данных. По завершении обучения проводится этап тестирования, на котором проверяется ее способность классифицировать изображения. Если модель не удовлетворяет критериям, выполняется корректировка параметров, после чего обучение повторяется. Далее, если модель удовлетворяет условиям, выполняется классификация новых изображений, и в результате формируется отчет, содержащий результаты анализа и выявленные патологии [2].



Рис. 2. Схема работы нейросетевого алгоритма

В графическом виде описать работу программы можно при помощи функциональной модели IDEF0. Основным процессом является блок «Диагностика заболевания легких», который на вход получает «Медицинские изображения». Управляющие механизмы для формирования индивидуального плана преподавателя – это «Медицинские документы», «Алгоритмы обработки изображений» и «Модели нейронных сетей». А в роли «Механизмов» выступают Медицинские работники и IT-специалисты. В данном случае Медицинские работники занимаются разметкой входных данных. IT-специалисты занимаются обучением нейронной сети и формированием итогового отчета. На выходе получаем сформированный Диагностический отчет с указанием классификации заболевания или его отсутствия. На первом уровне декомпозиции модель представлена на (рис. 3).

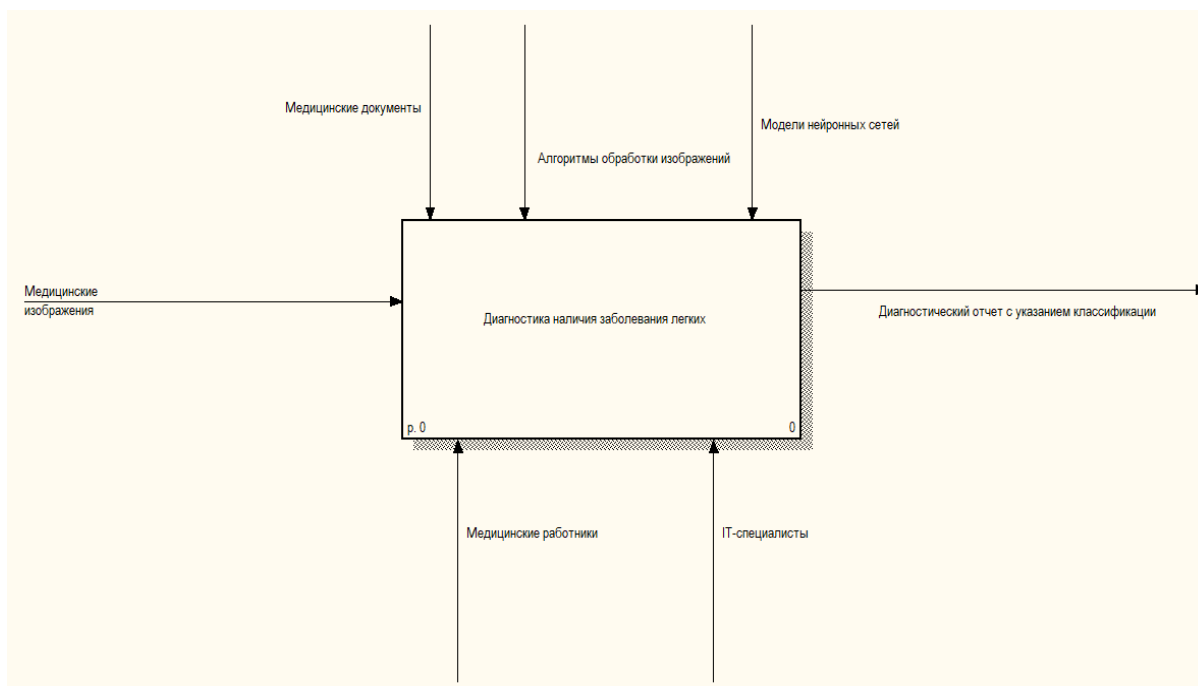


Рис. 3. Функциональная модель

Для более глубокого понимания процесс декомпозирован на три подпроцесса: «Сбор и подготовка изображений», «Обучение нейронной сети» и «Классификация изображений» (рис. 4). На этапе сбора и подготовки изображений осуществляется первичная обработка снимков с использованием алгоритмов разметки изображений, что обеспечивает их готовность для последующего анализа и возможности обучения ими модели нейронной сети. Затем модель создается на этапе обучения нейронной сети, где IT-специалисты настраивают параметры и обучают систему на подготовленных данных. На заключительном этапе классификации модель анализирует входные изображения и формирует диагностический отчет. Этот процесс демонстрирует взаимодействие медицинских работников, IT-специалистов и технологий, обеспечивающий возможность компьютерной диагностики заболеваний легких на основе медицинских снимков.

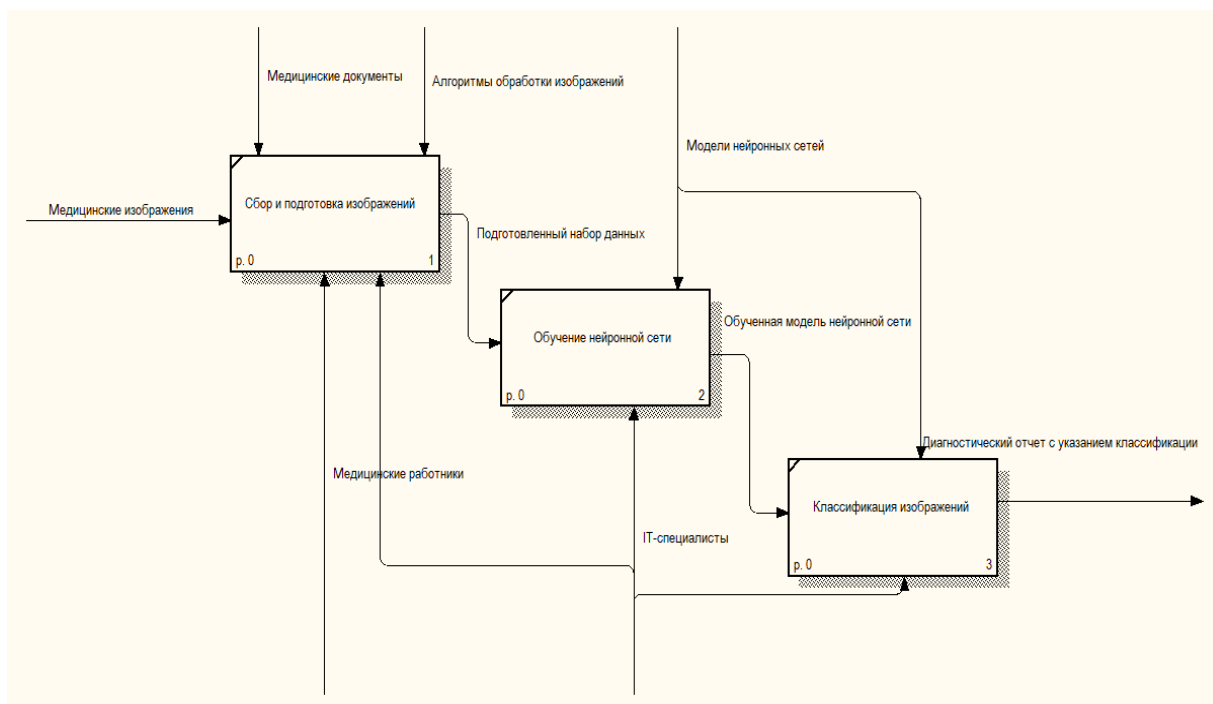


Рис. 4. Декомпозиция функциональной модели

Для реализации нейросетевого алгоритма классификации заболеваний легких был выбран язык программирования Python и библиотека Keras. Выбор Python обоснован его популярностью в области машинного обучения и обработки данных, а также наличием большого количества библиотек, упрощающих работу с нейронными сетями, обработкой изображений и анализом данных. Использование библиотеки Keras обусловлено ее высокой абстракцией, которая значительно упрощает процесс создания и обучения нейронных сетей [3]. Keras предоставляет интуитивно понятный интерфейс для построения как стандартных, так и сложных архитектур нейронных сетей, таких как сверточные нейронные сети, которые наиболее часто применяются для обработки изображений. Кроме того, Keras поддерживает интеграцию с TensorFlow, что обеспечивает возможность использования высокопроизводительных вычислений на GPU, что критически важно для работы с большими объемами данных, такими как медицинские изображения.

В результате проведенных экспериментов на обработанных изображениях, модель нейронной сети с достаточно высокой точностью классифицировала снимки на заболевание COVID-19 и отсутствие какого-либо заболевания.

Библиографический список

1. Kaggle. COVID-19 Lung CT Scans. URL: <https://www.kaggle.com/datasets/luisblanche/covidct> (дата обращения 19.11.2024).

2. Якупов Р.Р. Использование методов машинного обучения при обработке спектральных характеристик биологических объектов в задачах диагностики / Р.Р. Якупов, А.Р. Билялов, А.С. Ковтуненко // Естественные и технические науки. 2018. № 10 (124). С. 196–198. EDN YSTTBR.

3. Антонио Д. Библиотека Keras – инструмент глубокого обучения. Реализация нейронных сетей с помощью библиотек Theano и TensorFlow/ Д. Антонио, П. Суджит; перевод с английского А.А. Слинкин. М.: ДМК Пресс, 2018. –294 с.

4. Система поддержки принятия решений при прогнозировании критических ситуаций в организационно-технических системах / А.Ю. Павлов, Р.Р. Каримов, Н.В. Кондратьева, С.С. Валеев // Информационные технологии интеллектуальной поддержки принятия решений (ITIDS'2019): труды VII Всероссийской научной конференции (с приглашением зарубежных ученых): в 3 томах, Уфа, 28–30 мая 2019 г. Том 2. Уфа: Уфимский государственный авиационный технический университет, 2019. С. 165–170.

5. Воробьев А.В, Цифровые технологии и искусственный интеллект в организационно-технических системах: монография / А.В. Воробьев [и др.]. Уфа: РИЦ УУНиТ, 2024. 258 с.

© Захарян Г.А., 2024

А.А. КОРНИЛАЕВА, А.Е. МАМЫКИН

kornilaeva.alla01@mail.ru, 290199@mail.ru

Науч. руковод. – д-р техн. наук, проф. **А.В. ВОРОБЬЕВ**

Уфимский университет науки и технологий

СИСТЕМА ОПЕРАТИВНОГО ОПОВЕЩЕНИЯ ОБ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ СОБЫТИЯХ

Аннотация: представлены результаты разработки общедоступного инструментария, реализованного в виде Telegram-бота, обеспечивающего пользователя информацией о вероятности наблюдений полярных сияний в указанной точке земного шара.

Ключевые слова: пространственные данные, геоинформационные системы и технологии, обработка данных.

Актуальность разработки систем оперативного оповещения об экстремальных геофизических событиях растет на фоне интенсивного освоения Арктической зоны, где природные явления, такие как полярные сияния, могут выступать индикаторами состояния космической погоды. Эти явления возникают в зоне аврорального овала, подверженной воздействию солнечного ветра и межпланетного магнитного поля. Полярные сияния, помимо их визуальной привлекательности, имеют важное прикладное значение: они могут свидетельствовать о повышенных рисках для высокоширотной инфраструктуры, включая системы электроснабжения, связи и транспорт.

В данной статье рассматривается концепция создания системы оповещения, основанной на прогнозах вероятности наблюдения полярных сияний и реализации ботов-оповещателей для Telegram и VK. Цель проекта – предоставить пользователям своевременную информацию о вероятности наблюдения полярных сияний в заданной географической области.

Для прогнозирования полярных сияний используется модель OVATION-Prime (OP), основанная на статистическом анализе данных спутников Национального управления океанических и атмосферных исследований США (NOAA). Эта модель определяет вероятности появления сияний, учитывая параметры солнечного ветра и межпланетного магнитного поля. Данные в реальном времени предоставляются Национальным центром прогнозов космической погоды (SWPC NOAA), что позволяет интегрировать их в автоматизированные системы обработки и визуализации.

В рамках проекта разработаны Telegram-бот и VK-бот, функционирующие на языке Python. Эти боты предоставляют пользователям следующие возможности:

- указание города или координат для наблюдения;
- настройка вероятности события, при которой пользователь желает получать уведомления;
- автоматическая обработка и отправка уведомлений на основе данных о текущем состоянии космической погоды.

Система построена на основе клиент-серверной архитектуры (рис. 1) с использованием API для доступа к данным SWPC NOAA. Основные компоненты:

1. Серверная часть:

- Модули обработки данных о солнечном ветре и геофизических параметрах;
- Хранилище пользовательских данных и настроек;
- Обработчик прогнозов, обеспечивающий взаимодействие с моделью OVATION-Prime.

2. Клиентская часть (боты):

- Интерфейс для взаимодействия с пользователем;
- Система отправки уведомлений.

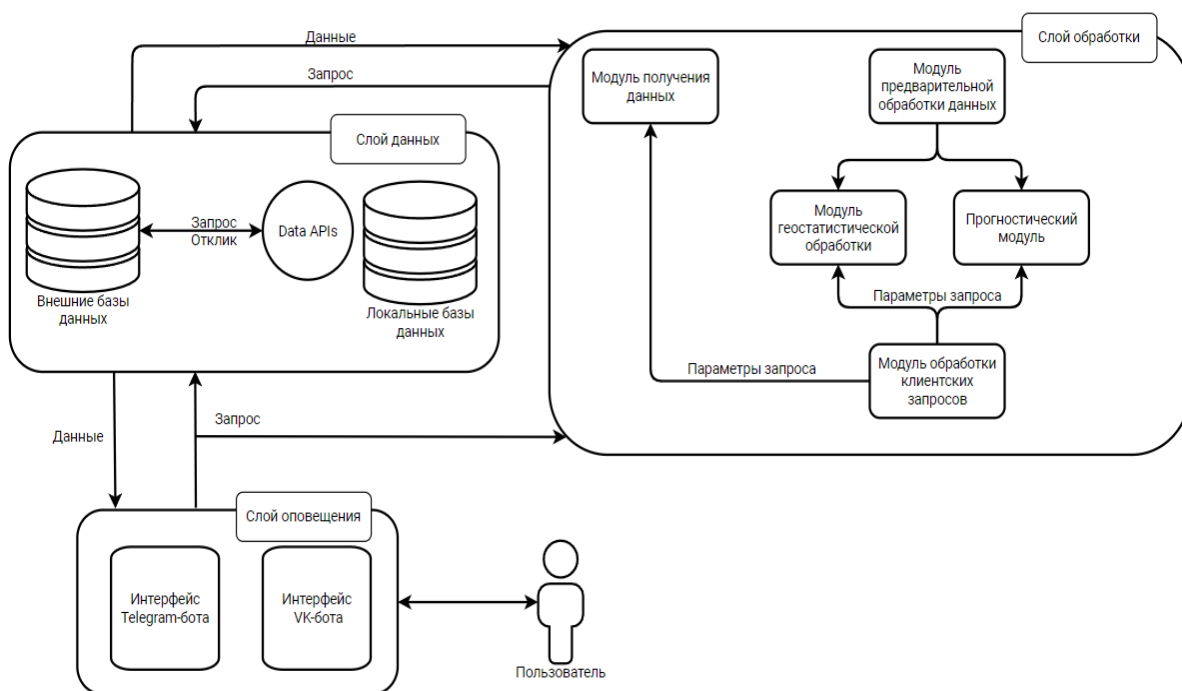


Рис. 1. Архитектура информационной системы

Техническая реализация использует библиотеки Python, такие как vkbottle, aiogram, requests для работы с API.

Система обеспечивает:

- актуальность данных благодаря интеграции с API SWPC NOAA, предоставляющим 30-минутные прогнозы полярных сияний;
- высокую точность прогнозов (до 86 % совпадений с реальными наблюдениями по данным камер полного неба), подтвержденную валидацией модели OVATION-Prime¹³;
- гибкость настройки уведомлений, что позволяет пользователям выбирать пороговые значения вероятности наблюдения событий.

На рис. 2 показан результат общения пользователя с VK- и Telegram-ботами, в процессе которого происходит настройка сервиса и запись данных пользователя.

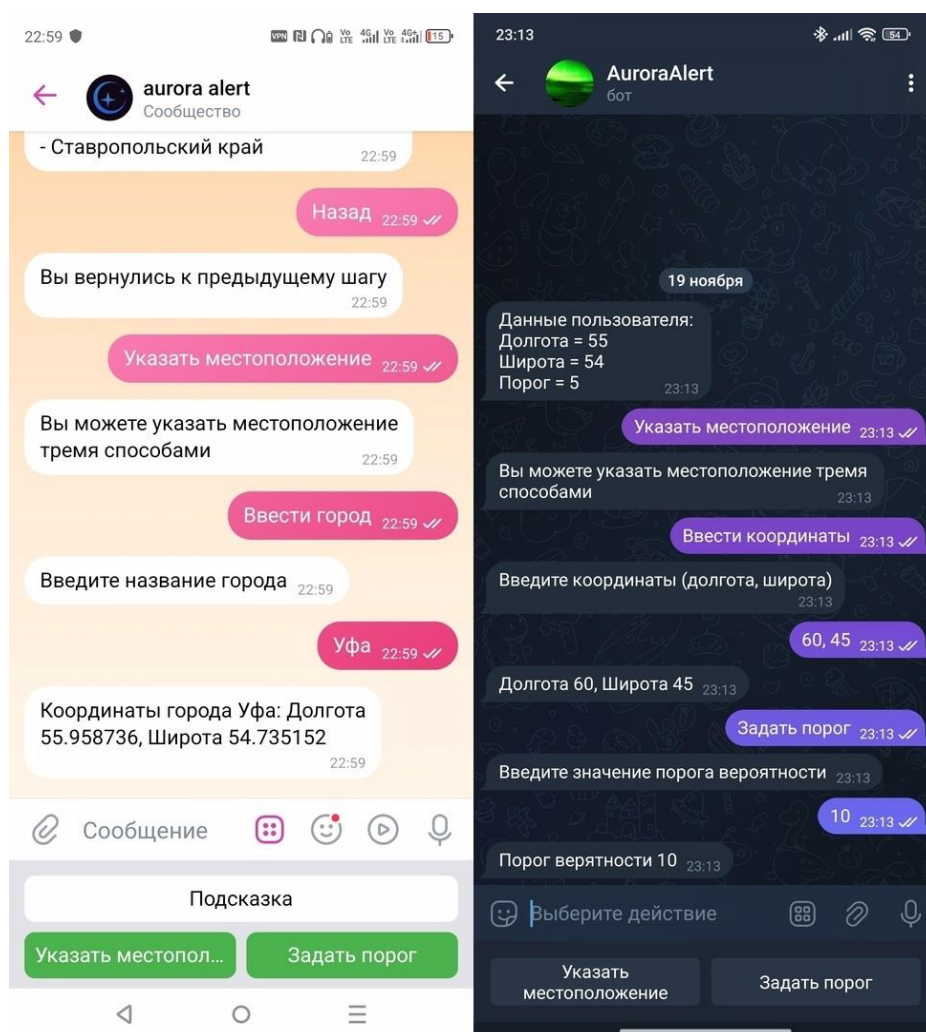


Рис. 2. Пример работы VK- и Telegram-ботов

Предложенная система имеет несколько преимуществ:

- интерактивность: пользователи могут индивидуально настраивать параметры уведомлений;

¹³ Воробьев А.В., Соловьев А.А., Пилипенко В.А., Воробьева Г.Р. Интерактивная компьютерная модель для прогноза и анализа полярных сияний. Солнечно-земная физика. 2022. Т. 8, № 2. С. 93– 100. DOI: 10.12737/szf-82202213.

– масштабируемость: возможность адаптации системы для других видов экстремальных геофизических явлений;

– социальная значимость: информирование широкой аудитории о редких природных явлениях, повышая интерес к науке и экологии.

В будущем планируется расширить функциональность, добавив визуализацию данных на картах и интеграцию с дополнительными метеорологическими и геофизическими источниками. Также возможно использование машинного обучения для повышения точности прогнозов.

Система оперативного оповещения об экстремальных геофизических событиях, включая прогнозы полярных сияний, демонстрирует высокую эффективность благодаря использованию современных технологий обработки данных и автоматизации. Реализация Telegram- и VK-ботов делает эту систему доступной и удобной для пользователей, создавая новый уровень взаимодействия с природными явлениями.

Библиографический список

1. Воробьев А.В., Соловьев А.А., Пилипенко В.А., Воробьева Г.Р. Интерактивная компьютерная модель для прогноза и анализа полярных сияний. Солнечно-земная физика. 2022. Т. 8, № 2. С. 93–100. DOI: 10.12737/szf-82202213.

2. Воробьев, А.В. Подход к динамической визуализации разнородных геопространственных векторных изображений / А.В. Воробьев, Г.Р. Воробьева // Компьютерная оптика. 2024. Т. 48, № 1. С. 123–138. DOI: 10.18287/2412-6179-СО-1279.

3. Пилипенко В.А., Черников А.А., Соловьев А.А., Ягова Н.В., Сахаров Я.А., Кудин Д.В., Костарев Д.В., Козырева О.В., Воробьев А.В. и Белов А.В. (2023), Влияние космической погоды на надежность функционирования транспортных систем на высоких широтах, Russian Journal of Earth Sciences, т. 23, ES2008, 10.2205/2023ES000824.

4. Воробьев А.В. Подход к обнаружению и устранению артефактов пространственных изолиний в приложениях Веб-ГИС / А.В. Воробьев, Г.Р. Воробьева // Компьютерная оптика. 2023. Т. 47, № 1. С. 126–136. DOI: 10.18287/2412-6179-СО-1127.

5. Воробьев А.В., Воробьева Г.Р. Подход к оценке относительной информационной эффективности магнитных обсерваторий сети INTERMAGNET. Геомагнетизм и аэрономия. 2018а. Т. 58, № 5. С. 648–652. DOI: 10.1134/S0016793218050158.

6. Воробьев А.В. Подход к оценке относительной информационной эффективности магнитных обсерваторий сети INTERMAGNET / А.В. Воробьев, Г.Р. Воробьева // Геомагнетизм и аэрономия. 2018. Т. 58, № 5. С. 648–652. DOI: 10.1134/S0016794018050164.

© Корнилаева А.А., Мамыкин А.Е., 2024

А.А. КУЗНЕЦОВА, В.В. ДЕМИДОВА

kuznetsovangelina@mail.ru, vascademidova@gmail.com

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доцент **Р.Р. КАРИМОВ**

Уфимский университет науки и технологий

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОГРАММ ДЛЯ ТРЕКИНГА В КОМПОЗИТИНГЕ ВИДЕОИЗОБРАЖЕНИЙ

Аннотация: Анализ программ Nuke и Mocha по 9 параметрам, а также сравнение работы программ на одном и том же видеоматериале.

Ключевые слова: композитинг; визуальные эффекты, трекинг; Nuke; Mocha.

Композитинг – это процесс объединения различных визуальных элементов, созданных с помощью графики, визуальных эффектов, анимации или отснятого материала, в единую, реалистичную сцену.

Одним из самых важных подпроцессов композитинга является трекинг. Он позволяет сделать процесс композитинга быстрее и реалистичнее.

Трекинг в композитинге – это технология, используемая для отслеживания движения камеры и захвата объектов на видео, чтобы синхронизировать добавленные элементы с оригинальными отснятыми кадрами.

Существует несколько видов трекинга в композитинге, рассмотрим основные из них.

1. 2D-трекинг:

Используется для отслеживания движения объектов по горизонтали и вертикали. Подходит для простой задачи, где требуется фиксировать небольшие элементы (например, текст на движущемся объекте). Программное обеспечение захватывает определенные пиксели, и наложенные элементы следуют за движением этих пикселей. Пример 2D-трекинга представлен на рис. 1.

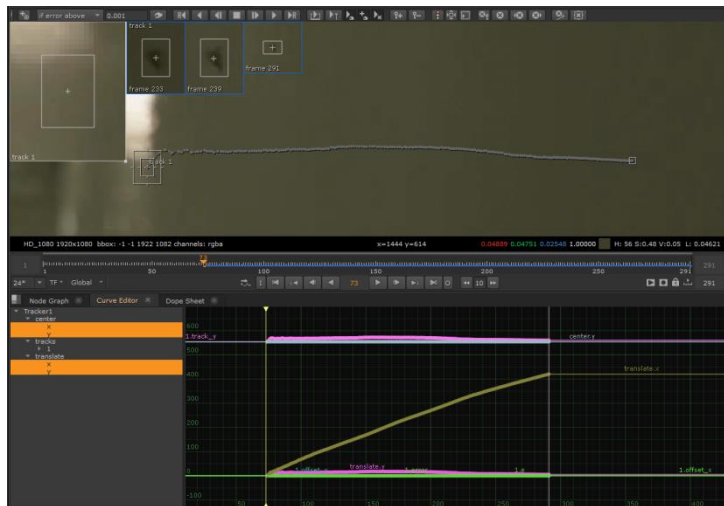


Рис. 1. Пример 2D-трекинга

2. 3D-трекинг (или Match Moving):

Отслеживает движение в трех измерениях и восстанавливает движение камеры, чтобы интегрировать трехмерные объекты в сцену. Программное обеспечение анализирует глубину и перспективу кадра, создавая виртуальную камеру, которая повторяет движения реальной камеры. Этот метод широко используется в кино для создания реалистичных интеграций 3D-объектов в отснятый материал. Пример 3D-трекинг представлен на рис. 2.

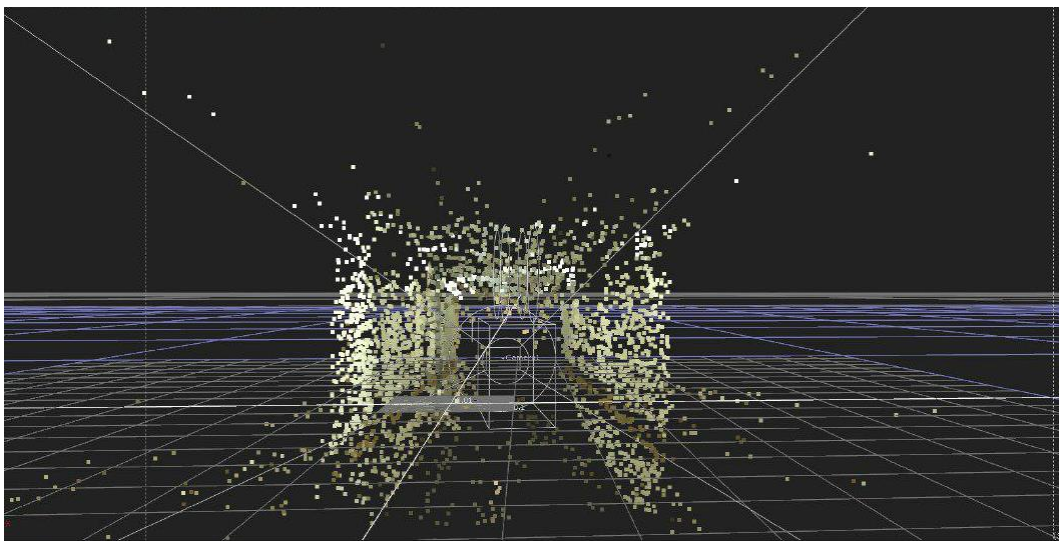


Рис. 2. Пример 3D-трекинга

3. Планарный трекинг:

Работает с плоскими поверхностями, захватывая их движение и искажения, часто используется для замены текстур и проекций на поверхности. Например, такой трекинг полезен для наложения изображения на экран телефона в движении. Пример планарного трекинга представлен на рис. 3.



Рис. 3. Пример планарного трекинга

4. Mesh Tracking:

Специализированный тип трекинга для анализа и отслеживания движений плоскостей, например на лице. Применяется для анимации лиц, тела или наложения эффектов в режиме реального времени. Пример Mesh Tracking представлен на рис. 4.



Рис. 4. Пример Mesh Tracking

5. Оптический трекинг (Optical Flow Tracking):

Этот вид анализирует кадры пиксель за пикселем, отслеживая движение и деформацию объектов. Он полезен для задач с динамическими изменениями, такими как деформация или движение ткани и жидкости. Пример оптический трекинга представлен на рис. 5.



Рис. 5. Пример оптического трекинга

Для трекинга в композитинге используются различные программные продукты, каждый из которых имеет свои уникальные функции и возможности. В данной статье проведем сравнительный анализ программ Nuke (разработчик) и Mocha (разработчик).

Mocha от Boris FX специализируется на планарном трекинге и предлагает высокую точность при отслеживании движений плоских поверхностей. Mocha интегрируется с популярными приложениями для композитинга и редактирования и поддерживает сложные задачи, например, устранение объектов, замена элементов сцены и создание масок.

Программа Nuke от Foundry – это мощное профессиональное средство для 2D и 3D-композитинга, которое включает инструменты трекинга и match moving. Nuke может отслеживать движение камеры и создавать 3D-камеру на основе данных отслеживания.

Анализ программ Nuke и Mocha произведен по 7 параметрам, а также сравнению работы программ на одном и том же видеоматериале.

В табл. 1 представлены результаты анализа программ Nuke и Mocha.

Таблица 1

Анализ программ Nuke и Mocha

Особенности	Nuke	Mocha
2D-трекинг	✓	✓
3D-трекинг	✓	×(*)
Планарный трекинг	✓	✓
Mesh Tracking	×	✓
Optical Flow Tracking	×	×
Интеграция и совместимость	✓	✓
Легкая доступность	×	✓
Простой интерфейс	×	✓
Обучение и поддержка	✓	✓

*Примечание: Mocha Pro может экспортировать данные 3D-камеры для других программ, но встроенного 3D-трекинга нет.

Исходя из результатов, Nuke чаще выбирается для 3D-трекинга и комплексного композитинга, в то время как Mocha выделяется в планарном трекинге, удобстве использования и легкости доступа. Mocha предпочтительна для проектов, где важны скорость и интуитивный интерфейс.

Проведем эксперимент для решения одной и той же задачи композитинга с применением программ Nuke и Mocha. Сведем результаты трекинга в табл. 2.

Результаты трекинга в программах Nuke и Mocha

Особенности	Nuke	Mocha
Остановка трекинга	Да (в момент сильного изменения окружения выбранной точки)	Нет
Смещение трекера	Присутствует	Присутствует небольшое
Влияние шума	Лучший результат с обесшумленным материалом	Нет разницы
Влияние сторонних предметов	Повлияла тень проходящего человека	Повлияла тень проходящего человека (не существенно)
Приемлемо для использования	Приемлемо с дополнительной настройкой	Приемлемо

В данном анализе программ Nuke и Mocha, сравнили программы по девяти ключевым параметрам и протестировали на одинаковом видеоматериале. Nuke выделяется возможностями 3D-трекинга и профессионального композитинга, но требует дополнительных настроек при работе с шумом и сложной средой. Mocha специализируется на планарном и Mesh трекинге, имеет интуитивный интерфейс и показывает стабильные результаты даже при минимальных корректировках. Оба инструмента подходят для 2D-трекинга, однако ни один не поддерживает Optical Flow Tracking. Рекомендуется использовать Nuke для сложных 3D-композиций, а Mocha – для быстрых и точных задач с плоскими поверхностями и деформируемыми объектами.

Библиографический список

1. Воробьев А.В., Цифровые технологии и искусственный интеллект в организационно-технических системах: монография / А.В. Воробьев [и др.]. Уфа: РИЦ УУНиТ, 2024. 258 с.
2. Mandapuram M., Visual Effects in Movies: Bridging the Imagination-Reality Divide / M. Mandapuram – Asian journal of humanity, art and literature, 2022. 11 с.

© Кузнецова А.А., Демидова В.В., 2024

Я.В. ЛОГВИНЕНКО

yanalogvinenko.ufa@mail.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. **Е.А. КУЗЬМИНА**

Уфимский университет науки и технологий

СЭД TESSA: НАЛОГОВЫЙ МОНИТОРИНГ ПРЕДПРИЯТИЯ

Аннотация: целью исследования является повышение эффективности процесса налогового контроля благодаря информационной поддержке налогового мониторинга. В системе электронного документооборота «TESSA» создается модуль для сбора информации из множества документов различных структурных подразделений и филиалов производственной компании в чек-листы и формирования отчета о результатах контроля.

Ключевые слова: СЭД «TESSA», чек-лист, карточка, сводный отчет, библиотека и схема данных, контрольные процедуры, маршрут.

Моделирование процесса

Функциональная модель IDEF0 позволяет наглядно представить процесс организации налогового контроля (рис. 1). Главным процессом является блок «Оптимизация процесса налогового контроля», который на вход получает данные договоров и ПУД предприятия, а также запрос (решение руководства) с прописанным техническим заданием о необходимости оптимизации и внедрения средства, осуществляющего сбор информации из документов (чек-листов) и формирующего автоматический отчет. Управлением для реализации средства являются «Приказ ФНС», «СТО ГТУ», «Требования на доработку», «Руководство СЭД TESSA». Механизмами выполнения процесса выступают пользователи филиалов, налоговая группа, инженер-программист и СЭД «TESSA». Пользователи филиалов прописывают поля с информацией по подразделениям, инженер-программист разрабатывает библиотеку и схему данных, создает документы (карточки) процесса, интерфейс карт, переносит их на платформу, раздает права пользователям, настраивает маршрут и создает сводный отчет, СЭД «TESSA» – это платформа, которую используют при разработке и работе все участники процесса. На выходе получаем сводный отчет по всем филиалам ГТУ [3].

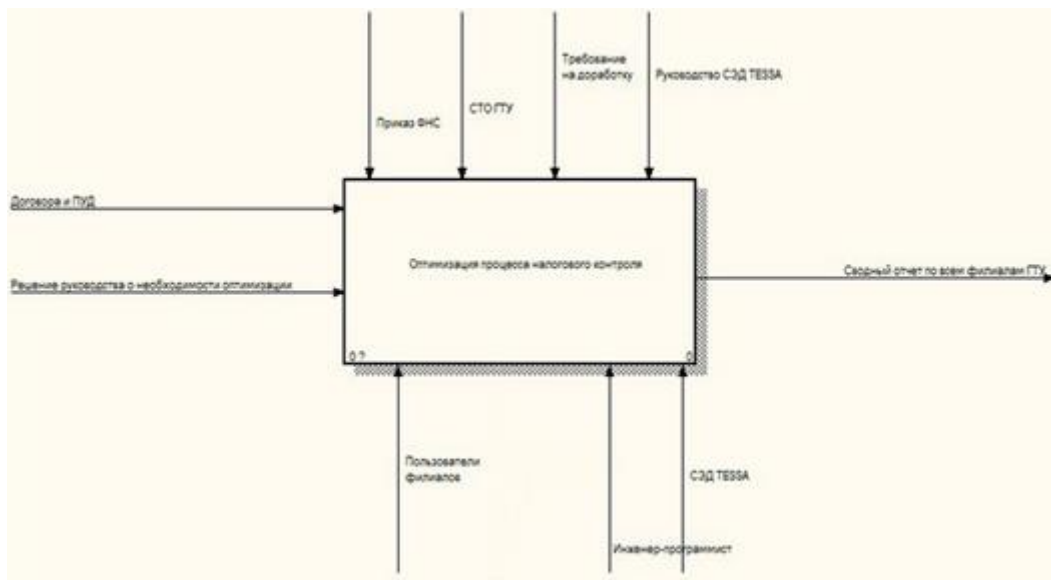


Рис. 1. Функциональная модель

Декомпозируем блок «Оптимизация процесса налогового контроля» на подпроцессы (рис. 2). Декомпозиция включает 3 основных этапа: «Обработка входной информации», «Формирование чек-листов» и «Формирование отчета «Результаты выполнения контрольных процедур»». Входными данными на этапе обработки входной информации являются «Договора и ПУД» и «Решение руководства о необходимости оптимизации». Механизмом являются пользователи филиалов и инженер-программист. Далее, функциональное требование на доработку информации передается на второй этап, на котором происходит формирование чек-листов. Механизмами является инженер-программист, пользователи предприятия и СЭД «TESSA». Управлением является руководство СЭД «TESSA». Далее готовая карточка чек-листа со справочником контрольных процедур передается на третий этап, где происходит формирование отчета «Результаты выполнения контрольных процедур». Механизмом является инженер-программист и СЭД «TESSA». Результатом деятельности является сводный отчет по всем филиалам ГТУ.

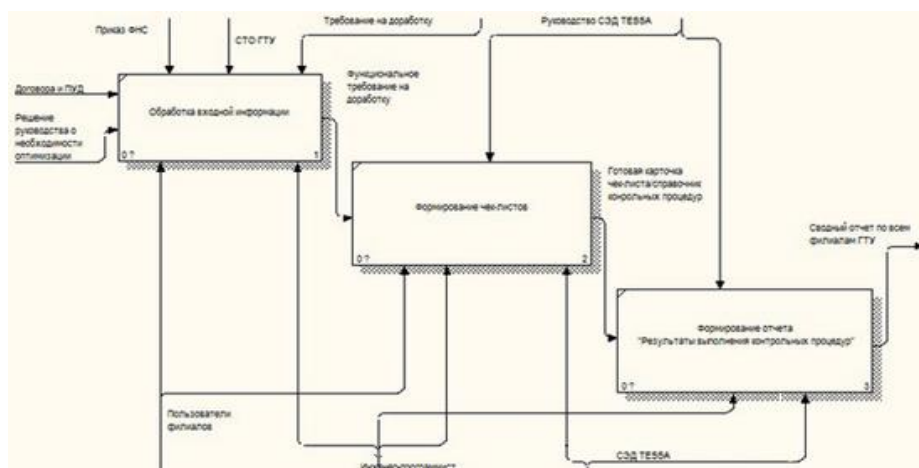


Рис. 2. Декомпозиция функциональной модели

Схема бизнес-процесса демонстрирует последовательность этапов, связанных с обработкой, согласованием чек-листа и формированием на его основе сводного отчета по всем филиалам производственной компании (рис. 3).

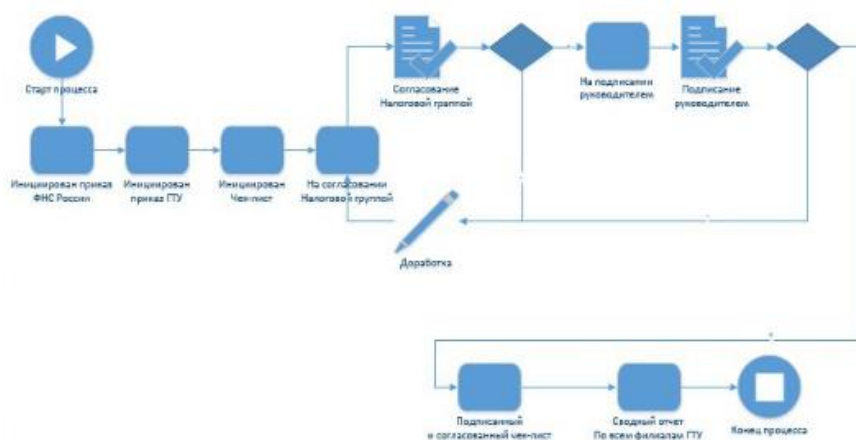


Рис. 3. Схема бизнес-процесса

О компании ООО «Газпром трансгаз Уфа»

ООО «Газпром трансгаз Уфа» – стопроцентное дочернее общество ПАО «Газпром», одно из ведущих предприятий топливно-энергетического комплекса Башкортостана.

Миссия ООО «Газпром трансгаз Уфа» – надежная и бесперебойная транспортировка природного газа потребителям Республики Башкортостан и обеспечение транзитных потоков голубого топлива по территории региона в составе Единой системы газоснабжения России [1].

Данное предприятие при работе с документооборотом обращается к системе электронного документооборота «TESSA», которой покрываются процессы управления внутренними документами (регистрация, согласование, подписание), а также хранение архивов, автоматизация процессов создания договоров, согласование и учет счетов, актов, платежных документов. Для повышения эффективности налогового контроля, предотвращения или минимизации рисков ошибок налогового учета и сокращения времени, затраченного ранее на составление отчетов вручную, реализуется функционал с автоматическим формированием шаблона отчета «Результаты выполнения контрольных процедур». Отчет должен формироваться ежеквартально на основании свода информации, собранной из согласованных карточек «Чек-листов». Для создания таких средств обратимся к приложению-конструктору «TESSA Admin» и СЭД «TESSA».

СЭД «TESSA» – это универсальная платформа, снабженная современным интерфейсом для создания высокопроизводительных решений по автоматизации документооборота, а также управления бизнес-процессами в компаниях в различных сферах бизнеса [2].

TESSA Admin – клиентское приложение, рабочее место администратора системы, предназначенное для управления конфигурацией системы. Данное приложение является приложением-конструктором. Оно обладает возможностью создавать интерфейс будущей карты, добавлять соответствующие компоненты и регулировать параметры, а также создавать библиотеки и схемы данных.

Разработка модуля для формирования сводного отчета

Рассмотрим пример поэтапного создания документа (карточки «чек-лист») и сводного отчета. В приложении-конструкторе «TESSA Admin» создается библиотека и схема данных, включающие поля, фигурирующие при разработке отчета (рис. 4).

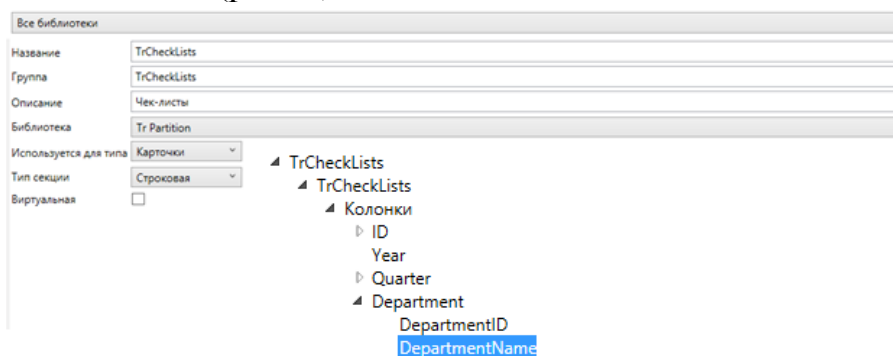


Рис. 4. Создание таблиц для чек-листа

Далее создается интерфейс будущего документа (чек-листа). Добавляется новая вкладка чек-лист. Создается колоночный блок, который включает в себя новые колонки: основная информация, позиции и исполнители. В блоке основная информация настроим строки: год, квартал и подразделения (рис. 5).

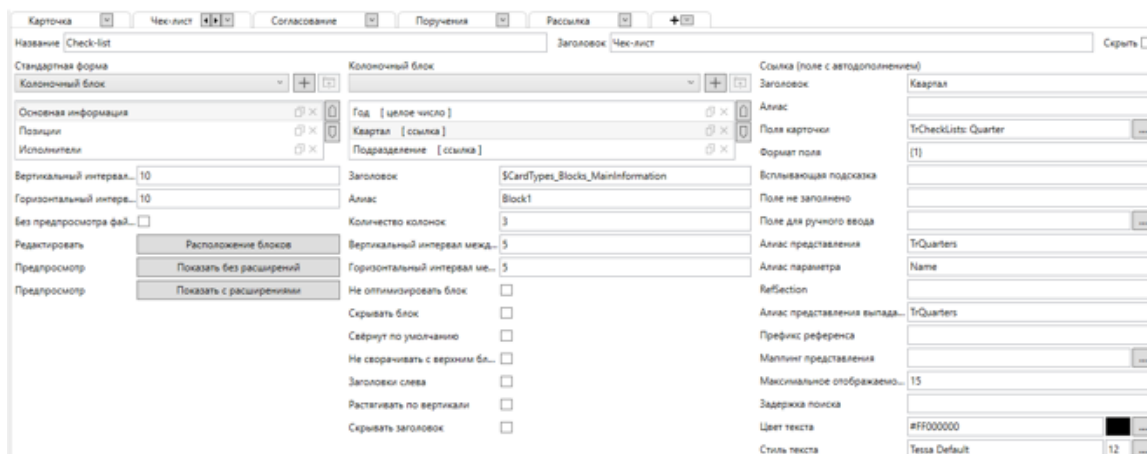


Рис. 5. Создание карточки чек-листа

Аналогичным образом создаем карточку Контрольные процедуры. Добавляем колоночный блок с позициями: основная информация, подразделение, ответственное за выполнение КП, контроль обязательности заполнения полей в чек-листах. Указываем в колонке Основная

информация строки: код КП, наименование КП, описание КП, вид КП, частота проведения, уровень контроля, способ проведения и информационная система.

Создадим представления справочников – подразделения, контрольные процедуры и результаты контрольных процедур, которые являются источником табличных данных, используемых для автозаполнения, для выпадающих списков, для справочников с поиском и группировкой.

Добавляем созданные карты и представления на рабочее место пользователей. Оно необходимо для отображения созданных карточек и представлений, с помощью синхронизации и переноса данных с «TESSA Admin» на основную платформу «TESSA». Это обеспечит возможность сотрудникам воспользоваться данными карточками.

После того, как представления и карты были добавлены на рабочие места, необходимо задать маршруты их движения и настроить права доступа (рис. 6).

Подсистема маршрутов – функциональность, позволяющая администраторам быстро и просто настроить процесс для документа. Это гибко настраиваемые по шаблонам маршруты для согласования, исполнения, подписания, регистрации документов и др. [2].

Этапы маршрута			
Название	Тип этапа	Срок	Участники
Согласование с корректором	Настраиваемое задание	1 р.д.	Корректоры
Подготовка к подписанию	Настраиваемое задание	1 р.д.	Инициатор
Подписание	Подписание	1 р.д.	Вычисляемые исполнители
Регистрация	Регистрация	1 р.д.	Вычисляемые исполнители
Прикрепление скан-образа	Настраиваемое задание	1 р.д.	Инициатор
Рассмотрение	Задача	1 р.д.	Вычисляемые исполнители
Смена состояния	Смена состояния		
Рассылка	Задача	1 р.д.	Вычисляемые исполнители

Рис. 6. Этапы маршрута

После добавления маршрута карточки настроим права доступа. Во вкладке роли отметим «все сотрудники». Это позволит нам предоставить доступ всем лицам, которые впоследствии смогут воспользоваться карточкой чек-листа.

Выведем данные результатов выполнения контрольных процедур организации в виде таблицы в MS Word. Для этого в карточке Результаты выполнения КП организации добавим соответствующие алиасы плейсхолдеров. При формировании файла по данному шаблону из карточки исходящего документа для каждой строки результата в таблицу будет добавлена новая строка с очередным заданным содержимым.

Рис. 7 представляет итоговый результат сводного отчета «Результаты выполнения контрольных процедур» организации, осуществляемых в целях налогового мониторинга.

РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛЬНЫХ ПРОЦЕДУР ОРГАНИЗАЦИИ,
ОСУЩЕСТВЛЯЕМЫХ В ЦЕЛЯХ НАЛОГОВОГО МОНИТОРИНГА
1 квартал 2024 года
(период)

№ п/п	Контрольная процедура		Результаты выполнения контрольных процедур (при наличии)			Результаты проверки операций и документов организации (при наличии)					
	Код	Наименование	Количество выполненных контрольных процедур за период	Количество контрольных процедур, выявивших ошибки (отклонения, нарушения)	Количество контрольных процедур, выявивших ошибки (отклонения, нарушения)	Общее количество договоров, заключенных за отчетный период	В том числе, количество проверенных договоров за отчетный период	Общее количество первичных учетных документов за отчетный период	В том числе, количество проверенных первичных учетных документов за отчетный период	Общее количество операций, совершенных за отчетный период	В том числе, количество проверенных операций за отчетный период
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	КП-НП-23.03-028	Контроль определения СПИ программного обеспечения	0	0		18	18	31	31	53	53

Рис. 7. Итоговый сводный отчет «Результаты выполнения контрольных процедур»

Система протестирована в тестовой версии СЭД «TESSA» и перенесена на продуктив. Пользователи отметили высокое качество работы средства предотвращения ошибок налогового учета и быстроту выполнения, поскольку система автоматически создает отчет, без необходимости ручного заполнения.

Библиографический список

1. Газпром трансгаз Уфа. URL: <https://ufa-tr.gazprom.ru/about/> (дата обращения 19.11.2024).
2. Система электронного документооборота TESSA. URL: <https://mytessa.ru/docs/3.6/adm/admin/> (дата обращения 19.11.2024).
3. Воробьев А.В. Цифровые технологии и искусственный интеллект в организационно-технических системах: монография / А.В. Воробьев [и др.]. Уфа: РИЦ УУНиТ, 2024. 258 с.

© Логвиненко Я.В., 2024

УДК 004.414

А.И. МУРАШОВ

tmurashov@list.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доцент **Р.Р. КАРИМОВ**

Уфимский университет науки и технологий

**ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА ОРГАНИЗАЦИОННО-
УПРАВЛЕНЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ КОМПАНИИ
НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРОННЫЙ СЕКРЕТАРЬ
(УМНЫЙ ПОМОЩНИК)**

Аннотация: разрабатывается компьютерная программа, основными задачами которой являются: сбор текста, преобразованного из аудиозаписей выступающих участников, автоматизированное составление протокола мероприятий (совещаний, конференций, собраний), отправка участникам итогового протокола, включая его исполнительную часть, содержащую принятые решения, сформированные в ходе совещания.

Ключевые слова: ЭС, электронный секретарь, мероприятие.

Многим компаниям приходится задействовать секретарей в предстоящем мероприятии (собрание, совещания, конференция) тем самым нагружая их добавляя им еще работы и нередко просто компании составляют все нужные документы с горящими сроками.

Предлагается решение по автоматизации организационно-управленческих процессов – электронный секретарь (ЭС, умный помощник Аврора), с помощью которого будет решена задача формирования и оперативной рассылки приглашений и оповещений, а также протоколов и распоряжений, которые сформированы на мероприятия.

Программа Аврора должна будет выполнять три основные задачи: распознавание речи и преобразование аудио в текст, составление протокола мероприятия, отправка протокола и распоряжений участникам либо отделам, назначенным в качестве исполнителей.

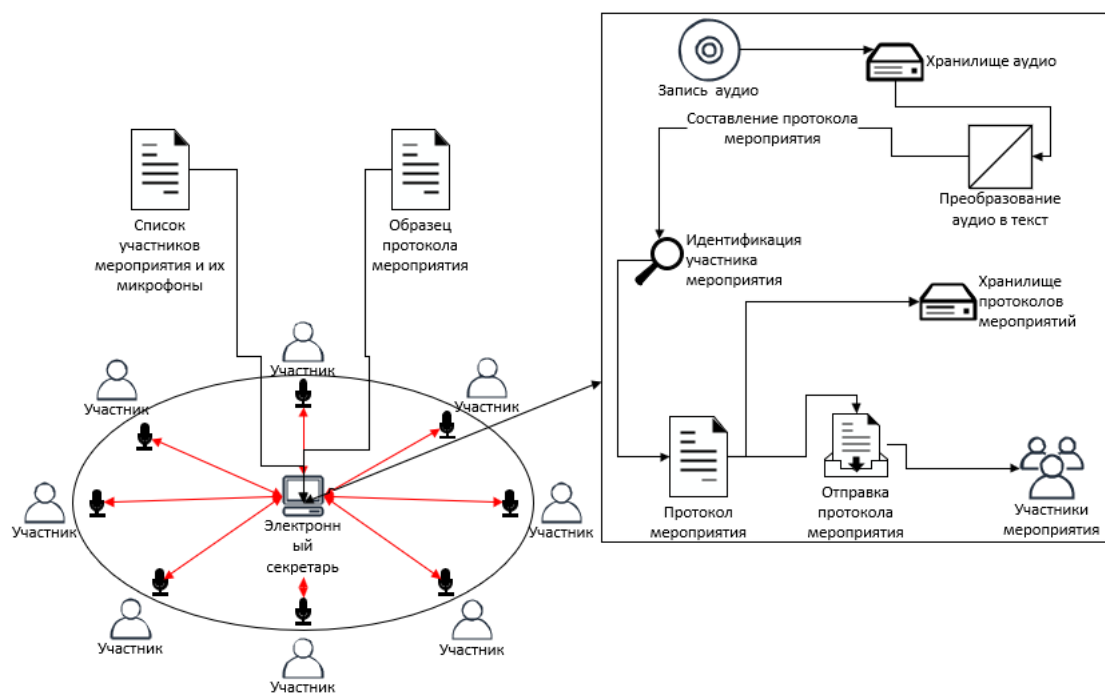


Рис. 1. Мнемосхема

На рис. 1 представлена мнемосхема работы электронного секретаря. Данная мнемосхема показывает, как будет работать ЭС во время мероприятия. Перед началом совещания идет загрузка данных в программу ЭС, участников (ФИО, должность) и номер микрофона за которым он будет сидеть. Во время мероприятия ЭС идентифицирует участника по активному микрофону и ранее загруженному списку. ЭС записывает аудио и затем сохраняет в хранилище. Далее аудиозаписи участников преобразуются в текст по заранее загруженному образцу с метками времени и синхронизируются в общий протокол. Протокол сохраняется на сервере и отправляется участникам, либо отделам которые назначены исполнителями.

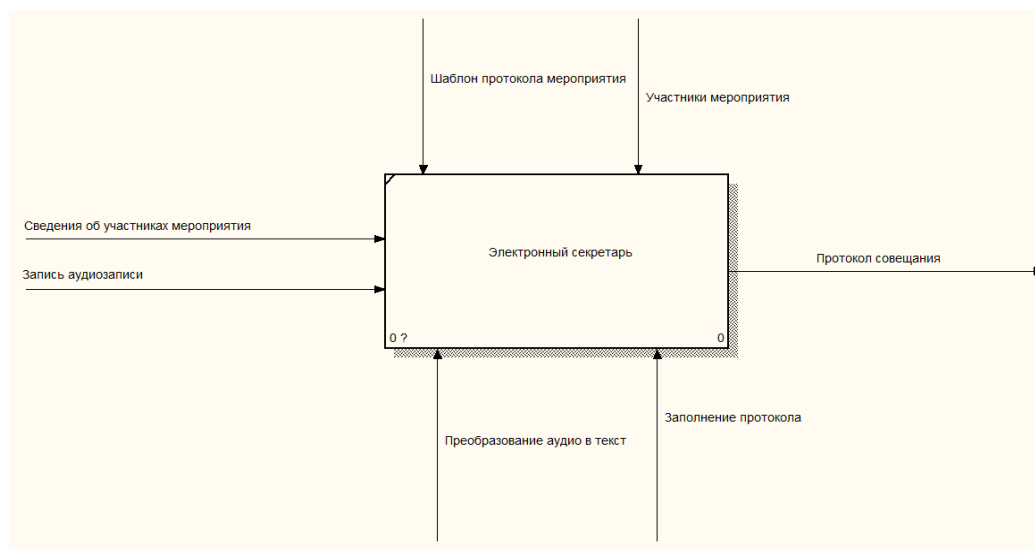


Рис. 2. Функциональная модель

На рис. 2 представлена функциональная модель разрабатываемой программы электронный секретарь. Функциональная модель разработана на основе технологии IDEF0, декомпозиция первого уровня выполнена в виде диаграммы DFD.

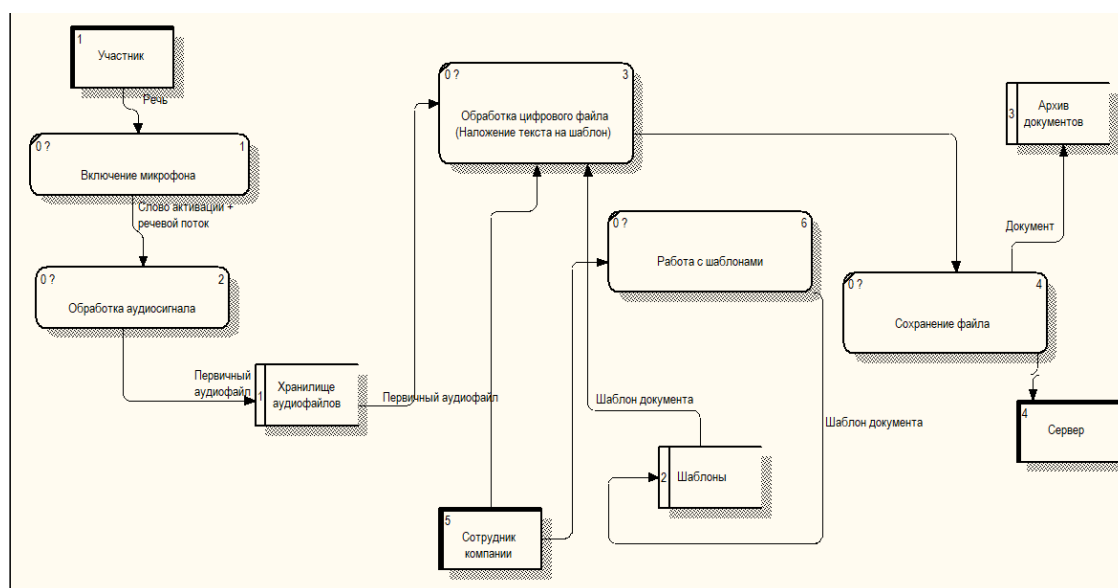


Рис. 3. Декомпозиция функциональной модели

Основными подпроцессами являются – Обработка аудиосигнала, обработка цифрового файла, работа с шаблонами, сохранение файла.

В качестве средства реализации выбран язык программирования Python. При создании программы применены следующие библиотеки: `speech_recognition` (для преобразования аудио в текст и также для сохранения аудиозаписи), `Pyaudio` (запись звука с микрофонов), `docxtr1` (для заполнения протокола в формате Word), `smtplib` и `email` (библиотека для отправки письма через программный код), `Vosk` (для идентификации голосовых команд и активации программы).

Ниже представлены фрагменты программного кода тестового образца ЭС: рис. 4 – распознавание голосовой команды, рис. 5 – рассылка протокола совещания на электронную почту участников, рис. 6 – выбор участников совещания для отправки протокола, рис. 7 – формирование аудиозаписи и преобразование аудио в текст.

```

import vosk, queue, sounddevice, json
import simpleaudio
from details.dict_command import new_dictionary

q = queue.Queue()
model = vosk.Model('models/vosk_model_small')
device = sounddevice.default.device
samplerate = int(sounddevice.query_devices(device[0], 'input')['default_samplerate'])

def microphone():
    with sounddevice.RawInputStream(samplerate=samplerate, blocksize = 8000, device=device,
        dtype="int16", channels=1, callback=callback):
        rec = vosk.KaldiRecognizer(model, samplerate)
        while True:
            print('Слушаю...')
            data = q.get()
            if rec.AcceptWaveform(data):
                query = json.loads(rec.Result())['text']
                print(query)
                if not 'аврора' in query.split(): continue
                else:
                    phrase = list(query.split())
                    phrase.pop(0); print(phrase)
                    search_commands(phrase)

def callback(indata, frames, time, status):
    q.put(bytes(indata))

```

Рис. 4. Активация ЭС

```

# Формирование документов
def meeting_document():
    if 'rema' in write_speech().split():
        themes = list(write_speech().split())
        themes.pop(0)
    if write_speech() != '':
        text = list(write_speech().split())
        document = docxtpl.DocxTemplate('templates/Образец.docx')
        context = {'Тема совещания': themes,
            'Совещание': text}
        document.render(context)
        document.save(f'recognition/Совещание {datetime.datetime.now():%d.%m.%y}.docx')

# Рассылка письма
def mailing(mail):
    file_path = r"C:\Users\tmura\VSCode\voice_assistant_company\templates\Приказ_о_направлении_работника_в_командировку.docx"
    basename = os.path.basename(file_path)
    msg = MIMEMultipart()
    msg['From'] = 'ardor.artem@yandex.ru'
    msg['Subject'] = basename.split('.')[0]
    msg.attach(MIMEText('Вложенный документ'))

    email.encoders.encode_base64(part)
    part = MIMEBase('application', 'octet-stream')
    part.set_payload(open(file_path, "rb").read())
    email.encoders.encode_base64(part)
    part.add_header('Content-Disposition', f"attachment; filename= '{basename}'")
    msg.attach(part)
    password = 'lmggrafjjmyehvge'

    for val in mail:
        connect = smtplib.SMTP_SSL('smtp.yandex.ru')
        connect.login(msg['From'], password)
        connect.auth_plain()
        connect.sendmail(msg['From'], val, msg.as_string().encode('utf-8'))
        connect.quit()

```

Рис. 5. Отправка протокола

```

# Отправка документов всем
def send_all():
    mail = []
    for key, val in dict_mail.mail.items():
        mail.append(val)
    mailing(mail)

# Отправка документов заказчику
def send_customer():
    mail = []
    for key, val in dict_mail.items():
        if key == 'заказчику':
            mail.append(val)
    mailing(mail)

# Отправка документов работникам
def send_employee():
    mail = []
    for key, val in dict_mail.items():
        if key == 'работникам':
            mail.append(val)
    mailing(mail)

# Отправка документов отделу
def send_department():
    mail = []
    for key, val in dict_mail.items():
        if key == 'отделу':
            mail.append(val)
    mailing(mail)

```

Рис. 6. Получатель протокола

```

# Запись речи
def write_speech():
    recognizer = speech_recognition.Recognizer()
    microphone = speech_recognition.Microphone()
    while True:
        with microphone:
            recognizer_text = ''
            recognizer.adjust_for_ambient_noise(microphone, duration=3)
            try:
                print('listening')
                audio = recognizer.listen(microphone, 0, 0)
            except speech_recognition.WaitTimeoutError:
                print('')
            try:
                recognizer_text = recognizer.recognize_google(audio, Language='Ru-ru')
                print(recognizer_text)
                if recognizer_text == '':
                    break
            except speech_recognition.UnknownValueError:
                pass
            except speech_recognition.RequestError:
                print('Проблемы с интернетом')
    return recognizer_text

```

Рис. 7. Запись речи участников

Заключение

Сформулирована постановка задачи для проведения совещаний компании с применением технологии электронного секретаря. Разработана функциональная модель основного процесса на основе технологии IDEF0/DFD. Разработаны ряд модулей для реализации функций предлагаемой программы.

Библиографический список

1. VOSK Offline Speech Recognition API, URL: <https://alphacephei.com/vosk/> (дата обращения 10.11.24).
2. GitHub python VOSK, URL: <https://github.com/alphacep/vosk-api> (дата обращения 10.11.24).
3. Воробьев А.В. Цифровые технологии и искусственный интеллект в организационно-технических системах: монография / А.В. Воробьев [и др.]. Уфа: РИЦ УУНиТ, 2024. 258 с.

© Мурашов А.И., 2025

М.Р. МУХАМЕТОВ

maratmunik@yandex.ru

Науч. руковод. – канд. физ.-мат. наук, доц. **Л.И. ШЕХТМАН**

Уфимский университет науки и технологий

ВЫБОР ПРОГРАММЫ ДЛЯ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ С ПОМОЩЬЮ ГРУППОВОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ

Аннотация: данная статья посвящена решению задачи выбора программы для 3D-моделирования. С целью оказания информационной поддержки лицу, принимающему решения, была создана компьютерная программа на языке C#, позволяющая собирать и обрабатывать результаты групповой экспертизы, проводимой с применением метода непосредственной оценки.

Ключевые слова: программа для 3D-моделирования, групповая экспертиза, метод непосредственной оценки.

Введение

3D-моделирование находит применение практически во многих сферах жизни – от архитектуры и дизайна до медицины и машиностроения [1]. В каждом конкретном случае есть свои требования к используемому программному обеспечению. Разработчику приходится выполнять анализ и делать выбор из множества альтернативных вариантов. В этом процессе можно применять экспертные методы [2]. Достоинством экспертных методов является возможность относительно быстро и просто получить ответ на интересующий вопрос. Недостатком является субъективность полученных суждений. В ответственных ситуациях для повышения объективности можно организовать групповую экспертизу.

Рассмотрим задачу виртуального музея авиационных двигателей. Важной составляющей решения задачи является выбор программы для 3D-моделирования. Предлагается применить групповую экспертизу методом непосредственной оценки.

Альтернативы

С целью создания качественных 3D-моделей необходимо подобрать такое программное обеспечение, которое бы позволило пользователю воссоздать задуманный объект в виртуальном пространстве с требуемой точностью.

Предварительно были отобраны следующие программы для 3D моделирования (альтернативы): Blender, Autodesk 3ds Max, Kompas 3D, Cinema 4D, Siemens NX.

Каждая из альтернатив имеет свои достоинства и недостатки. Предпочтения различных пользователей отличаются. Выбор в значительной степени определяется целью предстоящей работы.

Непосредственная оценка

Для решения задачи выбора было решено обратиться к методу непосредственной оценки.

Метод непосредственной оценки может применяться в разных вариантах. В данном случае он используется для оценивания сравнительной предпочтительности альтернатив. Задается балльная шкала и каждый из экспертов дает оценку каждой альтернативе.

Пусть m экспертов провели оценивание n альтернатив в баллах по заданной шкале от 0 до Max . Результаты оценивания представлены величинами x_{ij} , где i – номер эксперта, j – номер альтернативы.

С целью устранения проблемы соотнесения мнений различных экспертов выполняется нормирование оценок. Можно нормировать полученные балльные оценки путем деления каждой оценки на сумму всех оценок эксперта:

$$d_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{j=1}^n x_{ij}}; i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}. \quad (1)$$

Для выработки результирующего мнения группы экспертов вычисляются итоговые оценки альтернатив и по ним назначаются ранги. Итоговые оценки альтернатив рассчитываются на основе нормированных оценок:

$$W_j = \frac{\sum_{i=1}^m d_{ij}}{m}; j = \overline{1, n} \quad (2)$$

Окончательно альтернативы ранжируются по убыванию итоговых оценок.

С целью повышения удобства, надежности и качества сбора и анализа экспертных оценок была разработана программа на языке программирования С#. Обеспечена возможность ввести списки альтернатив и экспертов. Каждый эксперт имеет возможность ввести оценки альтернативам по заданной шкале. Программа рассчитывает нормированные оценки и итоговые оценки альтернатив. Все результаты, как промежуточные, так и итоговые, выводятся на экран. Пример работы программы приведен на рис. 1.

На практике в некоторых случаях возможно одноэтапное сравнение альтернатив методом непосредственной оценки и получение приемлемого результата. Например, если считать, что бюджет неограничен, опыт работы со всеми продуктами одинаковый и по всем другим возможным критериям альтернативы для лица, принимающего решение, равноценны, то можно осуществить сравнение только по качеству моделирования.

Более часто на практике встречается случай, когда необходимо применять многокритериальное оценивание. Однако метод

непосредственной оценки может помочь и здесь. При многокритериальном выборе от эксперта на отдельных этапах требуется сравнивать альтернативы по одному критерию. Тут можно применять метод непосредственной оценки, а для повышения надежности полученных оценок привлечь группу экспертов.

Преимуществом метода непосредственной оценки является возможность рассматривать каждую альтернативу в отдельности. Можно потратить время на ее изучение и дать оценку в баллах по выбранной шкале. Сравнение альтернатив в таком случае происходит на основе полученных балльных оценок.

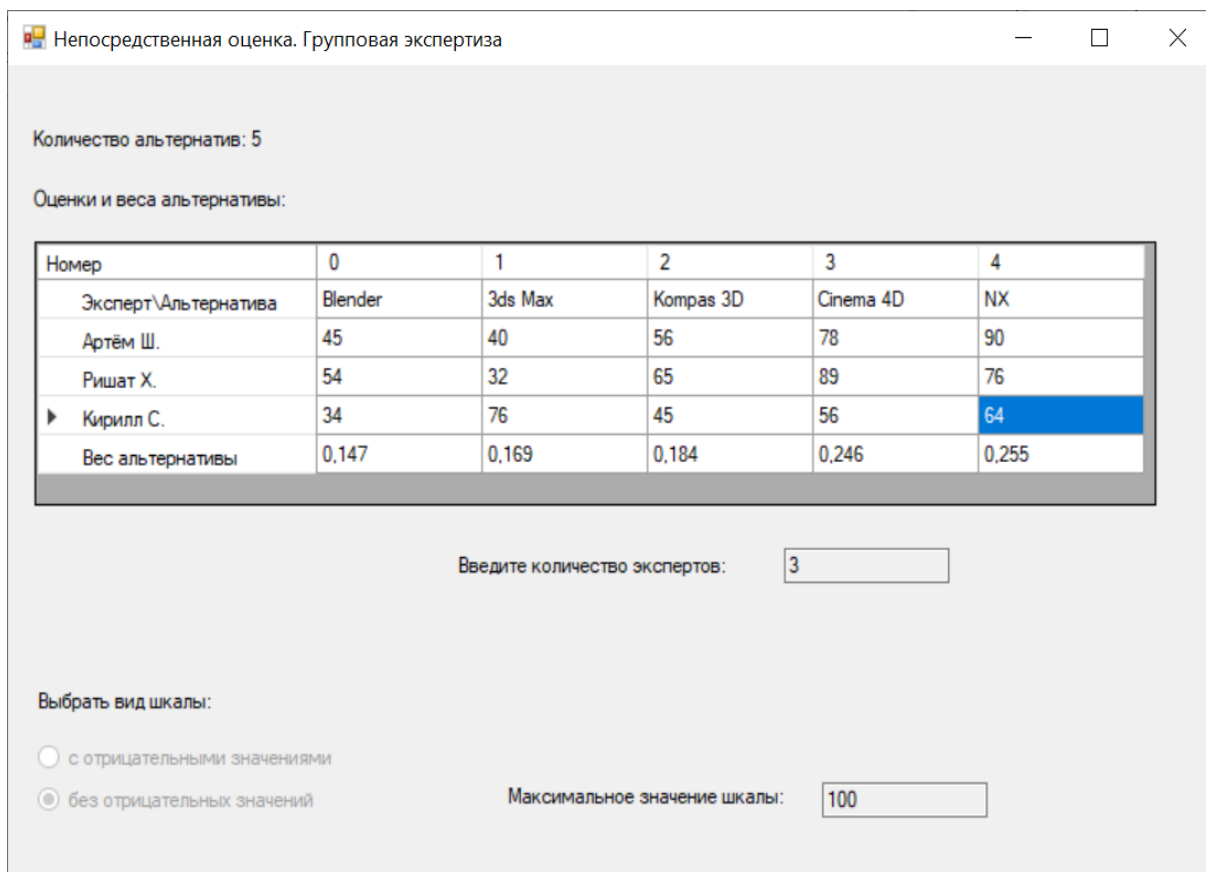


Рис. 1. Окно работы программы, с результатом групповой экспертизы

Из представленных альтернатив наибольшие оценки эксперты дали альтернативе «NX», чуть меньшие оценки получило программное обеспечение «Cinema 4D», наименьшие оценки получила альтернатива «Blender».

Заключение

Были рассмотрены различные программы для 3D-моделирования, для оценки и последующего выбора был выбран метод непосредственной оценки группой экспертов. Данный метод может применяться как самостоятельно, так и в качестве одного из этапов многокритериального оценивания – когда требуется получить оценки альтернатив по отдельным критериям от группы экспертов.

Библиографический список

1. Воробьев А.В. Цифровые технологии и искусственный интеллект в организационно-технических системах: монография / А.В. Воробьев [и др.]. Уфа: РИЦ УУНиТ, 2024. 258 с.
2. Шехтман Л.И., Бабилова В.Я. Многокритериальный выбор интернет-сервиса для разработки ЭОР // Мавлютовские чтения: материалы XVI Всероссийской молодежной научной конференции. Уфа, 2022. Т5, С. 1001–1007.

© Мухаметов М.Р., 2024

А.Е. СЕРГЕЕВА, Э.И. КАЛЬМЕТЬЕВ, Ш.М. МИНАСОВ

nasty.levina.0220@mail.ru, kalmetev.emil@yandex.ru, minasov@ufanet.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доцент **Ш.М. МИНАСОВ**

Уфимский университет науки и технологий

МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО МАРШРУТА ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ И РЕМОНТЕ ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ НА ОБЪЕКТАХ СЛОЖНОЙ ГЕОМЕТРИИ

Аннотация. Анализируются проблемы технического обслуживания и ремонта инженерных систем. Предлагаются решения повышения эффективности работы инженерно-технических служб при их техническом обслуживании и ремонте. Предложены модели и алгоритмы поиска и отображения неисправного оборудования на поэтажных планах здания и построения оптимального маршрута движения ИТР при техническом обслуживании и ремонте.

Ключевые слова: повышение эффективности труда; техническое обслуживание; инженерные системы; надежность и безопасность организационно-технических систем.

Введение

Физическая безопасность людей в помещениях зданий и сооружений обеспечивается исправным функционированием различных инженерных систем: пожарной сигнализации, систем оповещения о пожаре, пожаротушения, вентиляции, дымоудаления, управления эскалаторами, лифтами, аварийного освещения и т. д. Наиболее трудоемким является поддержание работоспособного состояния инженерных систем на объектах массового скопления людей, которые неспособны в случае критической ситуации найти правильное решение и быстро покинуть опасную зону. К таким объектам относятся спортивные сооружения, многоуровневые торговые центры, комплексы из множества связанных между собой зданий учебных заведений и т. д.

Сложная структура, протяженность и геометрия объектов обуславливает сложность организации инженерных систем, нетривиальные решения по количеству и перечню различного оборудования, мест его монтажа, неочевидное взаимовлияние систем друг на друга. Как следствие, все это ведет к трудностям обнаружения неисправностей для их оперативного устранения.

Актуальность проблемы

Высокая текучесть кадров среди специалистов инженерных служб, приводит к тому, что вновь принятым сотрудникам требуется значительное время для изучения инженерных систем, их структуры, мест расположения оборудования, и т.п. Многие организации предпочитают отдавать обслуживание систем на аутсорсинг. Персонал, принадлежащий сторонним организациям, не может знать об объекте больше, чем штатные сотрудники. А за все проблемы в любом случае будет отвечать владелец здания.

Кроме этого, в сложных организационно-технических системах часто происходят изменения, которые влекут собой изменения внутренней планировки зданий, что меняет структуру и геометрию расположения элементов технических систем.

Целью настоящей работы является повышение эффективности работы инженерно-технических служб путем применения геоинформационных технологий и базы пространственных данных о размещении компонентов инженерных систем для обеспечения быстрого обнаружения фактического местоположения оборудования и устранения неисправностей, а также эффективного планирования технического обслуживания инженерных систем.

Критерием эффективности в данном случае является время обнаружения неисправности в условиях нештатной ситуации и общее время технического обслуживания систем при проведении плановых работ.

Обзор существующих технологий

Способом снижения рисков аварий и катастроф является исправная работа систем, отвечающих за жизнь и безопасность технических объектов. Профилактикой возникновения нештатных ситуаций с оборудованием является его периодическое техническое обслуживание. Эффективность процесса поддержания оборудования в исправном и работоспособном состоянии на протяженных объектах сложной внутренней структуры можно повысить путем оптимизации маршрутов обхода сотрудниками инженерно-технических служб.

Решение задач навигации осуществляется разработкой решений с применением картографических сервисов [1] на основе карт Яндекс, Google Maps и т. п. Данные сервисы удобны разработчикам тем, что в них реализованы алгоритмы построения маршрутов по кратчайшему пути.

Однако, при глубоком анализе задачи выявлено, что данные сервисы лишь условно пригодны для решения данной задачи. Можно создать совокупность слоев для размещения условных изображений приборов, но полноценная интеграция указанных сервисов в приложение оказалась слишком трудоемкой, а в некоторых случаях и невозможной. Развитие современных средств виртуальной и дополненной реальности позволит ИТР быстрее перемещаться по маршруту по указателям, выводимым на

мобильное устройство путем наложения на картинку, получаемую в формате потокового видео.

Постановка задачи

Требуется разработать решение задачи построения оптимального маршрута перемещения ИТР в процессе периодического обслуживания инженерных систем в комплексах многоуровневых зданий сложной геометрии, оснащенных системой переходов, возможность перемещения по которым управляется совокупностью из множества алгоритмов, обрабатывающих определенную логику.

Так, например, в момент срабатывания пожарной сигнализации и запуске сценария эвакуации на объекте автоматически открываются все аварийные выходы, но в тоже время отключаются лифты, эскалаторы, система вентиляции, что должно быть учтено в разрабатываемом решении.

Так же при формировании маршрута требуется учесть, что ИТР имеет право проходить через двери, проход через которые другим посетителям и сотрудникам закрыт. При этом сотрудник, имеющий право проходить сквозь них, имеет электронный пропуск, который открывает только те двери, к которым ему предоставлен доступ.

Решение должно предусматривать рабочее места инженера, осуществляющего контроль над работой всей системы и приложение для ИТР, выполняющего задание по техническому обслуживанию одной из систем в виде программы для смартфона.

Математическая модель задачи поиска оптимальных маршрутов

Для решения задачи оптимизации маршрутов перемещения при техническом обслуживании инженерных систем решено использовать теорию графов и методы комбинаторной оптимизации [2].

Пусть объект представлен в виде взвешенного графа (1):

$$G = (V, E, d), \quad (1)$$

где V – множество вершин (узлов), соответствующих местам расположения оборудования, требующего обслуживания; E – множество ребер, представляющих возможные пути перемещения между узлами; d_{ij} – вес ребра (i,j) , соответствующий времени или расстоянию перемещения от узла i к узлу j .

Целевая функция для решения задачи обслуживания оборудования, формируется исходя из предположения, что ИТР за один выход на маршрут способен провести обслуживание более чем одного прибора за один рабочий день, тогда для повышения эффективности труда необходимо минимизировать затраты времени на перемещение между точками обслуживания, тогда математически это можно описать выражением (2):

$$\sum_{(i,j) \in E} (d_{ij} x_{ij}) \rightarrow \min, \quad (2)$$

где x_{ij} – бинарная переменная, принимающая значение 1, если путь из узла i в узел j включен в маршрут, и 0 в противном случае.

Укрупненный алгоритм планирования ТО представлен на рис. 1.

Отличием предлагаемого решения от существующих является то, что элементы матрицы d не являются статическим результатом расчета на этапе разработки решения. Значения элементов матриц могут значительно меняться в зависимости от решаемой задачи, обслуживаемой системы, текущего времени, графика работы персонала и других факторов.

Так, при проведении перепланировки или реконструкции части объекта, коридора или этажа доступность отдельных переходов, лестниц и путей эвакуации может оказаться недоступной. Для задачи экстренной эвакуации при этом достаточно лишь внести изменения в граф или матрицу весов, в то время как для запланированных работ «на будущее» результат расчета окажется неверным. Решение этой проблемы возможно по мере ее возникновения, путем оперативного перепланирования с учетом произошедших изменений.

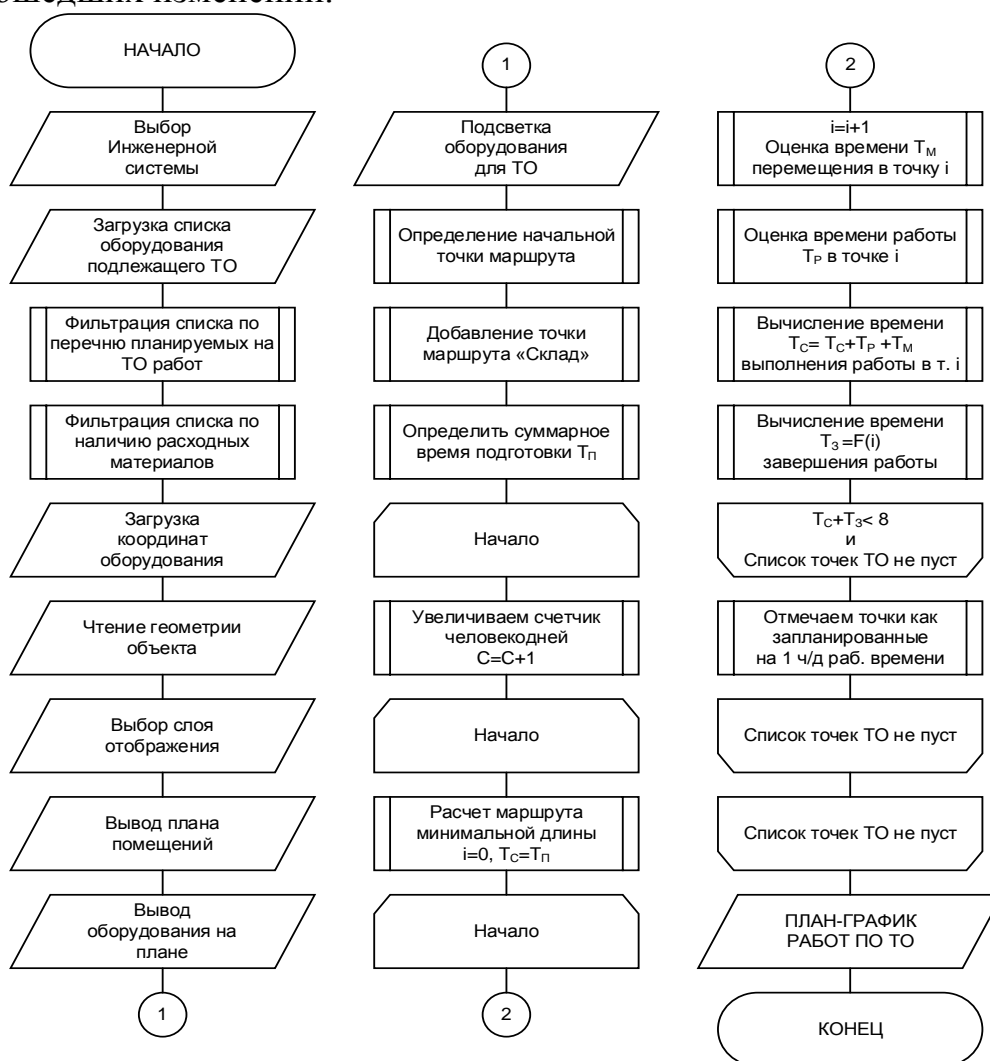


Рис. 1. Блок-схема алгоритма работы сервиса в режиме планирования работ по техническому обслуживанию оборудования инженерной системы

Для решения описанной задачи данные о геометрии и местах расположения оборудования в многоуровневых помещениях сложной геометрии решено использовать реляционную базу данных, фрагмент которой представлен на рис. 2.

На рис. 3, а, показана реализация системы навигации в торговом центре Планета, при этом существует возможность просматривать каждый из четырех уровней по отдельности. Точность навигации в ТЦ в силу неустойчивого приема сигнала GPS и ГЛОНАСС оставляет желать лучшего. Способ идентификация текущего местоположения изложен в [3].

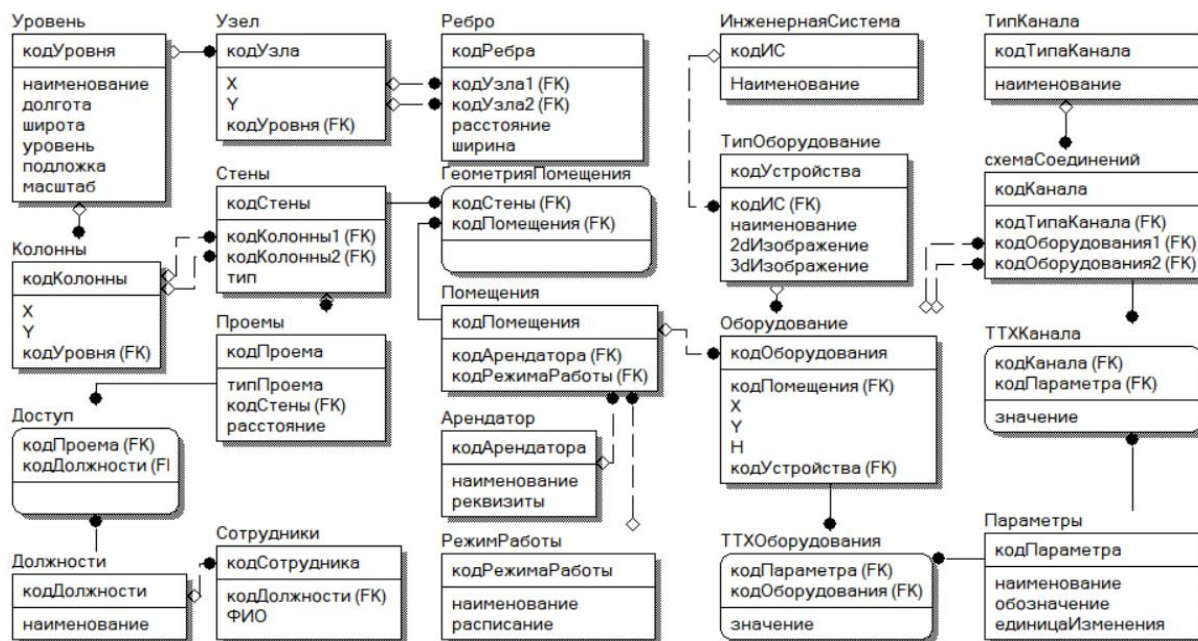


Рис. 2. Фрагмент базы данных

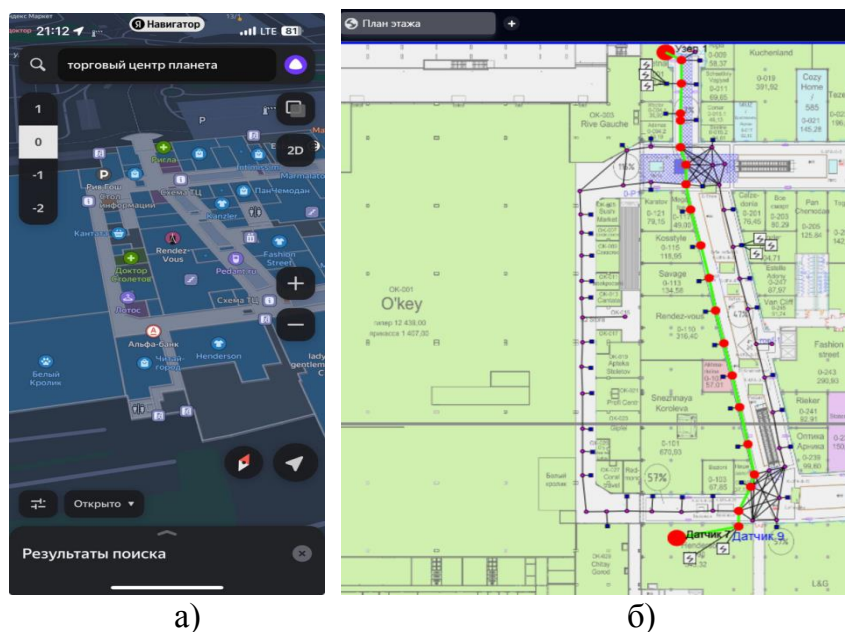


Рис. 3. Схема ТЦ «Планета»

а – схема ТЦ на Яндекс-Навигатор; б – разработанное приложение с построенным маршрутом обслуживания датчиков пожарной сигнализации

Экранная форма прототипа системы представлена на рис. 3, б, на котором показан граф и маршрут оптимального перемещения при обслуживании датчиков пожарной сигнализации (данные нанесены произвольно, информация о фактическом месте расположения оборудования инженерных систем не подлежит распространению в открытых источниках информации).

Заключение

Разработанные модели и алгоритмы планирования работ по обслуживанию инженерных систем с применением алгоритмов поиска оптимальных маршрутов на объектах сложной геометрии представляют собой эффективный инструмент для поддержания на требуемом уровне безопасности эксплуатации таких объектов. Хранение данных о расположении и техническом состоянии оборудования, особенностях доступа и ограничениях, а также учет изменений в работе объектов в режиме реального времени [4] и его элементов, влияющих на возможность прохождения по заданному маршруту и факторов, влияющих на его выбор, позволяет минимизировать затраты времени и других не менее ценных ресурсов при обслуживании.

Применение данного результата не ограничивается торгово-развлекательными центрами, предприятиями, учреждениями образования и прочими геометрически сложными объектами. В условиях высокой текучести кадров и использования аутсорсинга даже в геометрически простых помещениях бывает сложно найти и идентифицировать оборудование, сроки его эксплуатации, исправное и работоспособное состояние, соответственно наличие такой системы актуально и для самых простых систем, в которых присутствует оборудование, которое надо периодически обслуживать.

Библиографический список

1. Современные возможности и преимущества яндекс маршрутизации – обзор функций, инструменты для оптимизации путешествий и экономии времени [Электронный ресурс] // Logists: [сайт]. URL: <https://logists.by/blog/sovremennye-vozmozhnosti-i-preimuschestva-yandeks-marshrutizatsii-obzor-funktsiy-instrumenty-dlya-optimizatsii-puteshestviy-i-ekonomii-vremeni> (дата обращения: 17.11.2024).

2. Близнякова Е.А. Сравнительный анализ методов поиска кратчайшего пути в графе / Е.А. Близнякова, А.А. Куликов, А.В. Куликов. DOI: 10.31660/2782-232X-2022-1-80-87. Текст: непосредственный // Архитектура, строительство, транспорт. 2022. № 1 (99). С. 80–87.

3. Мустаев Л.М., Минасов Ш.М. Модели и алгоритмы ориентации в закрытых пространствах в условиях неустойчивого сигнала систем глобального позиционирования // Невский форум молодежных исследований. СПб., 2024. С. 51–57.

4. Ми́насов Ш.М. Обработка информации в системах реального времени: учебное пособие. Уфа: Уфимский гос. авиационный технический ун-т, 2008. 258 с. ISBN 978-5-86911-886-8. EDN QMTRCD.

© Сергеева А.Е., Кальметьев Э.И., Ми́насов Ш.М., 2024

Д.В. ВАГАНОВА, П.К. СЕРЕБРЯКОВ, А.С. КОВТУНЕНКО

dfalshunova@mail.ru, cspk@list.ru, askovtunenکو@ugatu.su

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доцент **А.С. КОВТУНЕНКО**

Уфимский университет науки и технологий

АГЕНТНЫЙ ПОДХОД В ПРОМЕЖУТОЧНОМ ПО ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПОТОКОВЫХ ДАННЫХ В КИБЕРФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Аннотация: в работе рассматривается проблема организации программного обеспечения в киберфизических системах (КФС). Предлагается концепция, согласно которой основными вычислительными процессами в КФС являются получение и обработка потоковых данных (streaming data). Предложена математическая модель распределенной обработки потоковых данных в КФС, которая отражает основные требования к программному обеспечению: гибкость и живучесть. Предложенная модель реализована в виде программной архитектуры, позволяющей существенно повысить эффективность жизненного цикла программного обеспечения для КФС.

Ключевые слова: потоковые данные, агентный подход, киберфизические системы.

Концепция обработки данных в киберфизических системах

Под киберфизической системой традиционно понимается информационно-технологическая концепция, подразумевающая интеграцию вычислительных ресурсов в физические сущности любого вида, включая биологические и рукотворные объекты. Таким образом, подход к рассмотрению обработки данных в распределенных киберфизических системах должен быть гибким, подразумевать открытость для интеграции различных архитектур между собой.

Применительно к киберфизическим системам данные можно разделить на два типа по специфике их хранения и обработки: потоковые и событийные данные [Goti, 2010].

Событийные данные несут преимущественно информацию о наступивших в физической среде событиях, фактом наступления которых нельзя пренебречь. Такие данные чаще всего представляют собой логический индикатор (флаг события), который вместе с отметкой времени обрабатывается системой, причем эффективность обработки однозначно зависит от факта обработки каждого события, поскольку, если информация о событии будет в процессе обработки по каким-то причинам утеряна, система не выполнит одну из своих функций [Fersha, 1996].

Потоковые данные, в свою очередь, несут информацию о состоянии некоторого физического явления или процесса и чаще всего представляют числовое значение какого-либо параметра (свойства) физической среды. Вместе с отметкой времени (момента регистрации значения на границе киберфизической системы) значение должно быть обработано системой за установленное время.

В контуре киберфизической системы происходит получение и преобразование разных типов данных между собой и друг в друга.

Существенная особенность современных подходов к построению программных средств для КФС заключается в том, что в качестве базового типа данных негласно подразумеваются события. Поэтому и инструментарий, и программные архитектуры, и промежуточное ПО является событийно- (или сообщение-) ориентированными. Все потоковые данные искусственно притягиваются к дискретно-событийной природе. То, что называется «потоками данных» и есть потоковые данные в синтетической форме. Это влечет за собой нерациональное использование ресурсов, усложнение программных систем для обеспечения устойчивости функционирования и прочие негативные эффекты, которых можно было бы избежать.

Представленный подход подразумевает рассмотрение в качестве базового типа потоковых данных, что наилучшим образом характеризует специфику обработки информации в киберфизических системах и при проектировании программного и алгоритмического обеспечения позволяет структурировать функционал системы.

Математическая модель обработки потоковых данных в распределенных киберфизических системах

Модель данных представляет собой множество атрибутов A и вычислительных процедур P , связанных между собой следующими отношениями.

- Отношение, которое задает какая вычислительная процедура рассчитывает значения каждого атрибута

$$C : A \rightarrow P,$$

$$C = \{(a, p) : a \text{ вычисляется процедурой } p; a \in A, p \in P\}, \quad (1)$$

так, что $C(a)$ – процедура, которая вычисляет значения атрибута a .

- Отношение, которое определяет, какие атрибуты используются для расчетов в каждой процедуре так, что $C \cap I = \emptyset$,

$$I : P \rightarrow A,$$

$$I = \{(p, a) : p \text{ использует } a; p \in P, a \in A\}, \quad (2)$$

так, что $I(p) \subseteq A$ – атрибуты, значения которых используются в расчетах в процедуре p .

В рамках настоящей модели рассмотрим вычислительные ресурсы только трех основных типов:

- оперативная память,
- производительность процессора,
- объем сетевого взаимодействия.

Применительно к модели данных ресурсоемкость задачи обработки потоковых данных может быть представлена следующими отношениями.

$$M: A \rightarrow \mathbf{N} \setminus \{0\}, \quad (3)$$

так, что $M(a)$ – объем памяти, необходимый для хранения одного значения атрибута a в байтах.

$$V: P \rightarrow \mathbf{N} \setminus \{0\}, \quad (4)$$

так, что $V(p)$ – вычислительный объем процедуры p в количестве операций с плавающей точкой.

$$T: P \rightarrow \mathbf{R}^+, \quad (5)$$

так, что $T(p)$ – установленный период повтора процедуры p в секундах.

Аппаратное обеспечение киберфизической системы в общем случае представляет собой гетерогенную вычислительную сеть с непредсказуемой загрузкой. Рассмотрим ее как совокупность вычислительных узлов, образующих полносвязную сеть, каждый из которых имеет запас вычислительных ресурсов.

Введем множество вычислительных узлов W на которых физически исполняются все вычислительные процедуры P , причем размещение процедур на узлах задается следующим отношением.

$$D = \{(p, w) : p \text{ исполняется на узле } w; p \in P, w \in W\} \quad (6)$$

так, что $D(p)$ – вычислительный узел, на котором физически исполняется процедура p .

Иными словами, вычислительные ресурсы узла $D(p)$ используются процедурой p для хранения атрибутов $C^{-1}(p)$, для проведения с периодичностью $T(p)$ расчетов по актуализации их значений, а также для получения значений атрибутов $I(p)$, которые возможно расположены физически на других узлах.

Таким образом, ресурсная модель вычислительной сети определяется следующим образом.

$$\begin{aligned} \forall w \in W, \\ S_{MEM} : W \rightarrow \mathbf{N}; \\ S_{CPU} : W \rightarrow \mathbf{R}; \\ S_{NET} : W \rightarrow \mathbf{R}; \end{aligned} \quad (7)$$

так, что: $S_{MEM}(w)$ – количество доступной оперативной памяти на узле w , байт; $S_{CPU}(w)$ – максимально достижимая производительность на узле w , флопс; $S_{NET}(w)$ – максимально достижимая скорость получения данных по сетевому интерфейсу для входящего трафика, байт/секунду.

Используя предложенную математическую модель, возможно сформулировать критерий реализуемости поставленной задачи обработки потоковых данных на базе существующей вычислительной сети киберфизической системы.

Поскольку размещение процедур по вычислительным узлам определяется отношением D , размещение считается допустимым, а задача обработки потоковых данных реализуемой, в том случае, если вычислительные узлы имеют достаточно ресурсов для проведения расчетов с заданной периодичностью.

Для этого необходимо, чтобы $\forall w \in W$ выполнялись все нижеперечисленные неравенства.

$$\begin{aligned} \sum_{\forall a \in (D^{-1} \circ C^{-1})(w)} M(a) &< S_{MEM}(w), \\ \sum_{\forall p \in D^{-1}(w)} \frac{V(p)}{T(p)} &< S_{CPU}(w) \\ \sum_{\forall p \in D^{-1}(w)} \frac{\sum_{\forall a \in I(p) \setminus (D^{-1} \circ C^{-1})(w)} M(a)}{T(p)} &< S_{NET}(w) \end{aligned} \quad (8)$$

Предложенный подход позволяет гибко создавать математические модели различных типов вычислительных сетей и задач обработки данных, так и формулировать разнообразные задачи управления ресурсами киберфизической системы [Ковтуненко, Тимиров, Валеев, 2018].

Обобщенная архитектура программного обеспечения киберфизической системы

В работе предлагается рассматривать подсистему обработки данных киберфизической системы как совокупность следующих элементов:

- Гетерогенная полносвязная вычислительная сеть
- Общее базовое ПО на всех узлах сети
- Общее хранилище программных компонент КФС
- Распределенная среда выполнения (runtime)
- ПО КФС – выполняющиеся и взаимодействующие компоненты

Данная архитектура позволяет повысить гибкость создаваемых программных систем за счет достаточно простой реконфигурируемости, а также повысить эффективность жизненного цикла программного обеспечения КФС за счет разделения реализации алгоритмов и концептуального проектирования.

Программная архитектура организации обработки потоковых данных в распределенных КФС

Одним из самых значимых требований к программному обеспечению КФС является на наш взгляд требование функциональной устойчивости [Ankica Barisic, Jácome Cunha, Ivan Ruchkin, Ana Moreira, João Araújo, et al.. Modelling Sustainability in Cyber-Physical Systems: A Systematic Mapping

Study. 2022. fahal-03616678f] или иначе функциональной безопасности [Gvozdev V.E., Bezhaeva O.Ya. The studies of strategies for ensuring the functional safety of hardware and software complexes based on system archetypes and architecture models // Proceedings of the International Conference on Electrotechnical Complexes and Systems, ICOECS (Ufa, Russia, November 2021). 2021. Publisher: IEEE. P. 171–175.]. Обобщенно функциональную устойчивость программной системы можно определить как способность обеспечивать выполнение функций максимально длительное время. На это оказывает влияние множество разнообразных факторов, характеризующих систему, однако традиционно рассматривается два подхода к пониманию функциональной устойчивости: отказоустойчивость и живучесть.

Под обеспечением отказоустойчивости системы будем понимать комплекс мероприятий, направленный на сохранение полного функционала системы в условиях возникновения нештатных ситуаций. Иными словами, система должна максимально долго сохранять возможность выполнять все свои функции (рис. 1, а). С другой стороны, свойство живучести программной системы подразумевает сохранение ограниченного функционала системы в условиях отказа отдельных компонентов (рис. 1, б). Обеспечение живучести системы подразумевает использование в качестве базы для проектирования функционально слабосвязанных программных компонент.

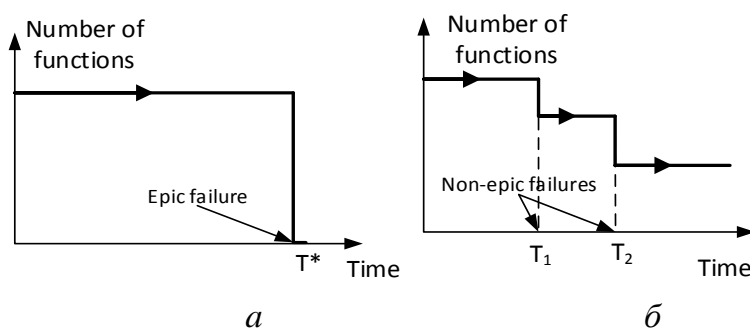


Рис. 1. К понятию отказоустойчивости

Очевидно, что живучесть программной системы для функционирования КФС играет более важное значение. В настоящее время наиболее точно отвечающей принципам построения живучих систем является концепция агентно-ориентированного подхода.

Как развитие обобщенной архитектуры в настоящей работе предложена также программная архитектура систем распределенной обработки потоковых данных в киберфизических системах. Она относится к одноранговым и реализует основные принципы агентно-ориентированного подхода к построению программного обеспечения [Kovtunenکو, Bilyalov, Valeev, 2018].

В рамках предлагаемой агенто-ориентированной программной архитектуры программная система рассматривается как совокупность автономных программных компонент, взаимодействующих между собой в едином пространстве имен в режиме максимально приближенном к реальному времени (рис. 2).

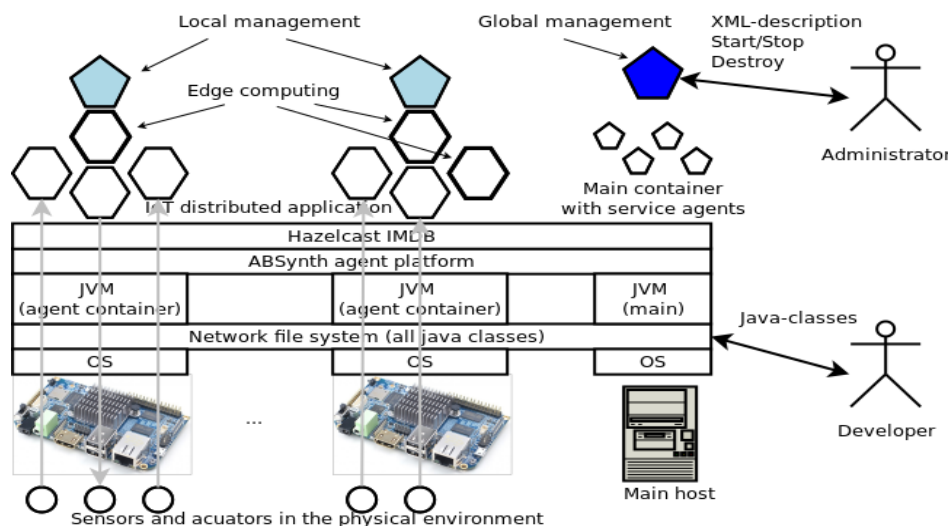


Рис. 2. Агентно-ориентированная программная архитектура распределенной обработки потоковых данных

Кроме изображенных элементов программная архитектура включает ряд алгоритмических разработок по управлению ресурсами гетерогенных вычислительных сетей [Kovtunenکو, Timirov, Bilyalov, 2019]. Рассмотрение их выходит за рамки данной работы.

ABSynth: агентно-ориентированный фреймворк для обработки распределенных данных

Предложенная агентно-ориентированная программная архитектура распределенной обработки потоковых данных реализована на языке Java в виде агентно-ориентированного фреймворка ABSynth, функционал которого непрерывно расширяется и дорабатывается. В настоящее время он включает в себя два крупных пакета.

Пакет «платформа» включает запускаемую компоненту-движок – класс `absynth.Platform`, каждый запущенный экземпляр которого по сути является агентным контейнером. Поскольку фреймворк ABSynth в свою очередь использует функционал более глобального фреймворка JADE, обязательным является запуск в первую очередь главного контейнера, который содержит ряд специализированных служебных агентов, обеспечивающих функционирование агентной платформы. При запуске остальных – периферийных – контейнеров обязательным является указание в параметрах запуска ip-адреса главного контейнера. Также в данном пакете описаны основные типы агентов:

- Главный менеджер – присутствует в единственном экземпляре на главном контейнере и осуществляет создание и запуск всей

распределенной программной системы обработки потоковых данных. Выполняет парсинг SDP SDL файлов.

- Периферийный менеджер – создается в единственном экземпляре на каждом периферийном контейнере в момент его запуска, осуществляет ретрансляцию служебных команд (например, запуска выполнения, перемещения или уничтожения) целевым агентам своего контейнера, а также осуществляет мониторинг ресурсов своего вычислительного узла. Кроме того, реализует интерфейс IMDB Hazelcast, который используется для хранения и передачи атрибутов, который предоставляет своим целевым агентам.

- Целевой агент – путем реализации полиморфизма может быть сконфигурирован для решения задачи любой вычислительной процедуры p модели обработки потоковых данных. Через интерфейс менеджера своего узла имеет доступ в IMDB, где может получать значения любых атрибутов.

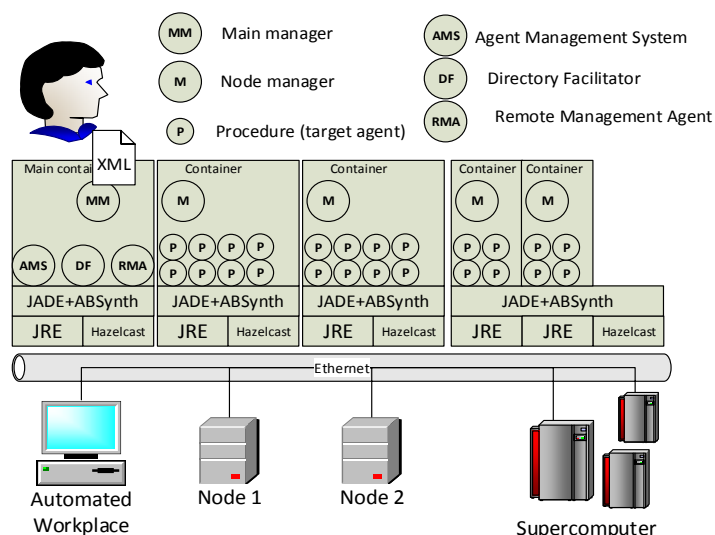


Рис. 3. Распределенная структура платформы

Вторым большим пакетом в составе фреймворка является пакет «библиотека», который включает в себя классы-наследники класса «целевой агент». Они реализуют различный функционал общего назначения – подпакет «common», а также специализированного – подпакет «model».

В целом фреймворк ASBynth является законченным программным продуктом, который может быть использован для организации программного слоя обработки данных в киберфизических системах, при полунатурном моделировании или прототипировании [Kovtunenکو, Klimova, 2019].

Библиографический список

1. Bartlang, Udo. Architecture and Methods for Flexible Content Management in Peer-to-Peer Systems. «Vieweg+Teubner Research», GWV Fachverlage GmbH. Wiesbaden. 218 p. 2010.
2. Ferscha A. Parallel and Distributed Simulation of Discrete Event Systems. Parallel and Distributed Computing Handbook. McGraw-Hill. 1996.
3. Goti, Aitor, edited by. Discrete Event Simulations. SCIYO, Rijeka, Croatia, 2010.
4. Kwok, Yu-Kwong Ricky. Peer-to-Peer Computing: Applications, Architecture, Protocols, and Challenges / Chapman & Hall. CRC Computational Science Series. Taylor & Francis Group, LLC, 2012.
5. Kovtunenکو A., Klimova A. Agent-based distributed system for the realtime data-driven simulation of complex dynamic systems. Proceedings of the 11th International Congress on Ultra Modern Telecommunications and Control Systems and Workshops (ICUMT), Dublin, 2019.
6. Kovtunenکو A., Timirov M., Bilyalov A. Multi-agent Approach to Computational Resource Allocation in Edge Computing. Internet of Things, Smart Spaces, and Next Generation Networks and Systems, Lecture Notes in Computer Science, Springer, 2019.
7. Kovtunenکو A., Bilyalov A., Valees S. Distributed Streaming Data Processing in IoT Systems Using Multi-agent Software Architecture. Internet of Things, Smart Spaces, and Next Generation Networks and Systems, Lecture Notes in Computer Science, Springer, 2018.

© Ваганова Д.В., Серебряков П.К., Ковтуненко А.С., 2024

К.К. СИЛИН

kirill.silin@list.ru

Науч. руковод. – канд. физ.-мат. наук, доц. **Л.И. ШЕХТМАН**

Уфимский университет науки и технологий

ОБЗОР ИНСТРУМЕНТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПРИ ОБУЧЕНИИ ИНЖЕНЕРА-СИСТЕМОТЕХНИКА

Аннотация: в данной статье рассматриваются основные подходы к моделированию организационно-технических систем (ОТС) и примеры программных инструментов, используемых в этой области.

Ключевые слова: цифровые технологии, моделирование, организационно-техническая система.

1. Задачи и методы моделирования ОТС

В современных реалиях цифровая трансформация затрагивает почти все области деятельности, включая управление и совершенствование организационно-технических систем. ОТС представляет собой человеко-машинную систему, где организационная подсистема (персонал) и техническая подсистема (оборудование, инженерные сети и другие элементы) работают совместно для достижения заданных целей [1]. Современные цифровые технологии предоставляют возможность моделирования таких систем, что способствует их анализу, оптимизации и прогнозированию последствий от внедрения различных изменений.

Ключевые задачи моделирования ОТС состоят в анализе текущих процессов и выявлении их узких мест, оптимизации ресурсного использования, повышении производительности и эффективности, оценке рисков, прогнозировании последствий изменений и поддержке управленческих решений.

Для эффективного решения этих задач необходимо применять специализированные цифровые технологии, обеспечивающие комплексный подход к изучению организационных и технических аспектов работы системы [2].

Методы и подходы к моделированию ОТС классифицируются по категориям в зависимости от поставленных задач и степени детализации модели. Далее приведем некоторые из них.

Компьютерное моделирование ориентировано на исследование моделей с помощью компьютера.

Имитационное моделирование дает возможность изучать динамику поведения системы во времени и оценивать воздействие различных факторов на конечный результат.

Динамическое моделирование представляет взаимосвязи и развитие процессов во времени через системы уравнений.

Системное моделирование фокусируется на анализе структуры системы и установлении взаимосвязей между ее компонентами.

Агентное моделирование основывается на взаимодействии отдельных агентов, что позволяет изучать поведение системы на микроуровне.

2. Инструменты моделирования ОТС

В качестве инструментов имитационного моделирования можно выделить AnyLogic и Matlab Simulink. В вопросе стоимости AnyLogic выигрывает, так как является бесплатным продуктом. Его можно использовать при изучении дисциплины «Моделирование и управление специальными цепями поставок» при решении задачи о нахождении кратчайшего маршрута (задача коммивояжера). Функционал программы позволяет подключить ГИС-карту. Рис. 1 демонстрирует данную функцию. Эта функция позволяет создать модель процесса, максимально приближенную к реальным условиям доставки [3].

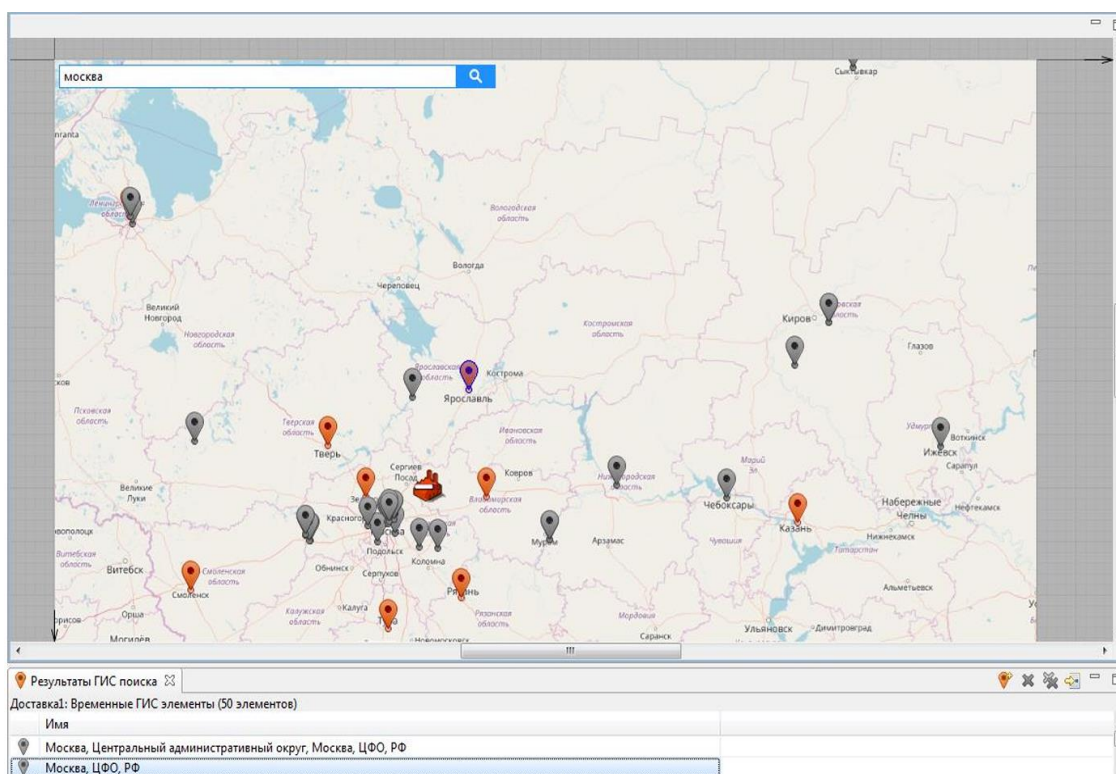


Рис. 1. Подключенная ГИС-карта в AnyLogic

Для решения задачи требуется подготовить все необходимые данные, включая добавление точек городов-заказчиков и одной точки отправителя. Для агента «Производство» определяется логика выполнения заказов. Рис. 2 представляет окно редактирования данного агента, где применяются блоки библиотеки моделирования процессов. Началом процесса служит блок «Enter», в который поступают заказы. После поступления на производство заказ помещается в очередь, ожидая доступности ресурсов, в данном случае фуры. После «захвата ресурсов» следует выполнить погрузку и направить фуру к заказчику. Затем необходимо выбрать блок «delay», который будет использоваться для моделирования процесса «погрузка». Время погрузки задается с помощью равномерного распределения в пределах от двух до трех часов: *uniform* (2, 3) [3].

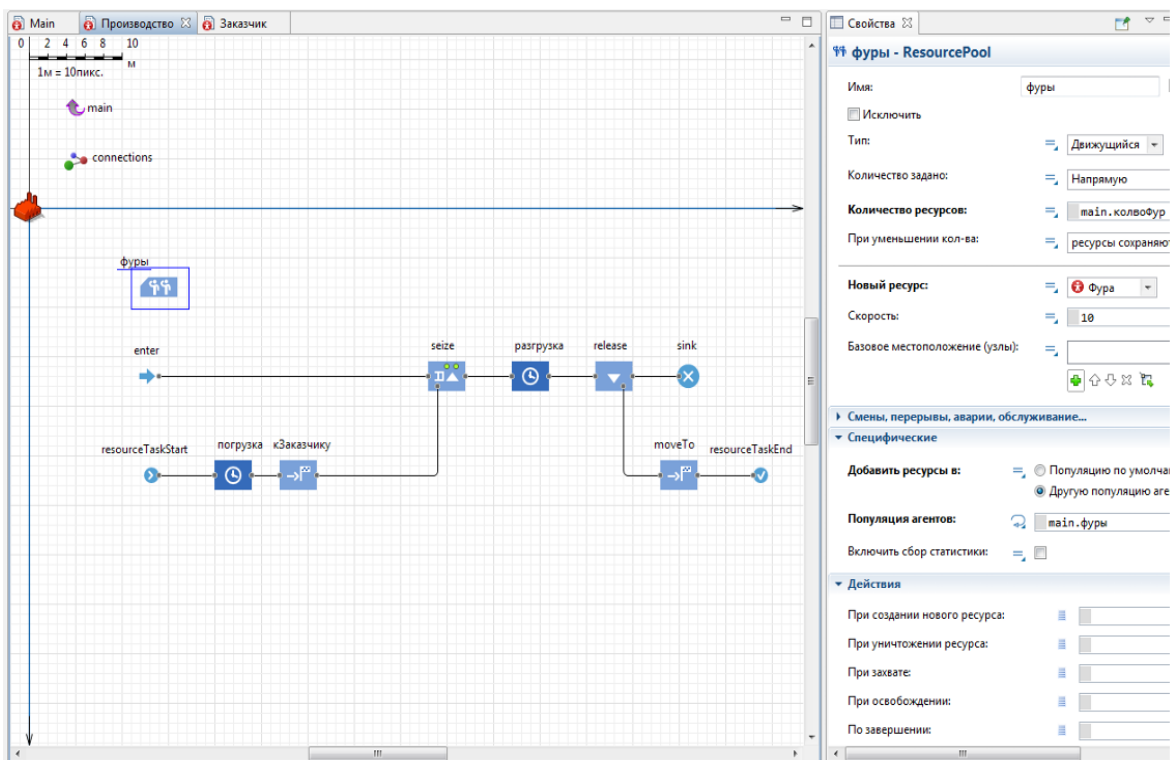


Рис. 2. Задание логики обработки заказов

Чтобы оптимизировать количество грузовиков, необходимо создать эксперимент «Оптимизация» и установить соответствующие свойства. В свойствах задаются значения количества фур, а в качестве целевой функции используется средняя загрузка всех фур, которую необходимо максимизировать. По результатам этого эксперимента можно сделать вывод, что для эффективного использования в процессе доставки требуется 4 фуры, при этом загрузка ресурсов составляет около 74 % [3]. Рис. 3 представляет собой окно с выведенным результатом оптимизации ресурсов.

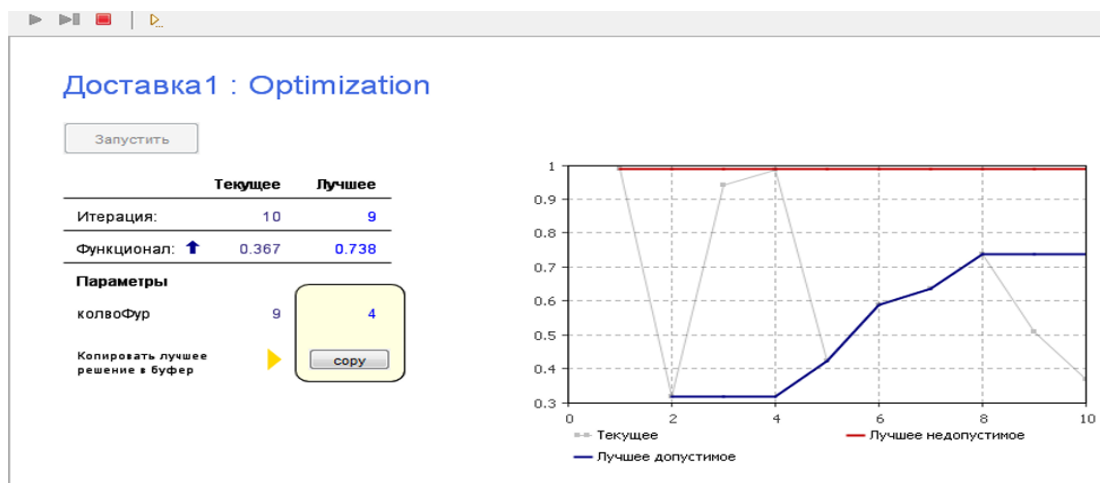


Рис. 3. Результат оптимизации

Игровой движок Construct 3 с минимальными системными требованиями к компьютеру можно использовать при изучении дисциплины «Моделирование физических и технических процессов в ОТС». Данный инструмент позволяет смоделировать движение тел по заданным законам, в том числе, движение тела под углом к горизонту. Объекты исследуемой системы можно представить в виде специального плагина «Спрайт».

Для осуществления связи с пользователем движок предлагает стандартный набор пользовательских элементов: текстовые надписи, поле ввода текста и кнопки.

Помимо этого, можно задавать несколько слоев макета. Это удобно, когда в определенный момент необходимо вывести на экран элементы только определенного макета, а другой макет должен быть заблокирован и находиться позади, например, для вывода окна с ошибкой. Рис. 4 представляет окно макета в режиме редактирования.

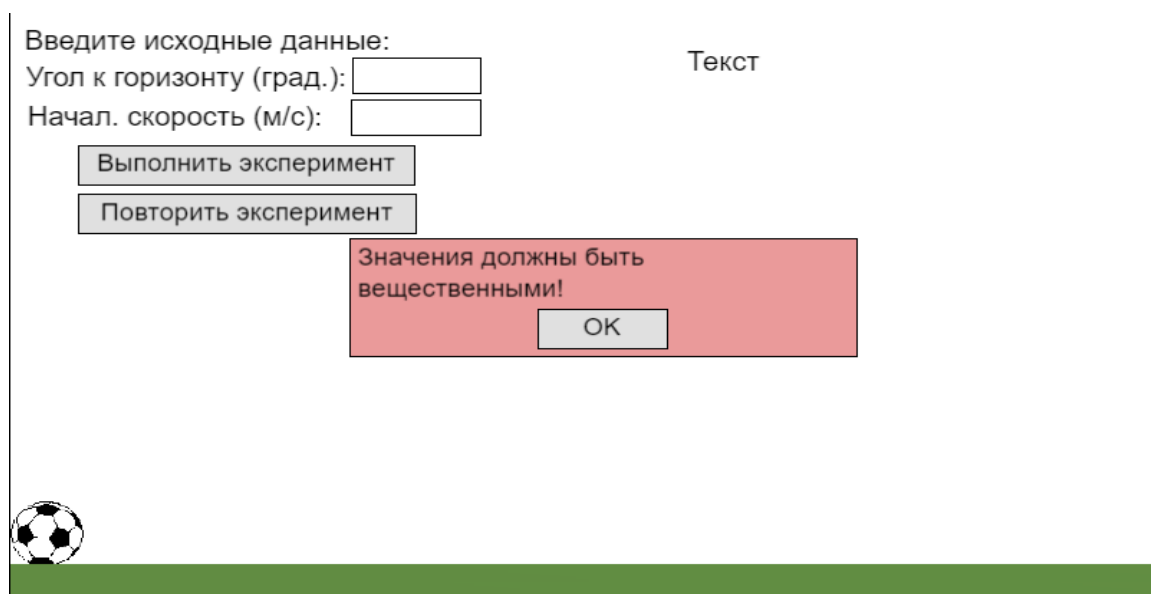


Рис. 4. Окно макета в режиме редактирования

Логика эксперимента задается в разделе «Список событий». Здесь, как в языках программирования, имеется возможность объявлять переменные, присваивать им значения, проверять условия на истину или ложь, обрабатывать события нажатия пользователем на кнопки и т. д. Особый интерес представляет возможность применять к объектам физические воздействия в виде сил, импульсов. Для задачи моделирования движения тела под углом к горизонту в блоке «Физика» необходимо задать силу, приложенную к телу, и угол к горизонту, под которым приложена эта сила, также необходимо указать точку приложения силы. Рис. 5 представляет окно «Список событий» с логикой разработанной модели движения тела.

Связь нескольких логических выражений в одном условии можно задавать с помощью различных комбинаций операторов И и ИЛИ, что актуально для разработки моделей со сложной логикой.

→ мяч	При столкновении с опора	⚙ Система	Установить S значение $\text{Круглый}(V_0^2 \times \sin(2 \times \alpha) + 9.81 \times 100) + 100$
⚙ Система	Время > 1.0 секунд	🗨 Текст	Установить текст на "Пройденный путь: "&S&" м."
		🔍 Повтор...	Установить видимость: Видимый
		Добавить действие Добавить...	
мяч	$X \geq \text{ШиринаМакета} + \text{мяч.Ширина} \div 2$	⚙ Система	Установить S значение $\text{Круглый}(V_0^2 \times \sin(2 \times \alpha) + 9.81 \times 100) + 100$
		🗨 Текст	Установить текст на "Пройденный путь: "&S&" м."

Рис. 5. Логика модели в разделе «Список событий»

При запуске модели осуществляется движение тела по заданным физическим параметрам и у наблюдателя эксперимента формируется наглядное представление о зависимости величины пройденного пути от угла броска и начальной скорости.

Рис. 6 представляет вид макета до проведения эксперимента.

Введите исходные данные:

Угол к горизонту (град.):

Начал. скорость (м/с):



Рис. 6. Вид макета до проведения эксперимента

Рис. 7 демонстрирует результат эксперимента.

Введите исходные данные:

Угол к горизонту (град.):

Начал. скорость (м/с):

Пройденный путь: 63.71 м.



Рис. 7. Результат эксперимента

3. Заключение

Таким образом, современные цифровые технологии предоставляют широкие возможности для моделирования организационно-технических систем. Их применение необходимо при обучении инженера-системотехника в целях формирования практических навыков решения инженерных задач компьютерными методами.

Библиографический список

1. Запорожцев, А. В. Принципы проектирования организационно-технических систем // Труды Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексева. № 3 (100). 2013. С 106–115.
2. Воробьев А.В. Цифровые технологии и искусственный интеллект в организационно-технических системах: монография / А.В. Воробьев [и др.]. Уфа: РИЦ УУНиТ, 2024. 258 с.
3. Краснощекова А.И., Князев А.А. Имитационное моделирование задачи коммивояжера средствами программного обеспечения Anylogic // Интерактивная наука. 2017. С. 1–10.

© Силин К.К., 2024

Н.К. ХАННАНОВ

nael20000@yandex.ru

Науч. руковод. – д-р техн. наук, проф. **М.А. ВЕРХОТУРОВ**

Уфимский университет науки и технологий

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ NP-ПОЛНЫХ ЗАДАЧ ОПТИМАЛЬНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ ОБЪЕКТОВ В КОНТЕЙНЕРАХ В ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Аннотация: в статье представлен детальный анализ подходов к решению задач оптимального размещения объектов в контейнерах, которые относятся к классу NP-полных. Эти задачи имеют ключевое значение в управлении организационно-техническими системами, охватывая такие области, как логистика, складирование, производство и проектирование.

Ключевые слова: NP-полные задачи, оптимизация размещения, моделирование, искусственный интеллект, логистика, вычислительные технологии.

Введение

Современные организационно-технические системы сталкиваются с необходимостью решения задач оптимального размещения, которые требуют размещения множества объектов в ограниченных пространствах с соблюдением различных ограничений.

Примеры включают:

- Логистику: эффективную загрузку контейнеров, транспортных средств, судов.
- Складирование: оптимальное использование пространства для хранения товаров.
- Производство: размещение компонентов или оборудования в ограниченных производственных зонах.
- Упаковку: размещение продукции в коробках минимального размера.

Эти задачи относятся к классу NP-полных, что означает их экспоненциальную сложность с увеличением числа объектов или ограничений. Например, задача упаковки трехмерных объектов в контейнер является обобщением задачи о рюкзаке (Knapsack Problem) и задачи о покрытии (Covering Problem).

Цифровые технологии моделирования предоставляют мощные инструменты для анализа и решения подобных задач. Использование

симуляций, алгоритмов оптимизации, а также методов машинного обучения позволяет находить эффективные решения даже для задач большого масштаба [2].

Постановка задачи

Классификация задач

Задачи оптимального размещения объектов можно классифицировать следующим образом:

1. Одномерные задачи: Каждый объект характеризуется только одним параметром, например, весом или объемом. Примером является задача о рюкзаке.

2. Двумерные задачи: Упаковка прямоугольных объектов в прямоугольный контейнер. Часто используется в планировании размещения на поддонах.

3. Трехмерные задачи: Упаковка объектов с учетом их длины, ширины и высоты. Примером является загрузка контейнера для транспортировки.

4. Многомерные задачи: Учет дополнительных факторов, таких как стоимость, хрупкость, время доступа.

Математическая формализация

Для трехмерной задачи упаковки формализация включает:

- Множество объектов $O = \{o_1, o_2, \dots, o_n\}$, где каждый объект o_i характеризуется размерами (w_i, h_i, d_i) и, возможно, другими параметрами, такими как вес m_i .

- Контейнер C , описываемый размерами (W, H, D) и вместимостью M .

Ограничения:

- Объекты не могут пересекаться в пространстве.

- Общий вес объектов не должен превышать грузоподъемность контейнера M .

- Все объекты должны быть размещены целиком внутри контейнера.

Целевая функция:

Максимизация заполнения контейнера: $U = \frac{\sum_{i=1}^n v_i x_i}{V_C}$, где x_i – булева переменная, показывающая, размещен ли объект i в контейнере.

Особенности NP-полных задач

Сложность задач упаковки обусловлена их принадлежностью к классу NP-полных. Это означает, что для нахождения оптимального решения потребуется перебор всех возможных вариантов размещения, число которых растет экспоненциально с увеличением числа объектов n . Например, если для 5 объектов существует 120 возможных конфигураций, то для 10 объектов их уже более 3.6×10^6 [1].

Это делает невозможным использование точных методов для задач большого масштаба и требует применения эвристик, приближенных алгоритмов и методов искусственного интеллекта [2].

Методы решения

Точные методы

Линейное программирование (ЛП): Методы ЛП эффективны для задач с упрощенными ограничениями, где объекты представлены в одномерной форме (например, задача о рюкзаке). ЛП использует линейные уравнения для описания целевой функции и ограничений [3].

Целочисленное линейное программирование (ЦЛП): ЦЛП расширяет методы ЛП, включая булевы переменные для представления состояний (размещен/не размещен). Этот метод применяется для двумерных и трехмерных задач упаковки. Недостатками является высокая вычислительная сложность и ограниченная применимость для задач с $n > 100$.

Эвристические методы

Жадные алгоритмы: Простые и быстрые алгоритмы, такие как First Fit или Best Fit, пытаются размещать объекты по мере их поступления в контейнер. Преимуществами является высокая скорость работы и простота реализации. Недостатками является низкая эффективность для сложных задач.

Метод ветвей и границ: Методика, которая сокращает количество перебираемых конфигураций, исключая заведомо невыгодные решения. Методы локального поиска Примеры включают алгоритмы восхождения на холм (Hill Climbing) и поиск с запретами (Tabu Search).

Эволюционные алгоритмы

Генетические алгоритмы (GA): Эти алгоритмы имитируют эволюционные процессы, такие как мутация и скрещивание. Для задач упаковки генетические алгоритмы используют представление решений в виде хромосом, где каждая позиция кодирует расположение объекта.

Пример реализации:

1. Создание начальной популяции возможных решений.
2. Оценка каждого решения с использованием целевой функции.
3. Отбор лучших решений, их скрещивание и модификация.
4. Итерация до достижения приемлемого результата.

Алгоритмы роя частиц (PSO): Эти алгоритмы используют кооперативное поведение частиц для поиска оптимального решения. Каждая частица обновляет свое положение на основе глобально лучшего решения и собственного опыта.

Искусственный интеллект в задачах упаковки

Машинное обучение Использование методов машинного обучения (ML) и глубокого обучения (DL) предоставляет новые возможности для решения задач оптимального размещения объектов.

Глубокие нейронные сети (DNN): Нейронные сети используются для предсказания оптимальных конфигураций размещения объектов. Например, сверточные нейронные сети (CNN) могут эффективно анализировать двумерные или трехмерные представления контейнеров [4].

Реинфорсмент-обучение (RL): Алгоритмы RL, такие как Deep Q-Learning, обучают агента оптимально размещать объекты в симуляционной среде. RL эффективен в динамических условиях, где входные данные или ограничения меняются в реальном времени. Преимущества: Адаптивность к изменяющимся параметрам. Возможность обучения на симуляционных моделях. Гибридные подходы Гибридные алгоритмы, объединяющие машинное обучение и эвристики, позволяют сочетать лучшие стороны обоих подходов. Например, Нейронные сети используют ML для прогнозирования начального расположения объектов. Эвристики улучшают результат, минимизируя локальные ошибки.

Цифровые технологии моделирования

Программные инструменты: Симуляционные платформы AnyLogic и FlexSim используются для создания виртуальных моделей контейнеров и анализа размещения объектов. Blender или CAD-системы применяются для визуализации сложных трехмерных структур.

Оптимизационные инструменты: Gurobi и CPLEX предоставляют мощные инструменты для решения задач линейного программирования и целочисленного программирования.

Специализированные алгоритмы: Пользовательские реализации на Python, MATLAB или C++ позволяют адаптировать решения для специфических задач.

Вычислительные платформы

Облачные технологии: Облачные платформы, такие как AWS и Google Cloud, предоставляют ресурсы для масштабного параллельного вычисления.

GPU и высокопроизводительные вычисления: Использование графических процессоров (GPU) для параллельного выполнения алгоритмов, таких как обучение нейронных сетей или вычисление многомерных моделей.

Примеры применения в организационно-технических системах

Логистика:

- Оптимизация загрузки грузовиков и морских контейнеров для минимизации транспортных затрат.

- Системы, управляемые роботами (например, Amazon Robotics), используют алгоритмы упаковки для управления размещением товаров.

Производственные системы:

- Оптимизация размещения компонентов и сырья для ускорения производственных процессов.

•Использование гибридных методов оптимизации для снижения затрат на транспортировку внутри цеха.

Электронная коммерция:

•Системы автоматизации упаковки: Оптимизация выбора коробок и их загрузки для минимизации объемов доставки.

•Персонализация решений: Использование алгоритмов ИИ для адаптации процесса упаковки под индивидуальные заказы.

Перспективы развития

Квантовые алгоритмы, такие как квантовое отжигание (Quantum Annealing), предоставляют новые возможности для решения NP-полных задач. Пример: использование квантового компьютера D-Wave для поиска оптимальных конфигураций упаковки.

Развитие адаптивных алгоритмов, способных обучаться на лету, позволяет решать динамические задачи упаковки, где входные данные или ограничения постоянно изменяются.

Использование суперкомпьютеров и распределенных систем для решения задач с десятками тысяч объектов. Примером является применение суперкомпьютера Fugaku в логистике [5].

Заключение

Задачи оптимального размещения объектов в контейнерах являются важной составляющей эффективного управления организационно-техническими системами. Их решение требует использования мощных инструментов цифрового моделирования, методов искусственного интеллекта и высокопроизводительных вычислительных платформ.

Проведенный анализ показывает, что комбинация эвристических подходов и технологий машинного обучения обеспечивает наиболее эффективные результаты. В будущем интеграция квантовых вычислений и развитие адаптивных ИИ-систем откроют новые горизонты в решении задач упаковки, позволяя решать проблемы, ранее считавшиеся недостижимыми.

Библиографический список

1. Garey M.R., Johnson D.S. Computers and Intractability: A Guide to the Theory of NP-Completeness. W.H. Freeman, 1979.
2. Pisinger D. Heuristics for the Container Loading Problem. Springer, 2002.
3. Bertsimas D., Tsitsiklis J. Introduction to Linear Optimization. Athena Scientific, 1997.
4. LeCun Y., Bengio Y., Hinton G. Deep Learning. Nature, 2015.
5. Fugaku Supercomputer. Applications in Logistics. Riken, 2020.

© Ханнанов Н.К., 2024

А.В. ШУНДЕЕВ

artem_shundeev@mail.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доцент **А.С. КОВТУНЕНКО**

Уфимский университет науки и технологий

СИСТЕМА ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДИНАМИКИ КЛЕТОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ

Аннотация: в данной работе исследуются современные методы моделирования остеогенеза с применением агентно-ориентированных систем. Особое внимание уделяется разработке дополнительных агентов, которые обеспечивают мониторинг клеток и их визуализацию. Реализация осуществляется на платформе ABSynth с использованием JavaFX для создания интерактивного интерфейса.

Ключевые слова: остеогенез; металлоостеосинтез; агентно-ориентированная система; моделирование; визуализация; ABSynth; JavaFX.

Введение

Современные методы реконструктивной хирургии широко применяют металлоостеосинтез – установку металлических имплантатов для фиксации и восстановления поврежденных костных структур. Одной из наиболее перспективных технологий является использование индивидуально адаптированных пластин, которые повторяют анатомическую форму кости. Эти пластины изготавливаются из биосовместимых материалов, таких как титан или нержавеющая сталь, что минимизирует риск отторжения и обеспечивает стабильность.

После установки имплантата начинается сложный процесс биологического взаимодействия, включающий образование новой костной ткани (остеогенез), замещение поврежденных участков и возможную биодеградацию имплантатов. Этот процесс зависит от множества факторов, включая свойства материалов, состояние пациента и условия хирургического вмешательства.

Изучение остеогенеза требует глубокого понимания механизмов взаимодействия клеток, их перемещения и координации, а также влияния внешних факторов. Такое понимание важно для минимизации осложнений и выбора оптимальных методов лечения, включая прогнозирование процессов, таких как замещение импланта костной тканью.

Подходы к моделированию остеогенеза

Для исследования сложных процессов, таких как остеогенез, эффективным инструментом является моделирование на основе локальных правил взаимодействия клеток. Этот подход позволяет учитывать перемещение клеток, их динамику и влияние окружающей среды. Моделирование таких процессов особенно ценно для описания заживления костной ткани, так как оно упрощает описание биологических взаимодействий, сохраняя их пространственную и временную динамику.

Моделирование в n-мерном пространстве стало важной частью научных исследований. Оно позволяет изучать эволюцию систем на микроуровне, включая поведение клеток, и предоставляет возможность визуализации в реальном времени. Однако для практического применения таких моделей требуется гибкая и масштабируемая система, способная адаптироваться к изменчивым условиям.

Требования к системе моделирования

При разработке системы для моделирования остеогенеза важно учитывать следующие аспекты:

– ***гибкость***: Система должна адаптироваться к изменениям динамики изучаемого процесса.

– ***масштабируемость***: Поддержка увеличения количества взаимодействующих элементов (клеток) без значительного снижения производительности.

– ***удобство конфигурации***: Легкость настройки новых параметров и сценариев для проведения различных экспериментов.

– ***стабильность***: Устойчивость системы к сбоям при моделировании сложных процессов.

– ***интеграция визуализации***: Возможность наглядного отображения динамики клеточных взаимодействий в пространстве и времени.

Агентно-ориентированный подход

Традиционные программные архитектуры часто не соответствуют указанным требованиям, поскольку основаны на статических моделях или централизованных системах, которые плохо справляются с изменениями параметров моделирования. Агентно-ориентированный подход является более перспективным решением.

Этот подход позволяет декомпозировать задачу моделирования на независимые агенты – функциональные компоненты, которые взаимодействуют в единой системе. Преимущества такого подхода:

– ***функциональная автономность***: Каждый агент способен выполнять свои задачи независимо, что повышает устойчивость к сбоям;

– ***гибкость***: Агенты могут динамически адаптироваться к изменению условий эксперимента;

– **масштабируемость:** Возможность добавления новых агентов для учета большего количества клеток без значительного изменения системы.

Постановка задачи

В рамках исследования остеогенеза и разработки моделей клеточных взаимодействий важно не только моделировать динамику процессов, но и обеспечивать их визуализацию. Система визуализации играет ключевую роль как на этапе разработки моделей, позволяя проводить отладку и верификацию алгоритмов, так и в рамках экспериментов, предоставляя наглядное представление о поведении системы.

Целью работы является создание агента или группы агентов, которые смогут отслеживать поведение всех клеток в модели и визуализировать их динамику. Эти агенты должны быть полностью интегрируемыми в существующую модель, расширяя ее функционал и обеспечивая инструмент для анализа пространственно-временной эволюции клеточной среды.

Создаваемый агент будет выполнять следующие задачи:

— Сбор данных о текущем состоянии клеточной системы (расположение, взаимодействия, изменения).

— Передача этих данных в систему визуализации, обеспечивая интерактивное представление результатов.

— Поддержка конфигурации для работы в различных сценариях моделирования.

Реализация агента должна учитывать особенности существующей архитектуры, обеспечивая модульность и совместимость с текущей моделью. Основной акцент делается на минимизацию влияния нового компонента на производительность системы, а также на удобство интеграции и дальнейшего использования.

Реализация

Платформа ABSynth, основанная на фреймворке JADE^[1], включает движок для запуска на вычислительных узлах, библиотеку классов для агентов, XML-язык спецификаций и сервисных агентов. Она позволяет описывать топологию агентной сети, взаимодействие агентов и правила обмена сообщениями. Эффективность подхода подтверждается моделью остеогенеза, где описываются взаимодействия клеток и их динамика в n -мерном пространстве.

Модель основана на клетках, классифицированных по типам: стволовые, кислородные и питательные, с отдельными классами для каждого типа, наследующими базовую конфигурацию агента. Такая архитектура позволяет запускать любое количество агентов разных типов, которые действуют автономно, без централизованного управления, что отражает реалистичную динамику биологических систем. Для фиксации

состояния клеток разработан агент "Контролер", который собирает данные, не вмешиваясь в процессы модели.

Отдельно предусмотрен агент для визуализации – он отвечает за отображение карты с движением клеток в пользовательском интерфейсе. Важной особенностью является то, что интерфейс функционирует в независимом потоке. Это исключает возможные конфликты, связанные с событийным характером взаимодействия пользователя с элементами управления интерфейса.

Разделение ролей позволяет системе работать эффективно, сохраняя высокую производительность и стабильность даже при значительном увеличении сложности модели. Далее акцент будет сделан на агенте визуализации, его функциях и интеграции в общую архитектуру системы.

Агент визуализации

Для реализации системы визуализации используется библиотека JavaFX, которая предоставляет все необходимые инструменты для создания масштабируемых и интерактивных интерфейсов. Это позволяет эффективно обрабатывать графику и динамически обновлять элементы интерфейса, поддерживая плавность работы даже при большом количестве взаимодействий.

Агент визуализации наследуется от базового агента и при инициализации запускает пользовательское окно в отдельном потоке. Такой подход необходим для того, чтобы разделить логику интерфейса, которая ориентирована на события, и логику самого агента, отвечающего за обработку данных системы моделирования. Это исключает возможные конфликты и позволяет оптимизировать производительность системы.

Для организации работы с графикой приложение использует принципы событийно-ориентированного программирования, предоставляемые JavaFX^[2]. Это позволяет интерфейсу быстро реагировать на действия пользователя, такие как зуммирование, перемещение и другие взаимодействия, обеспечивая динамическое обновление визуализации.

Основным графическим элементом является самописная карта, которая наследуется от стандартного канваса JavaFX. Карта обрабатывает события изменения окна, зуммирования с помощью колесика мыши и перемещения с помощью правого клика, а также включает метод отрисовки. Этот метод получает Map с типами классов и соответствующими графическими элементами, пересчитывает координаты с учетом масштаба и глобальных координат и затем визуализирует их на экране.

Агент визуализации, наследующийся от базового, переопределяет метод action, который выполняется с периодичностью в 100 миллисекунд. В этом методе агент получает данные от контроллера, фильтрует их по нужным параметрам и формирует Map, который передается в метод отрисовки для актуализации визуализируемых данных на экране.

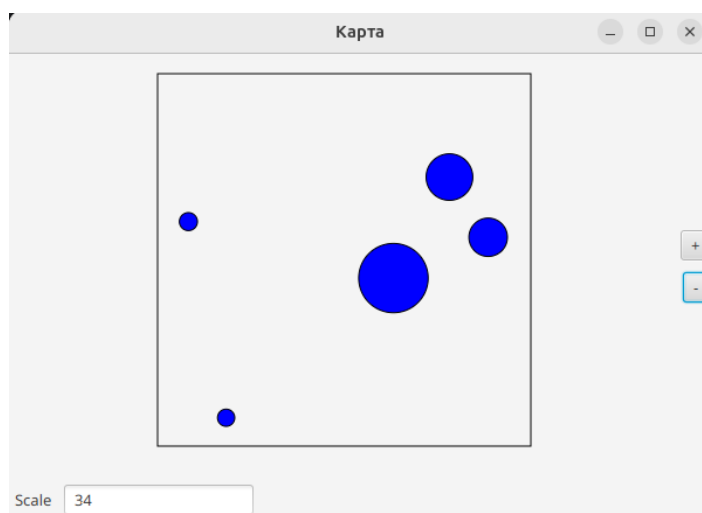


Рис 1. Интерфейс агента визуализации пространства

Заключение

Разработанный агент решает ключевую задачу – эффективное отображение динамики клеточных процессов в моделях остеогенеза. Он интегрируется в систему моделирования, обеспечивая наглядное и интерактивное представление о пространственно-временной эволюции клеточной среды.

Использование агентно-ориентированного подхода позволяет достичь гибкости и масштабируемости системы, что важно для моделирования больших и сложных биологических процессов. Каждый агент действует независимо, что повышает устойчивость системы к сбоям и улучшает производительность при увеличении числа взаимодействующих элементов.

Предложенное решение не только решает задачи, стоящие перед моделью остеогенеза, но и служит универсальной платформой для имитационного моделирования с визуализацией и. Это открывает возможности для дальнейшего совершенствования методов исследований в области биологии и медицины.

Библиографический список

1. Ковтуненко, А., Билялоа, А., Валеев, С., Distributed Streaming Data Processing in IoT Systems Using Multi-agent Software Architecture // Internet of Things, Smart Spaces, and Next Generation Networks and Systems: 18th International Conference on Next Generation Wired/Wireless Networking (NEW2AN), and 11th Conference on Internet of Things and Smart Spaces (ruSMART), St. Petersburg, 27–29 августа 2018 года. Vol. 11118. – St. Petersburg: Springer Verlag, 2018. P. 572–583. DOI 10.1007/978-3-030-01168-0_51. EDN YKMJFB.
2. Воробьев А.В, Цифровые технологии и искусственный интеллект в организационно-технических системах: монография / А.В. Воробьев [и др.]. Уфа: РИЦ УУНиТ, 2024. 258 с.

© Шундеев А.В., 2024

Е.А. ЮНУСОВА

9177646928@mail.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доцент, **Р.Р. КАРИМОВ**

канд. техн. наук **А.Р. ЮНУСОВ**

Уфимский университет науки и технологий

ПРИМЕНЕНИЕ IP-SCADA ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Аннотация: данная статья представляет собой обзор преимуществ подхода IP-SCADA перед существующим SCADA и раскрывает принципы использования для дистанционного контроля параметров распределенных производственных процессов.

Ключевые слова: автоматизация; телемеханизация; SCADA; IP-SCADA; производство; технологичность.

В настоящее время все больше внимания в производстве уделяется автоматизации и цифровизации производственных процессов и технологиям импортозамещения в автоматизированных системах управления производственным процессом.

В процессе автоматизации различных производственных процессов распространено использование SCADA-продукта, уже готового и обычно состоящего из человеко-машинного интерфейса, непосредственной системы сбора данных и их хранения, а также программируемых логических контроллеров и устройств, предназначенных для связи с объектом. При этом SCADA-система способна выполнять определенные стандартные функции, приведенные ниже:

- системное ведение базы данных с технологической информацией в режиме реального времени;
- реализация алгоритмов для контролирования техпроцессов и управления ими;
- наличие аварийной сигнализации и возможность получения тревожных сообщений;
- организация информационного обмена данными устройств с объектами;
- подготовка отчетов о ходе проделанной работы техпроцесса и генерирование отчетов для ведения базы данных;
- обработка информации и ее отображение на мониторном экране в форме, понятной для пользователей.

Данный подход использования SCADA-системы позволяет выполнять в полном объеме решение поставленных задач автоматизации различных производственных и технических процессов. Однако, несмотря на наличие достоинств, он также обладает определенным количеством недостатков, которые следует пояснить.

Первый недостаток – это значительно высокая стоимость самого SCADA-продукта, которая делает автоматизацию (телемеханизацию) довольно дорогостоящей, так, что не все готовы на это согласиться. Обычно ее стоимость зависит от количества параметров техпроцесса, нуждающихся в управлении и измерении, а также от имеющегося числа рабочих мест для диспетчеров и операторов. Таким образом, данный недостаток определенным образом сдерживает автоматизацию распределенных техпроцессов с невысокой окупаемостью осуществляемых проектов.

Второй недостаток заключается в том, что построенная на SCADA-продукте система автоматизации производства закрыта для дальнейшего самостоятельного наращивания и внедрения новых параметров, наличие и внедрение которых может стать необходимым в процессе производства. Указанный недостаток означает невозможность расширения функций в системе силами технических специалистов производственного предприятия. Это ведет к тому, что при возникновении необходимости модернизации и усовершенствования автоматизированной системы появляется необходимость обращения к разработчику SCADA-продукта с удовлетворяющимися на коммерческих условиях заявками.

Третий недостаток заключается в несовместимости готовых SCADA-продуктов между собой по причине наличия закрытости взаимодействующих протоколов, что создает дополнительные затруднения в использовании больше, чем одного SCADA-продукта в одном техническом проекте автоматизации. Решение для данной проблемы, заключающееся в применении технологии OPC UA, в свою очередь тоже вызывает у разработчиков свои трудности, из-за чего становится невозможным тиражировать решение и широко его применять.

Подводя итог описанию преимуществ и недостатков стандартной SCADA-системы, можно отметить, что при использовании готового SCADA-продукта выполнение автоматизационного или телемеханизационного производственного процесса часто становится для потребителя слишком экономически затратным проектом. Так как потенциальные заказчики проектов имеют ограничения финансовых ресурсов, выделяемых на проекты автоматизированных систем управления технологическими процессами, появляется затруднение в выборе между выполнением единичных проектов автоматизации или телемеханизации на основе готового SCADA-продукта и реализацией большого количества

проектов АСУ ТП без применения готового SCADA-продукта в условиях сравнительно недорогих решений для технического использования.

Так становится уместным применение метода, основанного на применении IP-SCADA (IP-based supervisory control and data acquisition) – разновидности SCADA-системы, в которой основная функциональная деятельность обычной SCADA-системы воспроизводится при помощи Интернет-программирования и веб-технологий. Такой подход дает возможность создавать масштабируемые системы диспетчерского контроля и управления без применения стандартных SCADA-пакетов. Важной отличительной особенностью подхода IP-SCADA является открытость системы, т. е. исходного кода, в отличие от готовых SCADA-пакетов и относительная несложность ее пусконаладки. Доступ к получению информации и данных при использовании метода IP-SCADA допустим при использовании любого браузера в сети Интернет с любого компьютера. Информация может быть просмотрена после авторизации сотрудником предприятия на всех уровнях диспетчерской иерархии. Создание IP-SCADA подразумевает отсутствие необходимости в приобретении дорогостоящих лицензий за готовые SCADA-пакеты для каждого рабочего места.

Здесь не мешает отметить, что у современных SCADA-продуктов в составе как правило имеется модуль WebSCADA – средство для проведения контроля и управления SCADA-системой посредством использования браузера в сети Интернет в виде «тонкого клиента». Но все же принципиальное отличие метода IP-SCADA от WebSCADA основано на не самодостаточности WebSCADA как программы для телеметрии и/или автоматизации, так как является своеобразным мостом между самой SCADA-системой и пользователем. При этом существует потребность в приобретении SCADA-пакета со всеми существующими недостатками: дороговизной использования, закрытостью системы и несовместимостью нескольких SCADA-продуктов между собой.

Обширное распространение метод IP-SCADA получает в направлении контроля объектов для газораспределения и в телеметрических объектах жилищно-коммунальных хозяйств. В особенности, в Республике Башкортостан на газопроводах было введено в использование две автоматизированные системы дистанционного мониторинга оборудования сети газораспределения. В данных системах стандартные функции SCADA-системы реализованы при использовании метода IP-SCADA, основанного, как было описано выше, на основе Интернет-программирования.

Изложим краткое описание работы данной системы. В ПАО «Газпром Газораспределение Уфа» был создан единый централизованный сервер с двумя функционирующими телемеханической системами: системой,

контролирующей станции катодной защиты и управляющей ими, а также телеметрической системой для контроля пунктов редуцирования газа.

Указанные телеметрические системы представляют собой двухуровневые программно-технические комплексы (ПТК), схема которых приведена на рис. 1. Нижний уровень составляет шкафы телеметрии и телесигнализации (ШТТ), состоящие из одного или нескольких модулей (контроллеров), осуществляющих первичные сбор и обработку информации. Нижний уровень ПТК может быть связан с верхним уровнем по стандартным интерфейсам Ethernet, GPRS, LTE и т. д. Верхний уровень ПТК составляют средства для сбора, хранения и обработки информации, архивирования, отображения, документирования и диалога с диспетчером/оператором.

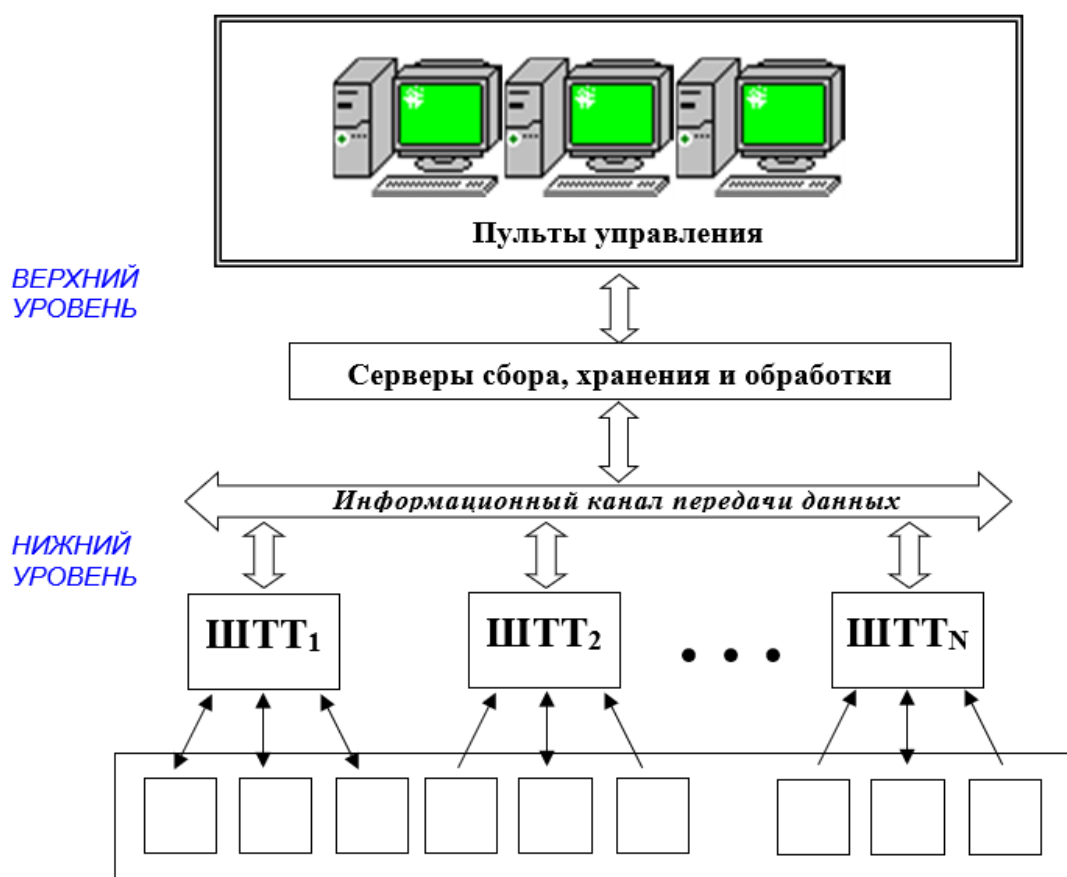


Рис. 1. Обобщенная структурная схема программно-технического комплекса

Пульты управления реализуются на одном или нескольких персональных IBM-совместимых компьютерах и выполняют заданную обработку и отображения информации, поступающей с нижнего уровня.

В качестве базового протокола сетевых и межсетевых взаимодействий используются протокол TCP/IP и технология OPC UA. Используемые способы и средства связи предоставляют обеспечение как горизонтального, так и вертикального обмена информацией между

отдельными составными компонентами ПТК по интерфейсам RS-485, Ethernet, GPRS, LTE.

При горизонтальном обмене осуществляется передача данных между компонентами одинаково уровня иерархии, а вертикальный обмен организует информационное взаимодействие между компонентами разных уровней. При вертикальном обмене информация от шкафов телеметрии (контроллеров телеуправления) через заданные интервалы времени направляется на серверы телеметрии (пульты управления). Пульт управления обеспечивает контроль протекания технологического процесса и контроль состояния технологического оборудования. Серверы телеметрии/телеуправления предназначены для сбора, хранения и обработки телеметрических данных распределенных объектов.

Системным интегратором, создавшим и внедрившим обе данные системы, является предприятие ООО «УфаСистемаГаз» (г. Уфа). Так как разработанные системы основаны как IP-SCADA, они характеризуются открытостью и масштабируемостью. Также происходит экономия финансовых ресурсов, выделенных на телеметрию и телемеханизацию, ввиду отсутствия надобности в покупке дорогостоящих лицензий на готовые SCADA-пакеты и оплате за каждое рабочее место. Также можно отметить, что используемый подход исключает указанные ранее недостатки стандартных SCADA-пакетов.

Подводя итог сказанному, следует добавить, что описываемый подход может применяться для решения различных задач автоматизации/телемеханизации техпроцессов в любых производственных областях. В особенности это имеет смысл при построении систем сбора информации с распределенных объектов или при создании систем дистанционного контроля в сферах, касающихся жилищно-коммунального хозяйства, в которых автоматизации подлежат большие проекты с ограничениями по бюджету, такими, как проекты типа «Умный дом». В этом случае исчезает необходимость в использовании каналов связи GSM (GPRS, LTE), так как можно отказаться от них и использовать имеющееся в жилых домах подключение к сети Интернет по физическому каналу, в качестве которого может служить, например, оптоволоконный кабель. В таком случае, контроллер телеметрии или телеуправления, выступающий в роли устройства сопряжения с объектом должен также иметь реализованный стек TCP/IP и подключаться к Интернет-соединению напрямую. Также имеются широкие возможности для подключения диспетчера через мобильное устройство, что обеспечивает гибкие возможности по мониторингу техпроцесса.

Библиографический список

1. Пат. 2455768 Российская Федерация, Способ телемеханического контроля и управления удаленными объектами с использованием канала связи GSM GPRS, единого сервера телемеханики и телемеханическая система для его реализации / В.Е. Балахонцев, А.К. Еникеев, А.Р. Юнусов; заявитель и патентообладатель ООО «УфаСистемаГаз». № 2010121634; заявл. 27.05.2010; опубл. 10.07.2012.
2. Юнусов А.Р. Автоматизация и телемеханизация ТП на базе Internet-программирования: опыт внедрения в ОАО «ГАЗ-СЕРВИС» // ж. «Автоматизация в промышленности». 2011. № 2. С. 43–45.
3. Воробьев А.В. Цифровые технологии и искусственный интеллект в организационно-технических системах: монография / А.В. Воробьев [и др.]. Уфа: РИЦ УУНиТ, 2024. 258 с.

© Юнусова Е.А., 2024

Р.Р. ХАРУНОВ, М.Р. МУХАМЕТОВ, Б.В. ГАЛИЕВ

rishat.kharunov@mail.ru, maratmunik@yandex.ru, renarlis@yandex.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доцент **Р.Р. КАРИМОВ**

Уфимский университет науки и технологий

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ВИРТУАЛЬНОЙ И ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ В СФЕРЕ МЕДИЦИНЫ

Аннотация: в данной статье рассматриваются известные возможности применения технологии виртуальной и дополненной реальности как для обучения медицинских работников, так и для непосредственно терапии. При этом рассматривается как программное обеспечение (в т.ч. для серийно-выпускаемых комплектов VR/AR), так и аппаратная часть, которая может различаться для конкретных случаев применения.

Ключевые слова: виртуальная реальность (VR), дополненная реальность, медицина, врач, пациент, терапия, шлем виртуальной (дополненной) реальности.

Введение

Виртуальная реальность (VR) – это технология, при помощи которой создается трехмерный мир, в который погружает пользователь с помощью устройств, похожих на шлемы и контролирующие устройства. Основными параметрами VR являются эффект присутствия и интерактивность, что позволяет использовать данную технологию и ощущать себя виртуальным объектом, и взаимодействовать с виртуальным пространством. Благодаря сенсорам и высококачественной графике VR создает реалистичный опыт, который нашел широкое применение в обучении, развлечении, медицине, архитектуре и промышленности.

В вопросе обучения VR предлагает возможность безопасно освоить высокорискованные области знаний, например, хирургию или управление самолетом. В развлечениях VR-игры предлагают воспроизвести вполне впавшее в забвение ощущение нахождения в игровом пространстве.

В медицине VR используется для избавления от фобий и проведения реабилитации, а также для обучения медицинского персонала. Для создания и представления трехмерных проектов архитекторы и дизайнеры привлекают VR, а инженеры – для обучения и проведения экспериментов с использованием моделей.

Oculus Quest, HTC Vive, PlayStation VR – это самые известные VR-headsets, куда можно вложиться в зависимости от нужд и глубины виртуального восприятия.

Развитие отрасли виртуальной и дополненной реальности

Эксперты предполагают, что к 2025 г. рынок продуктов виртуальной и дополненной реальности достигнет 80 миллиардов долларов, в том числе больше 5 млрд долларов будут связаны с медицинской деятельностью. Данная тенденция дополнительно ускорилась после пандемии коронавируса 2020 г. [0].

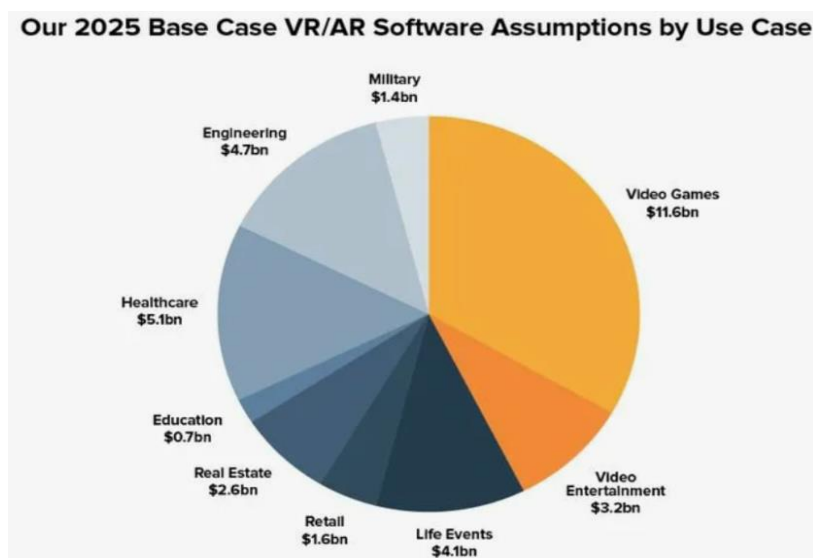


Рис. 1. Прогноз использования технологии VR/AR в различных отраслях к 2025 г.

В медицинской отрасли технологии виртуальной реальности может включать в себя как средства для обучения будущего медицинского персонала в таких направлениях, как стоматология, офтальмология, хирургия и т. д., так и для

терапии, как правило, посредством глубокого иммерсивного погружения в виртуальный мир, стимулируя активность пациента.

Известные случаи применения технологии VR/AR для обучения и тренировки медицинских работников

Виртуальная реальность позволяет проводить сложные хирургические операции, не боясь причинить пациенту непоправимый вред. Так, например, с помощью оборудования виртуальной и дополненной реальности будущие хирурги осваивают сложнейшие операции на сердце, легких, позвоночнике и т. д. Отличительными особенностями таких операций является интерактивность, т. е. каждое действие хирурга будет влиять на ход всей операции, и иммерсивность, позволяющая наиболее правдоподобно смоделировать проводимую операцию и создающая эффект погружения в виртуальную среду.

Похожим образом используется виртуальная реальность для обучения операциям стоматологов. Операции на зубах, как правило, являются весьма дорогими и сложными, их проведение требует дополнительного обучения, которое вместо того, чтобы непосредственно проводить учебные

операции на реальных людях, рискуя при этом сделать непоправимую ошибку, проводят те же операции на виртуальных «пациентах».

Применение технологий VR/AR в этой области позволяет:

- выявлению важных диагностических деталей, улучшению ориентации и объемного восприятия анатомических структур и связанных с ними патологических изменений;
- облегчению работы начинающих врачей в сложных условиях, повышению их способности решать трудные задачи и развитию зрительно-пространственных навыков.

Компания *Medical Augmented Intelligence* из США создает образовательные AR/VR-инструменты для обучения медицинского персонала. Созданное компанией приложение BodyMap демонстрирует детализированную модель человеческого тела, позволяет взаимодействовать с ним, а также исследовать информацию о внутренних системах человеческого организма и хирургически взаимодействовать с ними.

Компания также создала модели «цифровых двойников», предназначенные для обучения и привлечения пациентов к процессу лечения. Эти модели позволяют преобразовывать двухмерные медицинские изображения в модели виртуальной реальности всего за несколько десятков секунд. В числе партнеров компании значатся такие известные IT-производители, как Intel, Nvidia и HTC (рис. 2).

Решение BodyMap является программным обеспечением, и может быть использовано на различных устройствах, таких как VIVE Pro, VIVE Cosmos, PICO 4 и другие, а также персональный компьютер, соответствующий системным требованиям.



Рис. 2. Пример демонстрации приложение BodyMap

Компания «Таргетта», являющаяся резидентом технопарка «Мосмедпарк», в сотрудничестве с южнокорейской компанией VRAD Inc., создала VR-платформу для современной подготовки и обучения медицинским специалистам (рис. 3). Платформа включает следующие модули:

- VR Dental – симулятор стоматологической рентгенографии в виртуальной реальности. Он предоставляет возможность выполнения различных практических задач: создание внутриротовой и экстраоральной

рентгенограмм, анализ полученных снимков, а также изучение протоколов безопасности.

- **General** – VR-симулятор общей диагностики. Этот модуль учит работе с рентгенографией, компьютерной томографией (КТ) и магнитно-резонансной томографией (МРТ). Пользователи узнают о правильном расположении пациента перед исследованием и осваивают навыки интерпретации изображений.

- **VR_Анатомия** – модуль, посвященный изучению анатомии головы и шеи, а также стоматологии и косметологии. Он дает неограниченный доступ к виртуальному анатомическому столу, позволяя детально рассмотреть строение этих областей тела.

Разработанные компанией программные продукты подходят для большинства VR-платформ и не требуют дополнительного аппаратного обеспечения.



Рис. 3. Симулятор общей диагностики и Анатомия головы от компании «Таргетта»

Известные случаи применения технологии VR/AR для терапии пациентов

Технологии виртуальной реальности могут использоваться для непосредственной терапии заболеваний для пациентов. С помощью виртуальной реальности лечат заболевания, связанные с ограничением подвижности, с заболеваниями психологического и физиологического характера (например, болезнь Паркинсона), для терапии заболевания посттравматического стрессового расстройства (ПТСР), для профилактики нарушения в области психики и др.

Примером такого комплекса, использующего дополненную реальность, может служить тренажер для восстановления подвижности после инсульта. Данный комплекс представляет из себя систему датчиков, регистрирующий положение ног, шлем с устройствами для электроэнцефалографии, шлем дополненной реальности (Microsoft HoloLens), а также игру для шлема дополненной реальности, в которой движение ног пациента преобразуется в движение объектов, в данном случае шариков, а игровой процесс показывает куда необходимо их направить.

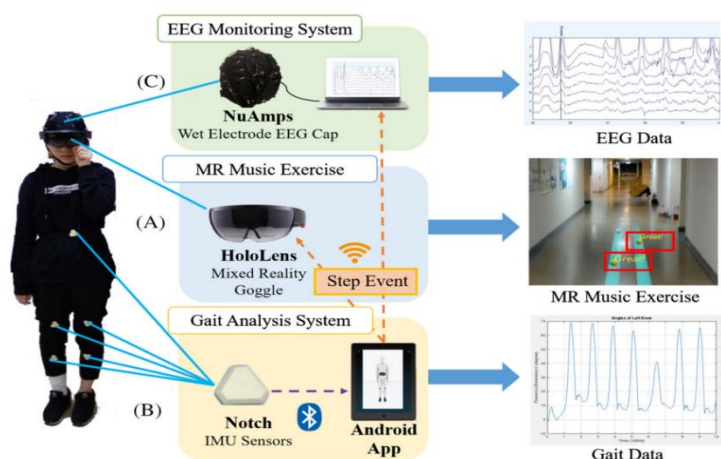


Рис. 4. Подробное устройство аппаратно-программного комплекса

Еще один пример использования виртуальной и смешанной реальности представила компания «Моторика». Ее решение представляет собой платформу виртуальной реальности ATPLAN, которая в игровом формате помогает пациентам освоить использование протезов рук. Виртуальная реабилитация значительно повышает эффективность тренировок благодаря сочетанию мотивирующих, игровых и соревновательных элементов. Платформа предлагает пользователям тренироваться с протезами верхних конечностей в увлекательной игровой среде. Система отслеживает каждое движение пациента и предоставляет обратную связь. Пациент может управлять виртуальными объектами непосредственно своим протезом, который используется как обычный игровой контроллер [4].

Таким образом, для эффективной реабилитации при помощи виртуальной и дополненной реальности, помимо гарнитуры и контроллеров нужны дополнительные периферийные устройства, позволяющие пациенту более глубоко погрузиться в виртуальную среду [5].

Заключение

Технологии виртуальной и дополненной реальности (VR/AR) значительно преобразуют сферу медицины, делая лечение более доступным и эффективным. Они помогают снизить уровень боли и беспокойства у пациентов, улучшают процесс диагностики, позволяют обучать медицинских работников без риска для здоровья пациентов и внедряют инновационные методы в хирургической практике. Тем не менее, для эффективной терапии часто отсутствуют готовые решения, что требует разработки технологий, специально адаптированных под определенные задачи. В России наблюдается рост таких инициатив, однако для того, чтобы они смогли выйти на рынок, необходимы значительные инвестиции, которые поддерживаются различными национальными программами. Устройства VR/AR становятся все более доступными, что

облегчает их применение в практике врачей и в процессе реабилитации больных.

Библиографический список

1. Пит Сена. Как развитие смешанной реальности изменит коммуникацию, сотрудничество и будущее рабочего места, Techcrunch 30 января 2016 г. URL: <https://techcrunch.com/2016/01/30/how-the-growth-of-mixed-reality-will-change-communication-collaboration-and-the-future-of-the-workplace> (дата обращения 19.11.2024).
2. Официальный сайт Osso VR. Использование виртуальной реальности в ортопедической хирургической подготовке [Электронный ресурс]. 2023. URL: <https://www.mai.ai/bodymap> (дата обращения 19.11.2024).
3. VR Medica. Медицинская VR-платформа. Платформа для подготовки и обучения практическим навыкам медицинских специалистов [Электронный ресурс]. 2023. URL: <https://ict.moscow/card/vr-medica/> (дата обращения 19.11.2024).
4. Виртуальная реабилитация в ATILAN.: [Электронный ресурс]. 2023. URL: <https://motorica.org/virtualnaya-reabilitaciya-v-attilan> (дата обращения 19.11.2024).
5. Воробьев А.В. Цифровые технологии и искусственный интеллект в организационно-технических системах: монография / А.В. Воробьев [и др.]. Уфа: РИЦ УУНиТ, 2024. 258 с. (дата обращения 19.11.2024).

© Харунов Р.Р., Мухаметов М.Р., Галиев Б.В., 2024

СЕКЦИЯ 5.9 МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

УДК 517.95

В.Р. АГЗАМОВ

agzatomvvr@gmail.com

Науч. руковод. – канд. физ.-мат. наук, доцент **В.О. ЛУКАЩУК**

Уфимский университет науки и технологий

ГРУППЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ, ДОПУСКАЕМЫЕ УРАВНЕНИЕМ НАСЛЕДСТВЕННО-УПРУГОЙ БАЛКИ

Аннотация: в статье исследуется уравнение наследственно-упругой балки посредством инструментов группового анализа, а именно строятся приближенные операторы, допускаемые этим уравнением.

Ключевые слова: группы преобразований; приближенные группы преобразований.

Уравнение наследственно-упругой балки [1] описывает поведение балки и учитывает не только ее мгновенную реакцию на нагрузку, но и ее историю деформаций из-за нагрузок, которые когда-либо действовали.

Рассмотрим дробно-дифференциальное уравнение:

$$D_t^{\alpha+1}u + u_{xxxx} = f_0(u) + \varepsilon f_1(u), \quad u = u(t, x), \quad \alpha \in (0, 1), \quad (1)$$

с дробной производной Римана-Лиувилля по времени:

$$D_t^{\alpha+1}u = \frac{1}{\Gamma(1-\alpha)} \frac{\partial^2}{\partial t^2} \int_0^t \frac{u(\tau, x)}{(t-\tau)^\alpha} d\tau, \quad (2)$$

где $\Gamma(1-\alpha)$ – гамма-функция. Функции $f_0(u), f_1(u)$ в уравнении (1) произвольные функции, отличные от константы.

При $\alpha = 1 - \varepsilon$ для дробной производной (2) справедливо разложение [2]:

$$D_t^{\alpha+1}u \approx u_{tt} + \varepsilon \left[\left(\ln(t) + \gamma - \frac{3}{2} \right) u_{tt} - \frac{u}{t^2} + 2 \frac{u_t}{t} + 2 \sum_{s=1}^{\infty} \frac{(-1)^s t^s}{s(s+2)!} D_t^{s+2}u \right],$$

где γ – постоянная Эйлера. В данном разложении $0 < \varepsilon \ll 1$ является малым параметром. Здесь и далее равенство $h(x) \approx g(x)$ означает

$$h(x) - g(x) = O(\varepsilon^2).$$

Таким образом, исходное уравнение (1) приближается уравнением с малым параметром:

$$u_{tt} + \varepsilon \left[\left(\ln(t) + \gamma - \frac{3}{2} \right) u_{tt} - \frac{u}{t^2} + 2 \frac{u_t}{t} + 2 \sum_{s=1}^{\infty} \frac{(-1)^s t^s}{s(s+2)!} D_t^{s+2}u \right] + u_{xxxx} \approx$$

$$\approx f_0(u) + \varepsilon f_1(u). \quad \dots\dots (3)$$

Уравнение (3) может рассматриваться, как нелокальное возмущение уравнения колебаний балки, в которое оно переходит при $\varepsilon = 0$.

$$u_{tt} + u_{xxxx} = f_0(u), \quad (4)$$

Таким образом, основываясь на групповой классификации уравнения (4), приведенного в [3], найдем группы преобразований для уравнения (3).

Случай произвольной функции $f_0(u)$

Действуя пятым продолжением оператора

$$X = \tau(t, x, u, \varepsilon) \frac{\partial}{\partial t} + \sigma(t, x, u, \varepsilon) \frac{\partial}{\partial x} + \rho(t, x, u, \varepsilon) \frac{\partial}{\partial u}$$

на уравнение (4) и расщепляя его по независимым переменным, получим систему, с которой будем работать далее:

$$\begin{aligned} 2\rho_{tu} - \tau_{tt} &= 0, \\ -2\sigma_t &= 0, \\ -6\sigma_{xx} + 4\rho_{ux} &= 0, \\ 4\rho_{uu} - 16\sigma_{xu} &= 0, \\ -4\sigma_{xxx} + 6\rho_{uxx} &= 0, \\ 4\sigma_x - 2\tau_t &= 0, \\ \rho_{uxxx} - \sigma_{xxxx} &= 0, \\ -\rho f_1(u) - 4\sigma_x f_1(u) + \rho_u f_1(u) + \rho_{xxxx} + \rho_{tt} &= 0. \end{aligned}$$

Откуда

$$\rho = 0, \quad \sigma = C_1, \quad \tau = C_2.$$

В результате уравнение (4) приближенно допускает группу точечных преобразований с операторами

$$X_1 = \frac{\partial}{\partial x}, \quad X_2 = \varepsilon \frac{\partial}{\partial t}, \quad X_3 = \varepsilon \frac{\partial}{\partial x}.$$

Случай $f_0(u) = u^n, n \neq 0, 1$

Подставляя $f_0(u)$ в уравнение (4) и действуя аналогично предыдущему пункту, получим систему, насчитывающую около 50 уравнений. С учетом условий $\rho(t, x, u(t, x)) = a(t, x)u + \beta(t, x)$, $\tau(t), \sigma(x), C_1 = 0$ перепишем ее в виде

$$-\tau_{xxxx} - \tau_{tt} + 2a_t = 0, \quad (5)$$

$$-\sigma_{xxxx} + 4a_{xxx} - \sigma_{tt} = 0, \quad (6)$$

$$-4\sigma_x - 2\tau_t + C_3 = 0, \quad (7)$$

$$-4\tau_{xxxx} - 2\sigma_t = 0, \quad (8)$$

$$-4\sigma_{xxx} + 6a_{xx} = 0, \quad (9)$$

$$-6\sigma_{xx} + 4a_x = 0, \quad (10)$$

$$\begin{aligned} a(n-1)u^n + ua_{tt} + ua_{xxxx} + \beta_{xxxx} + \beta_{tt} - n\beta u^{n-1} - 4\sigma_x u^n + 2uC_3 f'_{1u} \\ - 2C_3 f_1 n = 0. \end{aligned} \quad (11)$$

Решив уравнения (5)–(10), из уравнения (11) получаем классификационное уравнение для f_1 :

$$f_1 - f_1' u + Ku^n - Bu^{n-1} + F = 0.$$

Откуда получаем случаи для f_1 :

$$f_1(u) = Bu^{n-1}; f_1(u) = Ku^n; f_1(u) = Au + B; f_1(u) = \text{const}; f_1(u) = \forall$$

В ходе решения каждого из приведенных случаев установлено, что все допускаемые алгебры совпадают со случаем произвольной функции f_1 , а именно исходное уравнение допускает четырехпараметрическую группу Ли с операторами:

$$X_1 = \frac{\partial}{\partial x}, \quad X_2 = \varepsilon \frac{2t \partial}{\partial t} + \varepsilon \frac{x \partial}{\partial x} - \varepsilon \frac{4u \partial}{(n-1) \partial u}, \quad X_3 = \varepsilon \frac{\partial}{\partial t}, \quad X_4 = \varepsilon \frac{\partial}{\partial x}.$$

Случай $f_0(u) = e^u$

Действуя аналогично предыдущему случаю, с учетом что

$$\rho(t, x, u(t, x)) = \alpha(t, x)u + \beta(t, x), \tau(t), \sigma(x), C_1 = 0,$$

получим систему уравнений

$$-\tau_{xxxx} - \tau_{tt} + 2\alpha_t = 0, \quad (12)$$

$$-\sigma_{xxxx} + 4\alpha_{xxx} - \sigma_{tt} = 0, \quad (13)$$

$$4\sigma_x - 2\tau_t + C_3 = 0, \quad (14)$$

$$-4\tau_{xxx} - 2\sigma_t = 0, \quad (15)$$

$$-4\sigma_{xxx} + 6\alpha_{xx} = 0, \quad (16)$$

$$-6\sigma_{xx} + 4\alpha_x = 0, \quad (17)$$

$$\alpha(u-1)e^u + u\alpha_{tt} + u\alpha_{xxxx} + \beta_{xxxx} + \beta_{tt} - \beta e^u - 4\sigma_x e^u + 2C_3 f_1' u - 2C_3 f_1 + \frac{2C_3}{t^2} = 0. \quad (18)$$

Решив уравнения (12)–(17), из уравнения (18) получаем классификационное уравнение на f_1 :

$$f_1 - f_1' + Aue^u + Be^u + F = 0.$$

Откуда имеем случаи для f_1

$$f_1(u) = Au^2 e^u; f_1(u) = Bue^u; f_1(u) = F; f_1(u) = \forall.$$

В ходе решения каждого из приведенных случаев установлено, что все допускаемые алгебры совпадают со случаем произвольной функции f_1 , а именно исходное уравнение допускает четырехпараметрическую приближенную группу Ли с операторами

$$X_1 = \frac{\partial}{\partial x}, \quad X_2 = \varepsilon \frac{2t \partial}{\partial t} + \varepsilon \frac{x \partial}{\partial x} - \varepsilon \frac{4 \partial}{\partial u}, \quad X_3 = \varepsilon \frac{\partial}{\partial t}, \quad X_4 = \varepsilon \frac{\partial}{\partial x}.$$

Случай $f_0(u) = u$

Действуя аналогично предыдущему случаю, с учетом что

$\rho(t, x, u(t, x)) = \alpha(t, x)u + \beta(t, x), \tau(t), \sigma(x), C_1 = 0,$
 получим систему уравнений

$$\begin{aligned} -\tau_{tt} + 2\alpha_t &= 0, \\ -\sigma_{xxxx} + 4\alpha_{xxx} - \sigma_{tt} &= 0, \\ 4\sigma_x - 2\tau_t &= 0, \\ -4\sigma_{xxx} + 6\alpha_{xx} &= 0, \\ -6\sigma_{xx} + 4\alpha_x &= 0, \\ u\alpha_{tt} + u\alpha_{xxxx} + \beta_{xxxx} + \beta_{tt} - \beta - 4\sigma_x u + uC_3 f_{1u}' - C_3 f_1 &= 0. \end{aligned}$$

Решая систему, выполняем групповую классификацию по f_1 как и во всех предыдущих случаях:

при $f_1 = Au + B$:

$$\begin{aligned} X_1 = \varepsilon \frac{\partial}{\partial x}, X_2 = \varepsilon \frac{\partial}{\partial t}, X_3 = \varepsilon \frac{u \partial}{\partial u}, X_4 = \frac{\partial}{\partial t}, X_5 = \mu(t, x) \frac{\partial}{\partial u}, X_6 = \frac{u \partial}{\partial u}, \\ X_7 = \varepsilon \beta(t, x) \frac{\partial}{\partial u}, \text{ где } \beta(t, x) \text{ решение } \beta_{xxxx} + \beta_{tt} + C_3 B - \beta = 0. \end{aligned}$$

При $f_1 = F$, где F некая константа $\neq 0$,

$$\begin{aligned} X_1 = \varepsilon \frac{\partial}{\partial x}, X_2 = \varepsilon \frac{\partial}{\partial t}, X_3 = \varepsilon \frac{u \partial}{\partial u}, X_4 = \frac{\partial}{\partial t}, X_5 = \mu(t, x) \frac{\partial}{\partial u}, X_6 = \frac{u \partial}{\partial u}, \\ X_7 = \varepsilon \beta(t, x) \frac{\partial}{\partial u}, \text{ где } \beta(t, x) \text{ решение } \beta_{xxxx} + \beta_{tt} + C_3 F - \beta = 0. \end{aligned}$$

При $f_1(u) = \forall$

$$\begin{aligned} X_1 = \varepsilon \frac{\partial}{\partial x}, X_2 = \varepsilon \frac{\partial}{\partial t}, X_3 = \varepsilon \frac{u \partial}{\partial u}, X_4 = \frac{\partial}{\partial t}, X_5 = \mu(t, x) \frac{\partial}{\partial u}, X_6 = \frac{u \partial}{\partial u}, \\ X_7 = \varepsilon \beta(t, x) \frac{\partial}{\partial u}, \text{ где } \beta(t, x) \text{ решение } \beta_{xxxx} + \beta_{tt} + C_3 f_1 - \beta = 0. \end{aligned}$$

Библиографический список

1. Рабатнов Ю.Н. Механика деформируемого твердого тела / Изд-е 2-е перераб. М.: Наука, 1988. 812 с.
2. Лукашук С.Ю. Групповая классификация одного нелинейного приближенного уравнения субдиффузии [Текст] / С.Ю. Лукашук // Вестн. Сам. гос. техн. ун-та. Сер. Физ.-мат. наука. 2016. Т.20, № 4. С. 603–619.
3. Салаватова Р.И., Исследование нелинейной модели упругих колебаний балки // Мавлютовские чтения: матер. XVI Всерос. молодежной научной конф. В 6 томах. Уфа, 2022. С. 1151–1154.

© Агзамов В.Р., 2024

А.З. ГАЛЯМОВА*aliagalyamova@yandex.ru*Науч. руковод. – канд. физ.-мат. наук, доцент **В.О. ЛУКАЩУК***Уфимский университет науки и технологий***НЕКОТОРЫЕ ИНВАРИАНТНЫЕ РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЯ
ФОККЕРА-ПЛАНКА ДЛЯ ФРАКТАЛЬНОЙ СРЕДЫ**

Аннотация: в работе построены некоторые инвариантные решения уравнения Фоккера-Планка для фрактальной среды с использованием операторов допускаемой группы точечных преобразований.

Ключевые слова: инвариантные решения; уравнение Фоккера-Планка для фрактальной среды; операторы группы преобразований.

Уравнения Фоккера–Планка описывают эволюцию стохастических систем. Например, они описывают беспорядочные движения мелких частиц, погруженных в жидкости, колебания интенсивности лазерного излучения, распределение скоростей частиц жидкости в турбулентных потоках и стохастическое поведение обменных курсов [1].

Рассмотрим уравнение Фоккера-Планка для фрактальной среды

$$u_t + (a(x)u)_x = ((b(x)u)_x)_x. \quad (1)$$

Найдем инвариантные решения уравнения (1) при разных функциях $a(x)$ и $b(x)$.

Случай №1. Пусть $a(x) = x$, $b(x) = x^2$, тогда уравнение (1) запишется в виде

$$u_t - u - 3xu_x - x^2u_{xx} = 0. \quad (2)$$

Оно допускает операторы

$$X_1 = t^2 \frac{\partial}{\partial t} + (3t + \ln(x))tx \frac{\partial}{\partial x} + (3\ln(x)t - \ln(x) - \ln^2(x) - 3t^2 - 2t)u \frac{\partial}{\partial u},$$

$$X_2 = t \frac{\partial}{\partial t} + \frac{1}{2} \ln(x)x \frac{\partial}{\partial x} - \frac{1}{2} \ln(x)u \frac{\partial}{\partial u}, \quad X_3 = \frac{\partial}{\partial t},$$

$$X_4 = tx \frac{\partial}{\partial x} + \left(\frac{1}{2} \ln(x) - t\right)u \frac{\partial}{\partial u}, \quad X_5 = x \frac{\partial}{\partial x}, \quad X_6 = u \frac{\partial}{\partial u}.$$

Следуя алгоритму из [2,3], найдем общий инвариант $I(t, x, u)$ для оператора X_5 . Соответствующая характеристическая система обыкновенных дифференциальных уравнений имеет вид:

$$\frac{dt}{0} = \frac{du}{0} = \frac{dx}{x}.$$

Ее решение дает инвариант

$$I = I(t, u).$$

Следовательно, получаем анзац на решение $u = g(t)$, подставляя который в исходное уравнение (2), имеем

$$g_t = g.$$

Таким образом, инвариантное решение имеет вид

$$u(t) = Ae^t,$$

где $A = \text{const}$.

Найдем общий инвариант $I(t, x, u)$ для оператора X_4 . Соответствующая характеристическая система обыкновенных дифференциальных уравнений имеет вид:

$$\frac{dt}{0} = \frac{du}{\left(\frac{1}{2}\ln(x) - t\right)u} = \frac{dx}{tx}.$$

Ее решение дает инварианты I_1, I_2

$$I_1 = t, I_2 = t \ln(x) - \frac{\ln^2(x)}{4t}.$$

Следовательно, анзац на решение равен

$$u = \frac{1}{x} e^{\frac{\ln^2(x) + g(t)}{4t}}.$$

Совершая подстановку полученной функции в исходное уравнение (2), имеем редуцированное уравнение в частных производных

$$\ln^2(x) - 2g' + 2g + t = 0,$$

откуда

$$g(t) = \left(-\frac{1}{2} \frac{\ln^2(x)}{t} + \frac{1}{2} \ln(t) + C_1 \right) t.$$

Следовательно, инвариантное решение данного оператора

$$u = \frac{1}{x} e^{-\frac{\ln^2(x)}{4t} + \frac{\ln(t)}{2} + C_1}.$$

Аналогичным образом были получены инвариантные решения для оператора X_2

$$u = \frac{1}{x} (C_1 + C_2 \operatorname{erf}\left(\frac{\ln(x)}{2\sqrt{t}}\right))$$

и для линейных комбинаций $AX_3 + BX_5$

$$u = C_1 e^{\frac{1}{2}(B+2A+\sqrt{4AB+B^2})(Bt-A\ln(x))} + C_2 e^{\frac{1}{2}(B+2A-\sqrt{4AB+B^2})(Bt-A\ln(x))},$$

для $AX_3 + X_6$

$$u = C_1 e^{-A^2 e^{-\frac{t}{A}}},$$

для $AX_5 + X_6$

$$u = x^{\frac{1}{A}} C_1 e^{\frac{(A^2+4A-1)t}{A^2}}.$$

Случай №2. $a(x) = x^{n-1}$, $b(x) = x^n$, где $n \neq 2$.

Уравнение (1) в данном случае допускает четыре оператора

$$X_1 = t^2 \frac{\partial}{\partial t} - \frac{2}{n-2} tx \frac{\partial}{\partial x} + \left(-\frac{1}{(n-1)^2} x^{-n+2} + \frac{n}{n-2} t \right) u \frac{\partial}{\partial u},$$

$$X_2 = t \frac{\partial}{\partial t} - \frac{1}{n-2} x \frac{\partial}{\partial x}, \quad X_3 = \frac{\partial}{\partial t}, \quad X_4 = u \frac{\partial}{\partial u}.$$

Путем решения характеристической системы были найдены инварианты I_1, I_2 оператора X_2 , которые выглядят следующим образом

$$I_1 = tx^{n-2}, I_2 = u.$$

Откуда анзац на решение

$$u = g(tx^{n-2}).$$

Подставляя его в уравнение (1) и заменяя новой переменной $z = tx^{n-2}$, имеем редуцированное уравнение

$$z^2(n-2)^2 g'' - z(3n-7)(n-1)g' - (n-1)^2 g = 0,$$

Откуда

$$g = C_1(tx^{n-2})^{p+q} + C_2(tx^{n-2})^{p-q},$$

$$\text{где } p = \frac{4n^2 - 14n + 11}{2(n^2 - 4n + 4)}, q = \frac{\sqrt{20n^4 - 136n^3 + 336n^2 - 356n + 137}}{2(n^2 - 4n + 4)}.$$

Аналогично получено инвариантное решение для линейной комбинации операторов $AX_3 + X_4$

$$u = e^{\frac{t}{A}} \left(C_1 \text{hypergeom} \left(\frac{1+A}{A}, 2, x \right) x^{-n+1} + C_2 \text{BesselK} \left(\frac{1+A}{A}, 2, x \right) x^{-n+1} \right),$$

где *hypergeom*- гипергеометрическая функция, *BesselK* - функция Бесселя.

Случай №3. $a(x) = x, b(x) = x.$

Уравнение (1) в данном случае допускает четыре оператора

$$X_1 = \frac{\partial}{\partial t}, \quad X_2 = u \frac{\partial}{\partial u}, \quad X_3 = e^t \frac{\partial}{\partial t} + e^t x \frac{\partial}{\partial x} - e^t u \frac{\partial}{\partial u},$$

$$X_4 = e^{-t} \frac{\partial}{\partial t} - e^{-t} x \frac{\partial}{\partial x} - e^{-t} (x-1) u \frac{\partial}{\partial u}.$$

Действуя аналогично рассмотренным ранее случаям, получим следующие инвариантные решения для оператора X_3

$$u = \frac{C_1}{x} + \frac{C_2}{x} \ln \left(\frac{e^t}{x} \right),$$

для оператора X_4

$$u = \frac{e^x (C_1 e^t x + C_2)}{x},$$

для линейной комбинации $AX_1 + X_2, A = \text{Const},$

$$u = e^{\frac{t}{A}} (C_1 \text{KummerM} \left(\frac{1+A}{A}, 2, x \right) + C_2 \text{KummerU} \left(\frac{1+A}{A}, 2, x \right)).$$

Таким образом, в работе построены одиннадцать инвариантных решений уравнения Фоккера-Планка по допускаемым операторам группы. Отметим, что производные функции, входящие в уравнения, выбирались

многочленами. Построенные решения могут быть использованы в качестве начального приближения при численном решении данного уравнения.

Библиографический список

1. Резаев Р.О. Нелинейное уравнение Фоккера–Планка–Колмогорова в квазиклассическом траекторно-когерентном приближении: автореферат / Р.О. Резаев. Казань: КГУ, 2007. 15 с.

2. Ибрагимов Н.Х. Практический курс дифференциальных уравнений и математического моделирования. Классические и новые методы. Нелинейные математические модели. Симметрия и принципы инвариантности: учебное пособие / Н. Х. Ибрагимов. М.: Физматлит, 2012. 332 с.

3. Головин С.В. Групповой анализ дифференциальных уравнений: учебное пособие / С.В. Головин, А.А. Чесноков. Новосибирск: НГУ, 2009. 119 с.

© Галямова А.З., 2024

СЕКЦИЯ 5.10 МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ МАТЕМАТИКА

УДК 519.63

М.М. ГАЛИН

Научный руководитель – канд. физ. -мат. наук, доцент **С.А. МАЯКОВА**

Уфимский университет науки и технологий

СРАВНЕНИЕ ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ РЕШЕНИЯ ОБРАТНОЙ РЕТРОСПЕКТИВНОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ ГИПЕРБОЛИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ С МАЛЫМ ПАРАМЕТРОМ

Аннотация: в данной статье рассматривается подход к решению обратной задачи по определению источника возмущений в уравнении гиперболической теплопроводности с малым параметром.

Ключевые слова: обратные задачи, численные методы, сравнение.

Введение

В современном мире наблюдается все более растущий интерес к анализу и моделированию быстро протекающих процессов. Одним из ключевых инструментов для понимания таких явлений является математическое моделирование с использованием уравнений, описывающих динамику этих процессов. В частности, уравнение гиперболической теплопроводности с малым параметром ε представляет собой важный инструмент для анализа подобных систем.

В данной исследовательской работе рассмотрен подход к решению обратной задачи по определению источника возмущений в уравнении гиперболической теплопроводности с учетом малого параметра ε . Это уравнение, являющееся модификацией классического уравнения теплопроводности, включает производную по времени с небольшим параметром ε , что позволяет учитывать быстро протекающие процессы в различных областях науки и техники.

Таким образом, предложенный подход к решению обратной задачи по определению источника возмущений в уравнении гиперболической теплопроводности с малым параметром ε является перспективным направлением исследований и может быть использован в различных прикладных областях для анализа и моделирования быстро протекающих процессов.

Была рассмотрена следующая начально-краевая задача [1]:

$$\begin{cases} \varepsilon u_{tt} + u_t = (u_x u)_x + u(1 - u), & t \in (0, T), x \in [0, 1], \\ u(0, x) = q(x), \quad \varepsilon u_t(0, x) = 0, & x \in [0, 1], \\ u_x(t, 0) = u_x(t, 1) = 0, & t \in (0, T), \end{cases} \quad (1)$$

где $q(x)$ – начальное распределение.

Однако, в реальных задачах возможно измерить лишь функцию вида $f(x) = u(T, x|q)$, $x \in [0, 1]$. (2)

Обратная задача, соответствующая уравнениям (1)–(2), заключается в том, чтобы определить начальное распределение $q(x)$ на основе наблюдений за конечным распределением $f(x)$.

Градиентный подход к решению обратной задачи.

Поиск решения обратной задачи будет происходить в классе функций [1]

$$Q = \{q \in L_2([0, 1]): 0 \leq q(x) < \infty, q'(0) = q'(1) = 0\}.$$

Градиентный метод будем рассматривать в следующем виде [1]:

$$q^{n+1}(x) = q^n(x) - h_n J'(q^n), \quad q^0(x) \in Q.$$

Целевой функционал принимает вид [1]

$$J(q) = \int_0^1 |f(x) - u(T, x|q)|^2 dx.$$

Для получения решения обратной задачи необходимо провести решение сопряженной задачи вида [1]

$$\begin{cases} \varepsilon \tilde{v}_{tt} + \tilde{v}_t = u(T - t, x) \tilde{v}_{xx} + (1 - 2u(T - t, x)) \tilde{v} & t \in (0, T), \\ \tilde{v}(0, x) + \varepsilon \tilde{v}_t(0, x) = 2(f(x) - u(T, x)), \quad \varepsilon u_t(0, x) = 0, & x \in [0, 1], \\ \tilde{v}_x(t, 0) = \tilde{v}_x(t, 1) = 0, & t \in (0, T). \end{cases} \quad (3)$$

Выражение для градиента целевого функционала будет иметь вид [2]:

$$J'(q) = -\{\tilde{v}(T, x) + \varepsilon \tilde{v}_t(T, x)\}.$$

Разобьем область, в которой определена система, на отдельные части с постоянным временным шагом Δt и пространственным шагом Δx . Шаг по пространству во всех расчетах был принят $\Delta x = 0.01$. Оптимальный шаг по времени Δt выбирался на основе аналога условия Куранта:

$$\Delta t \leq \frac{\Delta x^2}{4} \rightarrow \Delta t = \frac{0.01^2}{4} = 0.000025.$$

Рассмотрим сначала случай $\varepsilon = 0$ (решается параболическое уравнение) с использованием явной разностной схемы со следующими заменами производных:

$$\begin{aligned} u_t &= \frac{U_j^{i+1} - U_j^{i-1}}{2\Delta t}, & u_{tt} &= \frac{U_j^{i+1} - 2U_j^i + U_j^{i-1}}{\Delta t^2}, \\ u_x &= \frac{U_{j+1}^i - U_{j-1}^i}{2\Delta x}, & u_{xx} &= \frac{U_{j+1}^i - 2U_j^i + U_{j-1}^i}{\Delta x^2}, \end{aligned}$$

где $U_j^i = u(t_i, x_j)$ – значение функции в точке сетки.

В качестве точного начального распределения была выбрана функция

$$q(x) = \begin{cases} \frac{x}{0.3}, & 0 < x \leq 0.3, \\ \frac{1-x}{0.7}, & 0.3 < x < 1. \end{cases}$$

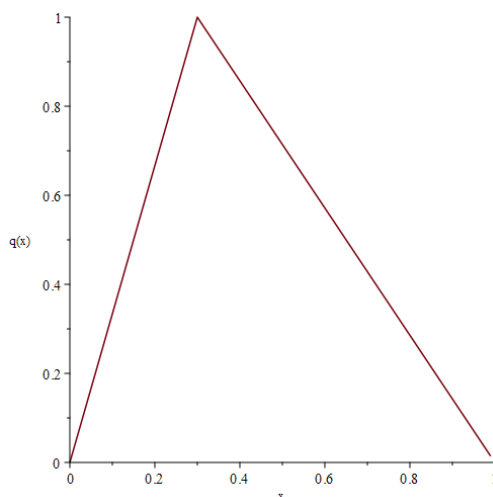


Рис. 1. Точное начальное условие $q(x)$

На рис. 1 изображено точное начальное распределение, которое требуется восстановить наиболее точно.

Таким образом, как видно на рис. 2, при данных условиях наибольшая точность решения (логарифм ошибки равен $-19,502$) была достигнута за 3871 итерацию, затратив 9,032 секунд. Последующие итерации только ухудшали результат и в конечном итоге не сходились к точному начальному распределению.

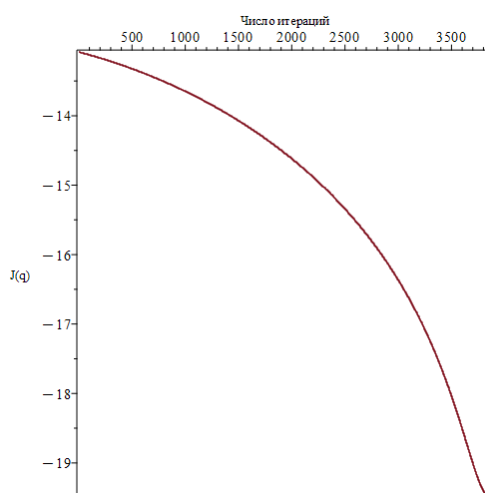


Рис. 2. Зависимость целевого функционала от числа итераций

Однако, при выборе $\varepsilon > 0$ (решается гиперболическое уравнение с малым параметром) было обнаружено, что использование явных разностных схем приводит к слабой устойчивости итерационного процесса. В связи с этим, было предложено применять неявные разностные схемы при решении как прямой, так и сопряженной задач с заменами производных

$$u_t = \frac{U_j^{i+1} - U_j^{i-1}}{2\Delta t}, \quad u_{tt} = \frac{U_j^{i+1} - 2U_j^i + U_j^{i-1}}{\Delta t^2},$$

$$u_x = \frac{U_{j+1}^{i+1} - U_{j-1}^{i+1}}{2\Delta x}, \quad u_{xx} = \frac{U_{j+1}^{i+1} - 2U_j^{i+1} + U_{j-1}^{i+1}}{\Delta x^2}.$$

Для подтверждения эффективности предложенного подхода были проведены численные эксперименты, в ходе которых использовались различные методы решения систем линейных алгебраических уравнений [3]. Эти эксперименты включают измерение времени выполнения и оценку точности полученного решения при решении сопряженной задачи с использованием неявной разностной схемы.

В качестве методов решения СЛАУ использовались как прямые, так и итерационные методы. Итерационные методы были использованы с целью получить более универсальный подход к решению данной задачи в тех случаях, когда матрица может быть не трехдиагональной.

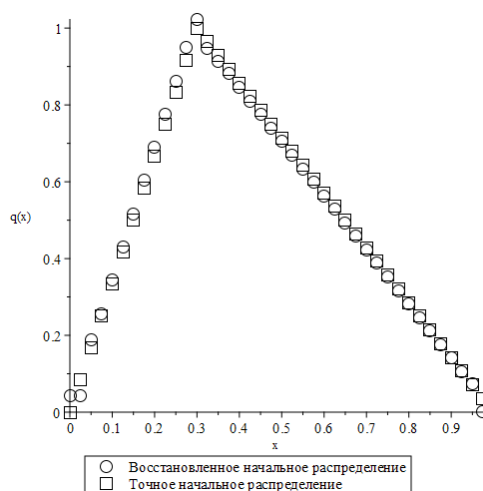


Рис. 3. Сравнение восстановленного и точного начальных распределений $q(x)$

Таблица 1

Сравнение численных методов решения СЛАУ

Метод	Время счета, с			Логарифм ошибки		
	$\varepsilon = 10^{-2}$	$\varepsilon = 10^{-3}$	$\varepsilon = 10^{-4}$	$\varepsilon = 10^{-2}$	$\varepsilon = 10^{-3}$	$\varepsilon = 10^{-4}$
TDMA	5,796	0,627	0,051	-15,352	-13,510	-13,142
Jacobi	23,417	4,061	0,343	-15,254	-13,510	-13,142
GS	22,213	3,819	0,332	-15,265	-13,510	-13,142
CG	39,819	2,796	0,255	-16,978	-13,509	-13,142

В табл. 1 приведены результаты численных экспериментов для следующих численных методов: TDMA (tridiagonal matrix algorithm) – метод трехдиагональной прогонки; Jacobi – метод простых итераций; GS – метод Гаусса-Зейделя; CG – метод сопряженных градиентов. Точность решения СЛАУ в итерационных методах – 10^{-4} . Под итерациями здесь имеются в виду итерации внешнего цикла градиентного метода.

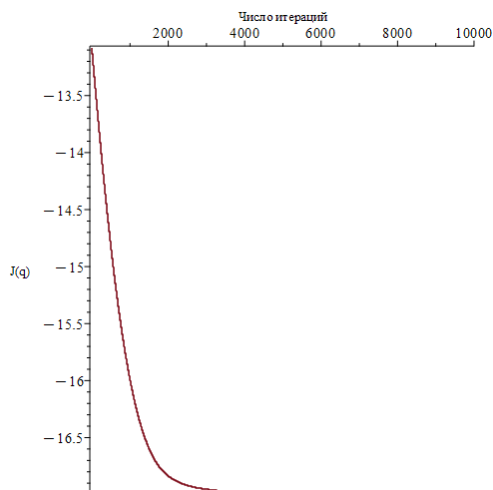


Рис. 4. Пример изменения целевого функционала в зависимости от числа итераций

Во всех численных экспериментах, приведенных в табл. 1, целевой функционал изменялся в зависимости от числа итераций одинаковым образом (как на рисунке 4), с той лишь разницей на каком уровне график выходил на плато. В связи с этим, было решено останавливать итерационный процесс в случае выполнения следующего условия:

$$\frac{J_i(q)}{J_{i-1}(q)} - 1 < 10^{-6},$$

то есть, когда относительное изменение целевого функционала на i -ой итерации незначительно. Таким образом, можно судить какой точности способен достичь итерационный процесс при заданном ε .

Полученные результаты подтвердили эффективность предложенного подхода и его применимость для решения практически значимых задач в различных областях науки и техники.

Библиографический список

1. Акиндинов Г.Д., Матюхин В.В., Криворотько О.И. Численное решение обратной задачи для уравнения гиперболической теплопроводности с малым параметром [Текст] / Г.Д. Акиндинов, В.В. Матюхин, О.И. Криворотько // Компьютерные исследования и моделирование. 15:2 (2023), 245–258.

2. Самарский А.А., Вабищев П.Н. Численные методы решения обратных задач математической физики: учебное пособие. Изд. 3-е. М.: Издательство ЛКИ, 2009. 480 с.

3. Еремеева М.С. Сравнение итерационных методов решения обратной ретроспективной задачи теплопроводности // Вестн. СВФУ. 2015. Т. 12. № 1. С. 15.

© Галин М.М., 2024

Д.А. НАСЫРОВА
dinasyrova@mail.ru

Уфимский университет науки и технологий

ПРИМЕНЕНИЕ ЛИНЕЙНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ К ИССЛЕДОВАНИЮ ВОЛНОВЫХ ПРОЦЕССОВ В ПОРИСТЫХ СРЕДАХ

Аннотация: математическое моделирование волновых процессов в пористых средах является важной проблемой. Это связано с тем, что актуальны задачи, связанные с исследованием и мониторингом состояния земных пород, горных массивов и нефтегазовых пластов с помощью акустических сигналов. Также решаются задачи определения свойств и качества пористых материалов.

Ключевые слова: преобразование Фурье, интегральное преобразование, пористая среда, акустические волны.

Актуальность задач о распространении и затухании акустических волн в пористой среде, обусловлена тем, что при добыче нефти при вытеснении нефти водой в порах нефтяного пласта возможно образование водонефтяной эмульсии. Для повышения нефтеотдачи может применяться метод виброволнового воздействия на пласт и призабойную зону скважин. Для совершенствования технологий виброволнового воздействия необходимо знание закономерностей распространения и затухания волн в пористой среде, насыщенной водонефтяной эмульсией.

Рассмотрим систему «жидкость - открытые поры - пористая среда». В исходном состоянии в пористой среде флюид неподвижен и давление однородно (рис. 1) Скелет пористой среды будем полагать несжимаемым. Координатная ось направлена перпендикулярно фронту волны, начало ($x_0 = 0$) координат находится на плоскости границы.

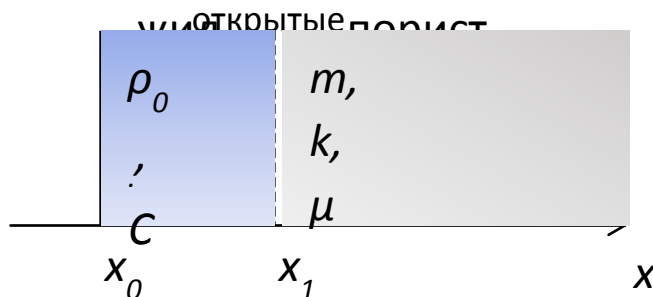


Рис. 1.

Запишем уравнения движения жидкости и жидкости в пористой среде. Уравнения сохранения масс и импульсов для плотности ρ , давления p и скорости w для жидкости в состоянии покоя:

$$\begin{cases} \frac{\partial \rho}{\partial t} + \rho_0 \frac{\partial w}{\partial x} = 0 \\ \rho_0 \frac{\partial w}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial x} = 0 \end{cases} \quad (1)$$

Уравнения сохранения масс и импульсов для плотности ρ , давления p и скорости w для жидкости в пористой среде, после начала движения:

$$\begin{cases} \frac{\partial \rho}{\partial t} + \rho_0 \frac{\partial w}{\partial x} = 0 \\ \rho_0 \frac{\partial w}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial x} = -\frac{mk}{\mu} w \end{cases} \quad (2)$$

Здесь C - скорость звука в жидкости, μ - динамическая вязкость, k - проницаемость, m - пористость, p - давление, ρ - плотность.

Решение систем уравнений (1) и (2) будем искать в виде стоячих волн (в случае гармонических колебаний с частотой ω).

Для жидкости: $p = A_l^{(p)}(x)e^{i\omega t}$, $w = A_l^{(w)}(x)e^{i\omega t}$

Для жидкости в пористой среде: $p = A_{pm}^{(p)}(x)e^{i\omega t}$, $w = A_{pm}^{(w)}(x)e^{i\omega t}$.

Общее решение системы (1) имеет вид:

$$A_l^{(p)} = C_{1l} \cos\left(\frac{\omega}{C}x\right) + C_{2l} \sin\left(\frac{\omega}{C}x\right).$$

$$\text{Тогда } A_l^{(w)}(x) = \frac{C_{1l}}{C\rho_0 i} \sin\left(\frac{\omega}{C}x\right) - \frac{C_{2l}}{C\rho_0 i} \cos\left(\frac{\omega}{C}x\right)$$

Решение системы (2) выглядит следующим образом:

$$A_{pm}^{(p)}(x) = \frac{\rho_0 C}{i} \sqrt{1 - \frac{m\mu i}{k\rho_0\omega}} \left[C_{1pm} \sin\left(\frac{\omega}{C} \sqrt{1 - \frac{m\mu i}{k\rho_0\omega}} x\right) - C_{2pm} \cos\left(\frac{\omega}{C} \sqrt{1 - \frac{m\mu i}{k\rho_0\omega}} x\right) \right]$$

$$A_{pm}^{(w)}(x) = C_{1pm} \cos\left(\frac{\omega}{C} \sqrt{1 - \frac{m\mu i}{k\rho_0\omega}} x\right) + C_{2pm} \sin\left(\frac{\omega}{C} \sqrt{1 - \frac{m\mu i}{k\rho_0\omega}} x\right)$$

Проведено исследование волнового процесса в пористой среде с помощью линейного интегрального преобразования Фурье; получены выражения для определения амплитуд давления и скорости для жидкости и для жидкости в пористой среде.

Библиографический список

1. Gubaidullin A.A. Waves in porous media saturated with bubbly liquid / A.A. Gubaidullin, O.Y. Boldyreva, D.N. Dudko // Journal of Physics: Conference Series. – 2017. Vol. 899, No. 3. P. 032011. DOI 10.1088/1742-6596/899/3/032011. EDN XNOUDG.
2. Михлин С.Г. Линейные уравнения в частных производных: учеб. пособие для вузов. М., Изд-во Высшая школа, 1977. 431 с.
3. Шагапов В.Ш. К решению задачи об отражении линейных волн в флюиде от насыщенного этим флюидом пористого полупространства / В.Ш. Шагапов, А.Ш. Султанов, С.Ф. Урманчеев // Прикладная механика и техническая физика. 2006. Т. 47, № 5 (279). С. 16–26. EDN NXKWHT.

© Насырова Д.А., 2024

А.Р. САФИУЛЛИН

safiullinak@mail.ru

Науч. руковод. – канд. физ.-мат. наук, доцент **М.Н. ГАЛИМЗЯНОВ**

Уфимский университет науки и технологий

ПАДЕНИЕ АКУСТИЧЕСКОЙ ВОЛНЫ ПОД УГЛОМ НА ГРАНИЦУ МЕЖДУ ПУЗЫРЬКОВОЙ И «ЧИСТОЙ» ЖИДКОСТЯМИ

Аннотация: рассматривается распространение гармонических колебаний малой амплитуды при переходе из двухфазной (содержащей парогазовые пузырьки) жидкости в однофазную. Исследуются зависимости коэффициентов отражения и прохождения волны от угла падения и частоты колебаний.

Ключевые слова: пузырьковая жидкость, колебания малой амплитуды, коэффициент отражения, коэффициент прохождения.

Падение волн на границу можно рассматривать с двух сторон: из пузырьковой жидкости в «чистую», либо из «чистой» жидкости в пузырьковую. В данном случае рассматривается первый вариант. При этом волна попадает на границу под углом. После этого часть волны проходит в «чистую» жидкость, а другая часть отражается в пузырьковую жидкость. Для описания характеристик таких волн можно рассмотреть коэффициенты отражения и прохождения. Для этого необходимы следующие начальные данные: температура жидкости T_0 , давление в жидкости p_0 , радиус пузырьков a_0 и объемное содержание пузырьков α_{g0} . Схематично задача изображена на рис. 1.

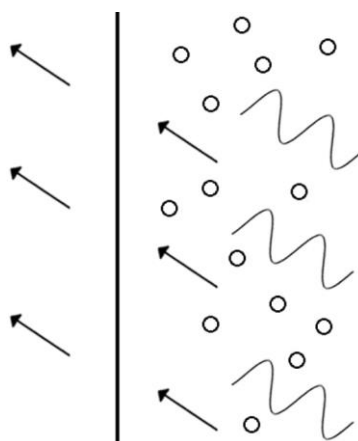


Рис. 1. Падение акустических волн на границу между пузырьковой и «чистой» жидкостями под углом

Данную задачу можно описать с помощью дифференциальных уравнений механики сплошных сред [1]. Для этого используются уравнения неразрывности, сохранения импульсов, Рэлея-Ламба, теплопроводности и диффузии [2]:

$$\begin{aligned} \frac{1}{C_l^2} \frac{\partial p_l}{\partial t} + \rho_{l0}^0 \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right) - 3\rho_{l0}^0 \frac{\alpha_{g0}}{a_0} \frac{\partial a}{\partial t} &= 0, \\ \rho_{l0}^0 \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial p_l}{\partial x} &= 0, \quad \rho_{l0}^0 \frac{\partial v}{\partial t} + \frac{\partial p_l}{\partial y} = 0, \\ \rho_{l0}^0 a_0 \frac{\partial^2 a}{\partial t^2} + 4 \frac{\rho_{l0}^0 v_l^\mu}{a_0} \frac{\partial a}{\partial t} &= p_g - p_l + \frac{2\sigma}{a_0^2} a, \\ \rho_{l0}^0 c_g \frac{\partial T_g}{\partial t} &= \frac{\lambda_g}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(\lambda_g r^2 \frac{\partial T_g}{\partial r} \right) + \frac{\partial p_g}{\partial t}, \\ \frac{\partial k}{\partial t} &= \frac{D}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} r^2 \frac{\partial k}{\partial r}, \end{aligned} \quad (1)$$

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.

Следующие граничные условия замыкают систему уравнений (1):

$$\begin{aligned} T_g &= T_l = T_{(a)}, \quad k = k_{(a)}, \\ \lambda_l \frac{\partial T_l}{\partial r} - \lambda_g \frac{\partial T_g}{\partial r} &= jL, \\ \frac{\partial k}{\partial r} &= 0, \quad \frac{\partial T_g}{\partial r} = 0, \quad (r = 0), \\ T_l &= 0, \quad (r = \infty), \end{aligned}$$

где j – интенсивность испарения жидкости, L – удельная теплота парообразования воды.

На границе $x = 0$ выполняются условия непрерывности давления и нормальной компоненты скорости [3]:

$$\begin{aligned} p^{(0)} + p^{(r)} &= p^{(s)}, \\ v^{(0)} \cos \theta^{(0)} - v^{(r)} \cos \theta^{(r)} &= v^{(s)} \cos \theta^{(s)}, \end{aligned}$$

где $\theta^{(0)}, \theta^{(r)}$ и $\theta^{(s)}$ – углы падения падающей, отраженной и преломленной волн, $v^{(0)}, v^{(r)}$ и $v^{(s)}$ – соответствующие возмущения скоростей.

Для пузырьковой жидкости, описанной выше, определены коэффициенты преломления и отражения волны:

$$S = 2 / \left(1 + \frac{C_l K}{\omega} \right), \quad R = S - 1,$$

где ω – частота возмущений, K – волновой вектор.

Для расчетов использованы физические параметры воды, пузырьки содержат воздух и водяной пар [4].

На рис. 2 представлены графики модулей коэффициентов отражения и прохождения акустической волны в зависимости ее от частоты и угла падения.

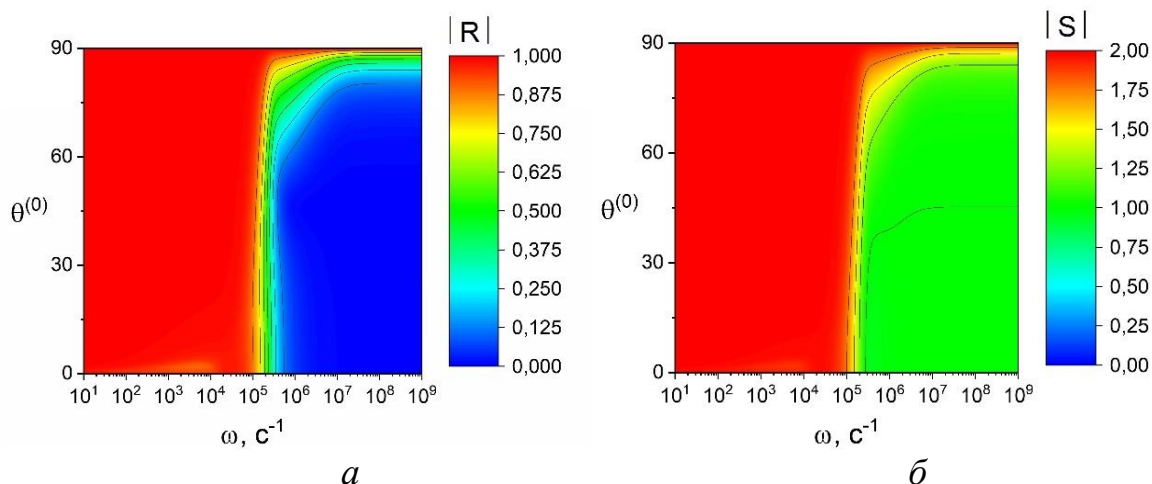


Рис. 2. Характеристики акустической волны в зависимости ее от частоты ω и угла падения $\theta^{(0)}$ при $p_0 = 10^5$ Па, $\alpha_{g0} = 10^{-2}$, $T_0 = 373$ К, $a_0 = 10^{-3}$ м;
a – модуль коэффициента отражения $|R|$ волны;
б – модуль коэффициента прохождения $|S|$ волны

Модуль коэффициента отражения при частотах от 10^1 с^{-1} до 10^5 с^{-1} имеет значения $0.9 \leq |R| \leq 1$. Это означает, что отраженная волна стала незначительно слабее исходной, причем для всех углов падения $0^\circ \leq \theta^{(0)} \leq 90^\circ$. Далее, по шкале частот, модуль коэффициента снижается до значения, близкого к нулю. Это граничное значение частоты является собственной частотой колебаний пузырьков. После него волна уже имеет частоту выше, и эффект отражения волны пропадает ($|R| \approx 0$).

График модуля коэффициента прохождения имеет структуру как у коэффициента отражения, но отличаются значения. В первом диапазоне частот $\omega = 10^1 \leq 10^5 \text{ с}^{-1}$ он имеет очень высокое значение $|S| \approx 2$. Это значит, что до собственной частоты колебаний пузырьков волна, проходящая в «чистую» жидкость, удваивает свою амплитуду. Во втором диапазоне $\omega = 10^5 \leq 10^9 \text{ с}^{-1}$ частот амплитуда волны не меняется при переходе через границу ($|S| \approx 1$).

На рис. 3 представлены график зависимости угла преломления акустической волны от ее частоты и угла падения. До частоты $\omega \approx 10^4 \text{ с}^{-1}$ угол преломления $\theta^{(s)} \approx 65^\circ$ для всех углов падения, начиная с $\theta^{(0)} \approx 4^\circ$. Далее идет частотная полоса от 10^4 с^{-1} до 10^5 с^{-1} , где $\theta^{(s)} \approx 0^\circ$. После этой частоты волна не преломляется при переходе через границу.

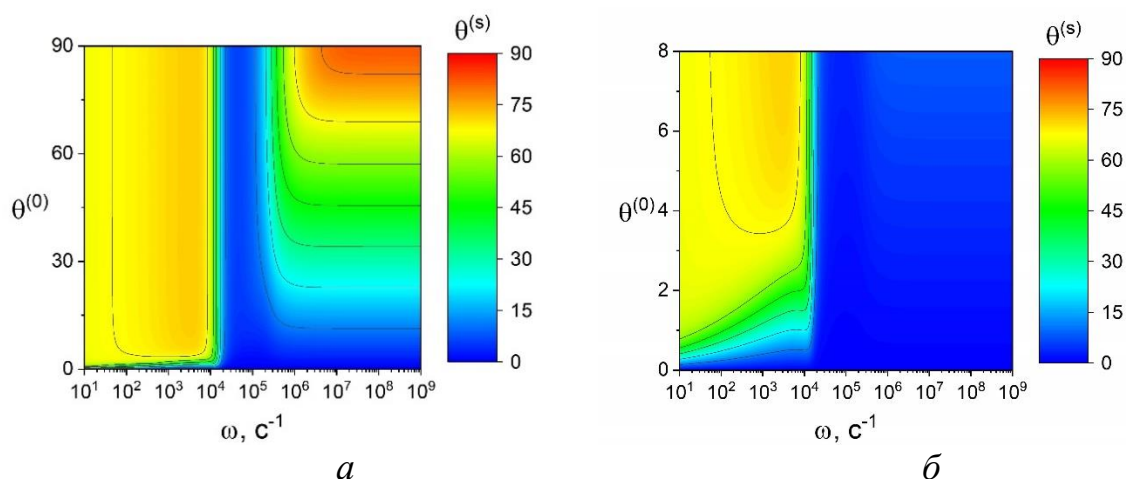


Рис. 3. Зависимость угла преломления $\theta^{(s)}$ акустической волны от ее частоты ω и угла падения $\theta^{(0)}$ при $p_0 = 10^5$ Па, $\alpha_{g0} = 10^{-2}$, $T_0 = 373$ К, $a_0 = 10^{-3}$ м;
 а – угол падения от $0^\circ \leq \theta^{(0)} \leq 90^\circ$;
 б – угол падения от $0^\circ \leq \theta^{(0)} \leq 8^\circ$ (более подробный вариант а)

Таким образом, рассмотрено отражение и прохождение акустической волны под углом через границу между пузырьковой и «чистой» жидкостями. Показано, что, до собственной частоты колебаний пузырьков, пузырьковая жидкость имеет значительные эффекты отражения и усиления колебаний. После собственной частоты описанные свойства пузырьковой жидкости перестают проявляться. Угол преломления имеет сложную зависимость от угла падения, что стоит учитывать в приложениях.

Библиографический список

1. Нигматулин Р.И. Динамика многофазных сред / 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 / В.Ш. Шагапов, М.Н. Галимзянов, И.И. Вдовенко // Теплофизика высоких температур. 2019. Т. 57, № 2. С. 284–290.
3. Шагапов В.Ш. Особенности отражения и прохождения акустических волн на границе «чистой» и пузырьковой жидкостей при «косом» их падении / В.Ш. Шагапов, М.Н. Галимзянов, И.И. Вдовенко // Теплофизика высоких температур. 2019. Т. 57, № 3. С. 464–468.
4. Варгафтик Н.Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей / Н.Б. Варгафтик. 2-е изд., доп. и перераб. М.: Наука, 1972. 721 с.

© Сафиуллин А.Р., 2024

СЕКЦИЯ 5.11 КОМПЬЮТЕРНЫЕ СИМУЛЯТОРЫ И ИГРЫ

УДК 004.42

Д.С. ПИМЕНОВ, А.Ф. БАКТЫБАЕВ, Э.Р. ЛАТЫПОВ

dpimenov37@gmail.com, baktybaev.amir@mail.ru,

lollolovich228228@gmail.com

Науч. руковод. – канд. тех. наук, доц. **Е.А. КУЗЬМИНА**

Уфимский университет науки и технологий

РАЗРАБОТКА КОМПЬЮТЕРНОЙ ИГРЫ «MUSHROOM MADNESS»

Аннотация. Рассматривается вопрос о создании компьютерной игры, с использованием следующего инструментария: unity; blender; FL studio; MS visual studio; substance painter.

Ключевые слова: компьютерная игра; unity; blender; FL studio; MS visual studio; substance painter.

Введение

Mushroom Madness – это игра в жанре Run and Gun. Данный жанр является поджанром Shoot ‘em up, в котором главный герой передвигается пешком, иногда с возможностью совершать прыжки. Игры направления «беги и стреляй» могут быть с вертикальной или горизонтальной прокруткой, а также с изометрическим видом, в них может быть представлено мультинаправленное движение. [1]

С точки зрения игрового процесса ключевыми референсами стали такие игры как: Alien Shooter, Hotline Miami, Vampire Survival и The Witcher. Игрок будет иметь возможность перемещаться, бегать, а также совершать прыжки и кувырки для уклонения от атак противников.

Alien Shooter

- Различные виды оружия
- Множество разнообразных врагов
- «Разрушаемость» противников

Vampire Survival

- Красочные и запоминающиеся локации
- Игровые механики

Hotline Miami

- Динамичная боевая система

The Witcher

- Механика прыжков и уклонений от атак

В художественном стиле игра является трехмерной низкополигональной (так называемой «Low-poly»), с изометрическим видом.

Главным референсом по стилистике стала мобильная игра «Last Day on Earth: Survival» от студии Кефир.

Описание сюжета игры

Главный герой игры дед Максим – бывший военнослужащий ГРУ, а ныне грибник и охотник, идет в лес собирать грибы. Набрав полную корзину, он собирается идти по тропинке обратно домой. Но вдруг, из чащи леса он слышит пронзительный вопль. Подбежав к источнику звука, он не верит своим глазам! По всей опушке леса кричат и бегают странные грибы! Закричав от увиденного, монстры замечают главного героя, достают сельскохозяйственные инструменты и бегут на главного героя. Опешив от неожиданности, дед Максим достает свою двустволку, которую он взял с собой на случай встречи с дикими зверями, и начинает стрелять по грибам, разнося их на куски. Теперь, чтобы добраться до дома, главному герою предстоит пробиваться через полчища мухоморов, бледных поганок и прочих представителей царства грибов. Закончились патроны? Не беда! У главного героя под рукой есть оружие ближнего боя, которое к тому же можно отнять у своих врагов. В процессе игры, главный герой побывает во множестве удивительных уголков проклятого леса. Кто знает, какие опасности в себе таит это место и что предстоит пройти главному герою, чтобы вернуться обратно домой.

Игроку предстоит сражаться с разнообразными противниками и боссами, решать головоломки, а также находить новое снаряжение и предметы, которые помогут ему пройти увлекательные уровни и выйти из леса.

Используемый инструментарий

Немного про движок Unity. Unity – это кроссплатформенная среда разработки компьютерных игр. Движок позволяет создавать приложения, которые доступны более чем на 25 платформах. На данном игровом движке написаны более сотен игр и различных приложений, которые доступны на множестве платформ. Unity используют как обычные инди студии, так и довольно-таки крупные игровые компании.

Редактор имеет простой интерфейс, из-за чего в нем не сложно разобраться. Для написания различных скриптов, движок использует язык C#. Проекты в Unity делятся на сцены – это отдельные файлы, которые содержат в себе как различные наборы объектов, так и целые игровые миры. Объекты же содержат в себе различные наборы компонентов, с которыми в дальнейшем могут взаимодействовать скрипты. У объектов также имеются свои имена, а также различные теги.

К плюсам unity можно отнести обширную кроссплатформенную поддержку, простой и понятный интерфейс, наличие визуальной среды разработки, обширный выбор бесплатных библиотек с ассетами, из-за чего создавать маленькие проекты для начинающих инди студий, становится

намного проще. К минусам же можно отнести отсутствие поддержки различных ссылок на внешние библиотеки, медлительность самого Unity из-за чего появляется еще одна проблема, производительность. Если компания захочет сделать что-то большее, чем маленькую инди-игру, ей придется искать хорошего программиста на C#, который сможет оптимизировать проект. Кроме того, различные приложения, которые написаны на движке, занимают большой объем памяти, из-за чего такие проекты довольно тяжело переносить на мобильные устройства. [2]

В своей игре мы так же использовали множество технологий Unity для создания различных механик, некоторые идеи на этапе прототипа уже реализованы, другие же еще не добавлены и поэтому прорабатываются. Так, механика стрельбы, подбора патронов, уже реализована, но она на ранней стадии готовности. Некоторые элементы головоломок также уже присутствуют в прототипе, на первом уровне, игроку, чтобы пройти дальше, нужно перейти через мост, но он сломан. Чтобы починить его, игроку придется отыскать некоторое количество досок, которые раскинуты по всей стартовой локации. Другие механики, по типу перезарядки оружия, выпадение оружия с врагов и его подбор, смена оружия (то есть его переключение) еще не добавлены в игру и поэтому еще прорабатываются. У врагов на данном этапе, скудный искусственный интеллект, из-за чего они часто могут застревать в деревьях и прочих препятствиях. Дизайн и механики врагов так же еще добавляются, так, в игре имеется один вид врагов, один вид дизайна и реализован один вид атаки. Игра все еще создается, поэтому множество идей и различных механик еще только добавляются.



Рис. 1. Механики игры



Рис. 2. Игровые механики

Для разработки игровых моделей персонажа, противников и объектов окружения используется программа Blender, а также Substance Painter для создания текстур.

Substance 3D Painter является наиболее удобной программой от компании Adobe для быстрого и качественного создания текстур и материалов 3D моделей в реальном времени. Программа позволяет использовать слои и маски, что очень схоже с работой в растровых редакторах таких как Adobe Photoshop или Krita.

Главными особенностями Blender является открытый исходный код, наличие множества функций в одной программе, а также небольшой размер относительно аналогов.

Концепт-арты персонажей и противников, иллюстрации для игры, а также графический интерфейс игры сделаны при помощи растрового редактора Krita, который так же имеет открытый исходный код. Данный редактор имеет удобный интерфейс, который можно настроить под себя, умеренные системные требования и множество инструментов, которые можно так же настроить или создать новые.

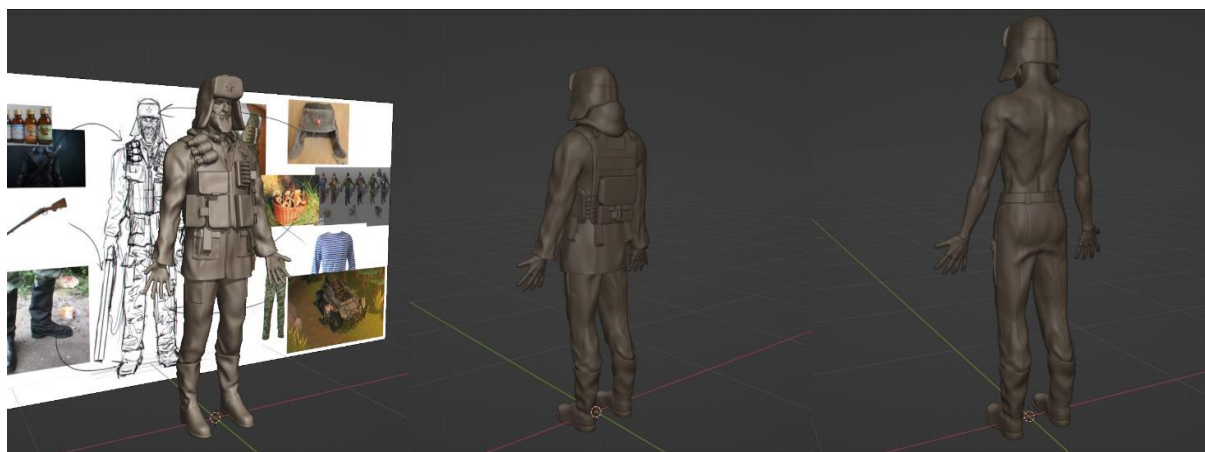


Рис. 3. High-poly модель персонажа



Рис. 4. Лицо и Low-poly модель героя

Microsoft Visual Studio C# и Unity

Пакет visual studio позволяет автоматически создавать и поддерживать файлы проекта. Кроме того, Visual Studio открывается при двойном щелчке скрипта или сообщения об ошибке в консоли Unity. Visual Studio предоставляет такие функции, как завершение кода IntelliSense, подсветка синтаксиса и фрагменты кода, которые помогают писать код быстрее и эффективнее. Кроме того, есть инструменты отладки, включая возможность устанавливать точки останова, просматривать код, проверять переменные и оценивать выражения во время выполнения.

FL studio

FL studio (или же в прошлом fruity loops) - это цифровая звукозаписывающая станция, для написания музыки. Программа поставляется со множеством разнообразных генераторов, которые сделаны на собственной архитектуре. Программа поддерживает сторонние плагины из-за чего написание музыки становится во много раз проще и удобнее. Эффекты так же поставляются вместе с программой. FL studio - это в первую очередь дорожечный секвенсор, поэтому создание музыки происходит в Piano Roll, Step Sequencer, а уже затем идет составление всей композиции из отдельных частей в отдельном окне Playlist. Так же имеется большой набор уже заготовленных инструментов и множества эффектов, которые могут быть использованы во время написания композиции. В дальнейшем данная программа будет использована для написания различных композиций для игры Mushroom Madness.

При помощи всех вышеописанных инструментов мы планируем и уже реализуем наш игру Mushroom Madness.

Библиографический список

1. Unity и C#. Геймдев от идеи до реализации. 2-е изд. Бонд Джереми Гибсон.
2. Геймдизайн: Как создать игру, в которую будут играть все. Шелл Джесси.
3. Unity в действии. Мультиплатформенная разработка на C#. 3-е межд. издание. Хокинг Джозеф.
4. «Программирование на C# для начинающих» (2023). А. Васильев.
5. «Искусство создания сценариев в Unity Алан Торн».

© Пименов Д.С., 2024

Б.В. ГАЛИЕВ, Р.Р. ХАРУНОВ

renarlis@yandex.ru, rishat.kharunov@mail.ru

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доцент **Р.Р. КАРИМОВ**

Уфимский университет науки и технологий

ГЕЙМИФИКАЦИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА НА ДВИЖКЕ VARWIN С ПРИМЕНЕНИЕМ VR-ТЕХНОЛОГИЙ

Аннотация: в статье рассматривается использование игровых элементов в учебном процессе с применением виртуальной реальности на платформе Varwin для студентов технических специальностей. Авторами оценена эффективность образовательных сценариев и сформированы рекомендации по их интеграции в учебные курсы. Основное внимание уделяется развитию аналитических навыков и практической подготовке через интерактивное обучение в виртуальной среде.

Ключевые слова: геймификация образования, интерактивное обучение, Varwin, VR-технологии, мотивация студентов, образовательные технологии.

Введение

Геймификация в последнее время получила признание в сфере образования, где игровые принципы используются для обучения. Использование игр для мотивации учащихся и улучшения обучения становится важным элементом педагогики. В сфере информационных технологий понимание логического и аналитического мышления является критически важным фактором для успешной работы и развития. Логическое мышление позволяет инженерам и разработчикам эффективно разбираться в сложных алгоритмах, логике программ и структурах данных. Varwin Education – это образовательная среда для создания и управления интерактивными 3D/VR/AR/XR-мирами, адаптированная для учебных целей. Эта платформа предоставляет возможности для создания образовательных сценариев и развития компетенций учащихся. Цель данного исследования заключается в оценке эффективности геймификации учебного процесса при изучении технологических процессов, а также моделирование, проектирование и эксплуатация подобных систем. Анализ результатов позволит выявить преимущества и недостатки данного подхода и предложить рекомендации для его дальнейшего применения в образовательной практике.

Студенты, изучающие базовые инженерные дисциплины на первом курсе университета, сталкиваются с рядом трудностей в усвоении

материала, чаще всего – в связи с недостаточной мотивацией и отсутствием интереса к учебному процессу. Особенно это касается таких важных направлений, как программирование, структуры данных и алгоритмизация, моделирование процессов, эксплуатация силовых машин, которые тесно переплетаются между собой. Понимание алгоритмизации и моделирования играет ключевую роль в развитии студентов как будущих специалистов в области информационных технологий. Использование геймификации в обучении учитывает интересы и потребности студентов, позволяет совместить их персональные цели с целями обучения, усиливает понимание студентами значимости обучения для своего будущего. Внедрение геймификации в обучение способствует повышению мотивации, вовлечению студентов, их большей удовлетворенности от процесса обучения, формированию состояния «потока» и т. д. [0].

Для начала следует отметить, что любая игровая деятельность может нести в себе цель вне самой игры. На главной оси находится организация и содержание, между которыми и происходит игровая деятельность. Игра находится на полюсе содержания, что связано с тем, что педагог в процессе игры останавливает процесс обучения и возвращается к нему после окончания игровой деятельности. Геймификация же, в свою очередь, находится на полюсе организации [2]. В данном случае все процессы идут параллельно с игрой, «содержание урока» не затрагивается геймификацией, но повышается мотивация учащихся, активизация их деятельности.

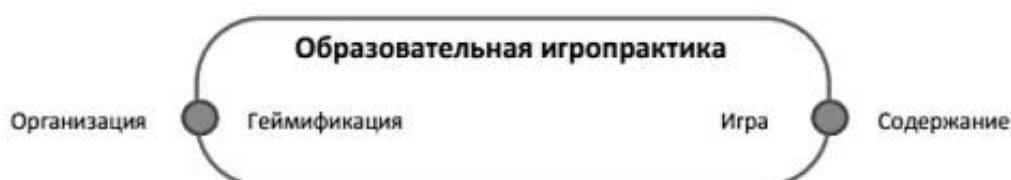


Рис. 1. Схема отражения места геймификации в образовательном процессе

Часто понятия «игра» и «геймификация» подменяют, что связано с переводом этих понятий на английский язык: game (игра) и gamification (геймификация). По этой причине следует рассмотреть существенные отличия игры от геймификации. Ниже представлена табл. 1, которая содержит в себе список выделенных отличий [3].

Отличия игры от геймификации

Игра	Геймификация
Имеет четкие правила и цели	Имеется набор заданий, за выполнение которых дается награда в виде баллов, значков
Имеется вероятность поражения	Уровни можно выполнять несколько раз, т. е. поражение невозможно
Внутренняя награда (удовлетворение) от процесса игры	Имеется вероятность внутреннего награждения (например, удовлетворение при достижении поставленной цели)
Создание игры представляет собой сложный и дорогой процесс	Внедрение геймификации является не столь сложным и дорогим
Содержание меняется в зависимости от сюжета игры	Элементы игры добавляются без искажения содержания

Основываясь на выделенных преимуществах, недостатках, а также опыте внедрения геймификации следует рассмотреть возможную схему адаптации геймификации в образовательном процессе, предложенную в «A Practitioner’s Guide to Gamification of Education».

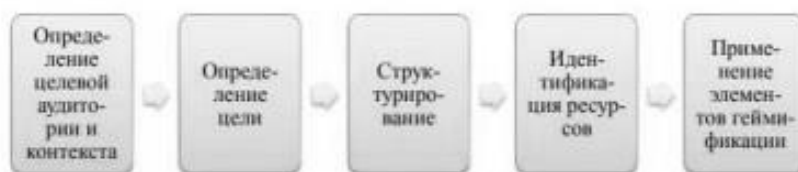


Рис. 2. Возможная адаптация геймификации в образовательный процесс

Сформировать логическое мышление с нуля представляется студентам весьма сложной задачей. Особенно в контексте того, что существующие методы обучения склонны скорее к запоминанию материала, чем к его логическому осмыслению и развитию мыслительных процессов. Статья нацелена на решение этой проблемы путем геймификации учебного процесса. Это подход позволит студентам не только усваивать информацию, но и развивать логическое мышление, умение создавать алгоритмы, а также решать задачи на более абстрактном уровне. Благодаря геймификации учебного процесса можно добиться повышения мотивации студентов, улучшения усвоения учебного материала, развития креативного мышления, стимулирования сотрудничества и командной работы, повышения уровня вовлеченности и учебной продуктивности [5].

Для адекватной оценки влияния геймификации на учебный процесс, используем как качественные, так и количественные методы. Качественный подход будет включать в себя наблюдение за учащимися во время взаимодействия с образовательными сценариями на основе Varwin

Education. Это позволит увидеть реакцию студентов, их уровень заинтересованности, активности и эмоциональные реакции в процессе учебы. Количественный метод предполагает анализ результатов тестирования по теме логических операторов и моделированию до и после использования геймифицированных учебных сценариев. Это позволит нам получить цифровые данные о степени усвоения материала и изменениях в знаниях студентов после внедрения геймификации.

Разработка образовательных сценариев будет направлена на создание интерактивной и увлекательной обучающей среды на платформе Varwin Education. Эти сценарии будут включать в себя разнообразные задачи и игровые задания, специально спроектированные для изучения и практического применения изучаемого материала. Мы предусмотрим разные уровни сложности и методы обучения, чтобы адаптировать материал под разные типы учащихся и их индивидуальные потребности. Каждый сценарий будет сбалансирован, чтобы поддерживать интерес студентов и обеспечивать им возможность систематического и глубокого изучения темы.

Чтобы начать использовать Varwin, не нужно быть геймером. Огромное количество обучающих материалов поможет начать свое изучение уже сейчас. Varwin является идеальной платформой для геймификации обучения по нескольким причинам:

1. **Привлекательность и мотивация:** использование элементов игры делает учебный процесс более привлекательным и увлекательным для учащихся, что может стимулировать их мотивацию и желание учиться.

2. **Интерактивность:** геймификация через Varwin позволяет создавать интерактивные сценарии обучения, в которых учащиеся могут взаимодействовать с виртуальным окружением, выполнять задания и получать обратную связь в реальном времени.

3. **Индивидуализация обучения:** Varwin позволяет создавать персонализированные обучающие сценарии, учитывающие уровень знаний и способности каждого учащегося.

4. **Практические навыки:** с помощью геймификации обучения в Varwin учащиеся могут развивать практические навыки, выполняя задания в виртуальном пространстве. Это особенно полезно для обучения навыкам, требующим практической отработки, например, в инженерных областях.

5. **Обратная связь:** Varwin позволяет интегрировать системы обратной связи, которые могут автоматически оценивать успехи учащихся и предоставлять рекомендации для дальнейшего обучения.

6. **Экономия времени и ресурсов:** использование виртуальной среды обучения с помощью Varwin может сократить необходимость в реальных учебных материалах, помещениях и оборудовании, что экономит время и ресурсы обучающей организации.

7. *Глобальный доступ:* виртуальные обучающие сценарии, созданные с помощью Varwin, могут быть доступны из любой точки мира с помощью интернета.

Стандартный подход разработки не всегда подходит для геймификации учебного процесса, поэтому предлагается идея развития геймификации, как инструмента обучающего процесса, при помощи VR-систем. Организация такого проекта позволит студентам постепенно развивать свои мыслительные процессы от простых до более сложных, осваивая принципы линий производства и автоматизации [5].

Разработка подразумевает гибкость подхода к созданию уровней и задач: от простого броска мяча в корзину, до моделирования полноценных физико-химических процессов. Подобный подход обучения от простого действия до сложных систем позволяет обучать игрока с заметно меньшими затратами сил, более увлеченно. Этот постоянный циклический рост, следование за новыми уровнями и улучшениями, заставляет игрока более глубоко погрузиться в игру и развивать свое логическое мышление так, чтобы каждый последующий уровень или задание было более оптимизированно.

Этот подход позволяет игроку структурировать свои знания более осознанно, применять их на практике. При использовании объектно-ориентированного подхода для корректного выполнения задач, игрок сталкивается с необходимостью использовать те или иные теоретические материалы в независимости от того есть они в игре или на уровне, или в учебных материалах.

Ниже находится пример обучающего уровня на движке Varwin: игровой обучающий тренажер по сварке. В игровой сцене используются 4 основных элемента: сварочный аппарат, электрододержатель, электроды и маска для сварки. В данном обучающем уровне происходит геймификация процесса сварки, начиная от обучения удерживания электрода под правильным углом до сварки двух разных листов металла. На уровне присутствуют кнопки различного взаимодействия с виртуальным миром, а также теоретические сведения каждого этапа.



Рис. 3. Пример обучающего уровня



Рис. 4. Обучающий материал удерживания электрода

Заключение

В ходе исследования было установлено, что геймификация образовательного процесса при помощи движка Varwin демонстрирует значительные преимущества перед традиционными методами обучения. Учащиеся, занятые геймифицированными образовательными сценариями, проявляют более высокий уровень усвоения материала и большую мотивацию к обучению.

Библиографический список

1. Акчелов Е.О. Новый подход к геймификации в образовании [Текст]/ Е.О. Акчелов, Е.В. Галанина // Векторы благополучия: экономика и социум. 2019. № 1 (32). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/novyy-podhod-k-geymifikatsii-v-obrazovanii/viewer> (дата обращения 19.11.2024).
2. Исследование рынка онлайн-обучения 2020 [Электронный ресурс]. – URL: <https://research.edmarket.ru/> (дата обращения 19.11.2024). URL: «research.edmarket.ru», требуется авторизация.

3. Мерзлякова О.П. Геймификация образовательного процесса как инструмент развития мышления школьников. 2023. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/geymifikatsiya-obrazovatel'nogo-protsessa-kak-instrument-razvitiya-myshleniya-shkolnikov/viewer> (дата обращения 19.11.2024).

4. Воробьев А.В. Цифровые технологии и искусственный интеллект в организационно-технических системах: монография / А.В. Воробьев [и др.]. Уфа: РИЦ УУНиТ, 2024. 258 с. (дата обращения 19.11.2024).

5. Официальный сайт Varwin Education // VR-технологии в образовании [Электронный ресурс]. URL: <https://varwin.com/ru/education/vr-obrazovanie/> (дата обращения 19.11.2024).

© Галиев Б.В., Харунов Р.Р., 2024

В.В. ДЕМИДОВА, А.А. КУЗНЕЦОВА

vascademidova@gmail.com, kuznetsovangelina@mail.ru

Науч. руковод. – канд. физ.-мат. наук, доц. **Л.И. ШЕХТМАН**

Уфимский университет науки и технологий

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ 3D-ПАКЕТОВ ПО ИНСТРУМЕНТАМ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Аннотация: статья посвящена сравнительному анализу современных 3D-пакетов по их функциональным возможностям и особенностям применения в различных областях. Рассматриваются пять ключевых программных продуктов: Blender, Autodesk Maya, Cinema 4D, 3ds Max, ZBrush. Представлен анализ их достоинств и недостатков.

Ключевые слова: 3D-моделирование; Blender; Autodesk Maya; Cinema 4D; ZBrush; 3ds Max.

В связи с начатой деятельностью в области разработки компьютерных симуляторов и игр рассматривается задача выбора наиболее подходящего 3D-пакета [1, 2]. Для обоснованного выбора необходимо выполнить сравнительный анализ функционала, удобства использования, стоимости и производительности.

Цель работы – определить наиболее подходящий инструмент для 3D на основе сравнительного анализа функционала, удобства использования, стоимости и производительности.

Сравним программы по следующим группам критериев: инструменты моделирования, совместимость, общие факторы.

Сначала рассмотрим инструменты моделирования.

1. Примитивы. Набор базовых геометрических объектов (куб, сфера, цилиндр и т. д.), которые используются как стартовая точка для создания сложных моделей.

2. Полигональное моделирование. Работа с объектами, состоящими из полигонов (вершин, ребер и граней). Основной метод создания и редактирования геометрии в большинстве 3D-программ.

3. Использование сплайнов. Работа с кривыми (сплайнами) для построения гладких и детализированных объектов, таких как трубы, провода, декоративные элементы или контуры моделей.

4. Скульптинг. Инструменты для лепки и создания органических форм, как в реальной глине. Используется для персонажей, объектов природы и других детализированных моделей.

5. Ретопология. Процесс упрощения и оптимизации сетки объекта для улучшения производительности или подготовки для анимации. Часто применяется после скульптинга.

6. Инструменты редактирования. Набор функций для изменения формы объектов: перемещение, масштабирование, вращение, экструдирование, разрезание и другие базовые операции.

7. Модификаторы. Неразрушающие инструменты, которые изменяют геометрию объекта (например, зеркальное отражение, изгиб, массив). Позволяют сохранять гибкость при работе с моделью.

Результаты анализа 3D пакетов с точки зрения инструментов моделирования показаны в табл. 1.

Таблица 1

Сравнение 3D пакетов по инструментам моделирования

Критерий	Blender	Autodesk Maya	Cinema 4D	3ds Max	ZBrush
1	Да	Да	Да	Да	Ограничено
2	Да	Да	Да	Да	Нет (сфокусирован на скульптинге)
3	Да	Да	Да	Да	-
4	Да	Ограничено	Ограничено	Ограничено	Да
5	Да	Ограничено (плагины)	Ограничено	Ограничено (плагины)	Да
6	Да	Да	Да	Да	Ограничено
7	Да (широкий выбор)	Ограничено	Ограничено	Да	Нет (аналогов модификаторов нет)

Большинство программ, кроме ZBrush, поддерживают базовые примитивы для начала моделирования и предоставляют инструменты для полигонального моделирования, работы со сплайнами и редактирования геометрии. Blender и ZBrush выделяются развитым функционалом для скульптинга и ретопологии, тогда как в других программах для этих задач часто требуются плагины. Blender и 3ds Max обладают мощными системами модификаторов, позволяющими неразрушающее редактирование, а наиболее продвинутые инструменты редактирования доступны в Blender и Maya.

Теперь рассмотрим возможности совместимости 3D пакетов.

1. Поддержка стандартных форматов. Способность программы работать с наиболее популярными форматами 3D-моделей (например, OBJ, FBX, STL).

2. Кросс-программное взаимодействие. Уровень совместимости программы с другими приложениями.

3. Прямая интеграция. Возможности для прямого взаимодействия с другими программами, рендерами и системами.

4. Плагины. Наличие сторонних плагинов, расширяющих возможности программы.

5. Планшеты. Возможности работы с графическими планшетами и их настройка.

Сравнительный анализ возможностей совместимости 3D пакетов показан в табл. 2.

Таблица 2

Сравнение 3D пакетов по совместимости

Критерий	Blender	Autodesk Maya	Cinema 4D	3ds Max	ZBrush
1	FBX, OBJ, STL, PLY, 3DS, другие	FBX, OBJ, Alembic, Collada и другие	FBX, OBJ, 3DS, Collada и другие	FBX, OBJ, 3DS, Alembic и другие	OBJ, FBX, ZPR, STL и другие
2	Поддержка множества форматов, импортеров/экспортеров	Хорошая поддержка взаимодействия с другими программами	Хорошая интеграция с другими приложениями	Множество плагинов для взаимодействия	Ограничено экспорт/импорт с другими программами
3	Поддержка внешних рендеров и плагинов	Интеграция с внешними рендерами, плагинами	Интеграция с рендерами и плагинами	Встраивание в пайплайн с рендерами и плагинами	нет прямой интеграции с внешними рендерами
4	Широкая библиотека плагинов для различных нужд	Множество профессиональных плагинов для работы	Большой выбор плагинов для разных задач	Огромное количество плагинов для расширения функционала	Ограничено базовые плагины, ограниченные возможности
5	Полная поддержка для графических планшетов	Поддержка планшетов с высокоточной настройкой	Отличная поддержка планшетов	Отличная поддержка для графических планшетов	Поддержка планшетов, но ограниченная

Blender, Autodesk Maya, Cinema 4D и 3ds Max предлагают широкий набор возможностей для интеграции с другими приложениями, работы с популярными форматами и поддержки внешних плагинов. Они все предлагают отличную поддержку планшетов и устройств захвата движения, с высоким уровнем кросс-программного взаимодействия. ZBrush ограничен в этих аспектах, особенно по части интеграции с внешними рендерами и захвата движения, что делает его более узкоспециализированным инструментом для скульптурирования. В целом, если нужен гибкий рабочий процесс с взаимодействием между различными приложениями, лучше выбрать Blender, Maya, Cinema 4D или 3ds Max.

Наконец, сравним пакеты для 3D моделирования по общим факторам.

1. Стоимость. Отражает цену программы или лицензионного пакета, включая как платные версии, так и бесплатные. Важно учитывать, что бесплатные программы, как Blender, могут быть сильными конкурентами дорогим решениям.

2. Поддержка и обучение. Уровень доступа к обучающим материалам, туториалам и официальной поддержке. Некоторые программы предлагают обширные курсы и поддержку, что снижает барьер для новичков.

3. Интерфейс. Удобство и логичность интерфейса. Программы с хорошим интерфейсом позволяют быстрее овладеть функционалом, в то время как более сложные программы требуют большего времени на изучение.

4. Производительность. Способность программы эффективно работать с большими проектами, сложными сценами и интенсивными вычислениями.

5. Основное направление развития. Это ключевые области, в которых программа активно развивается и на которые ориентируются разработчики. Это важно для определения, какие задачи программа будет решать лучше всего.

6. Спрос на рынке работодателей. Уровень востребованности программ на рынке труда. Некоторые программы, такие как Maya, имеют высокий спрос в индустриях, связанных с анимацией, кино и визуальными эффектами.

Результаты анализа по общим факторам показаны в табл. 3.

Сравнение 3D пакетов по общим факторам

Критерий	Blender	Autodesk Maya	Cinema 4D	3ds Max	ZBrush
1	Бесплатно (Open Source)	Высокая стоимость лицензии	Высокая стоимость лицензии	Высокая стоимость лицензии	Относительно высокая стоимость
2	Широкая поддержка, много бесплатных ресурсов	Отличная поддержка, курсы от Autodesk	Хорошая поддержка и обучающие курсы	Множество официальных и сторонних ресурсов	Ограниченная поддержка, но множество онлайн-курсов
3	Прост в освоении, но требует времени для освоения всех функций	Более сложный интерфейс, для профессионалов	Дружелюбный интерфейс с простыми переходами	Интуитивно понятный, но насыщенный интерфейс	Интерфейс прост, но специализирован для скульптур
4	Высокая производительность, особенно для рендеринга с использованием Eevee и Cycles	Очень высокая производительность, особенно для сложных сцен	Хорошая производительность, но может требовать более мощных машин для рендеринга	Отличная производительность для больших проектов и сложных сцен	Ограниченная производительность для сложных анимаций и сцен
5	Общее 3D-моделирование, анимация, рендеринг, скульптинг, VR/AR	Анимация, визуализация, VFX, рендеринг	Motion graphics, анимация, рендеринг	Архитектурная визуализация, анимация, игры	Скульптинг, текстурирование, цифровая скульптура
6	Растущий спрос, особенно в игровой и анимационной индустрии	Высокий спрос в профессиональной 3D-анимации и киноиндустрии	Высокий спрос в motion graphics, рекламе и анимации	Популярен среди специалистов по визуализации, архитектуре и анимации	Специализированный спрос в области скульптуры и 3D-печати

Blender, Autodesk Maya, Cinema 4D и 3ds Max все имеют свои сильные стороны, но Blender выделяется своей доступностью и растущим спросом в разных отраслях, особенно среди начинающих и любителей. Maya и 3ds Max обладают сильной позицией на рынке профессиональных визуализаций, а также в кино и анимации, предлагая высокую производительность и обширные возможности обучения. Cinema 4D отлично подходит для motion graphics и анимации, с упором на графический дизайн и рекламу. ZBrush же, несмотря на высокую стоимость, остается незаменимым инструментом в области цифрового скульптинга и текстурирования, но его рынок узкоспециализирован, что ограничивает общий спрос.

Blender и ZBrush хорошо зарекомендовали себя в скульптурировании и ретопологии, причем Blender также предлагает широкий спектр модификаторов для неразрушающего редактирования. Autodesk Maya и 3ds Max предоставляют расширенные инструменты редактирования, но для скульптурирования и ретопологии могут быть добавлены дополнительные плагины. Cinema 4D имеет интерфейс и хорошие возможности моделирования, но ограничен в возможности создания скульптур без плагинов. Все программы, кроме ZBrush, включают широкий спектр 3D-форматов и хорошо интегрируются с другими приложениями. Cinema 4D популярен в моушн-графике и рекламе благодаря простоте использования. ZBrush специализируется на цифровой скульптуре и текстурировании, востребованных на нишевом рынке. Выбор программы для моделирования также зависит от таких факторов, как тип модели, интеграция и бюджет. Blender отличается доступностью и универсальностью, Maya, 3ds Max, Cinema 4D и ZBrush имеют высокую стоимость и более профессиональные качества.

Библиографический список

1. Воробьев А.В. Цифровые технологии и искусственный интеллект в организационно-технических системах: монография / А.В. Воробьев [и др.]. Уфа: РИЦ УУНиТ, 2024. 258 с.
2. Егорова И.Н., Гайдамащук А.В. Исследование программных сред 3D-моделирования / И.Н. Егорова., А.В. Гайдамащук. Technology audit and production reserves 6, 2013. 3 с.

© Демидова В.В., Кузнецова А.А., 2024

М.Р. ИБАТУЛЛИН

ibatullin.m@gmail.com

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. **А.С. КОВТУНЕНКО**

Уфимский университет науки и технологий

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВИРТУАЛЬНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ЛАБОРАТОРИЙ В СОСТАВЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ МЕТАВСЕЛЕННОЙ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЙ VR/AR

Аннотация: в работе рассматривается проблема применения технологий метавселенных и VR в образовательном процессе. Предложен подход к повышению эффективности обучения путем применения метавселенной. Разработана методика построения химических лабораторий на основе VR. Методика реализована в виде программного комплекса для конструирования виртуальных лабораторий в составе образовательной метавселенной.

Ключевые слова: VR, edtech, метавселенные, микросервисы

Введение

С развитием технологий появились новые подходы к обучению, ранее недоступные. В данной статье рассматривается применение технологий виртуальной реальности (VR) для обучения в виртуальной химической лаборатории, с акцентом на интерактивное взаимодействие пользователя с системой.

Внедрение VR-технологий в области химии расширяет возможности обучения по следующим причинам: доступ к продвинутому оборудованию, снижение рисков для жизни и здоровья, экономия времени на лабораторные эксперименты и инструктаж, повышение доступности образования, а также стимуляция интереса и мотивации обучающихся.

Цель работы – повышение эффективности обучения химии с использованием виртуального тренажера для практических занятий.

Настоящее исследование посвящено разработке и применению технологий виртуальной реальности (VR) для обучения в виртуальной химической лаборатории. Рассматриваются современные SOTA-подходы, демонстрирующие высокую эффективность в интерактивном взаимодействии с пользователем, что способствует повышению точности и эффективности обучения химии, снижению рисков и затрат, а также увеличению доступности и мотивации к изучению данной дисциплины.

Современные подходы к моделированию химических опытов в виртуальной реальности

Современные технологии, такие как виртуальная и дополненная реальность, предоставляют уникальные возможности для моделирования химических опытов, значительно обогащая образовательный процесс. Виртуальная реальность (VR) позволяет создать иммерсивные образовательные среды, где учащиеся могут визуализировать и взаимодействовать с молекулярными структурами в трехмерном пространстве. Например, Smith и Jones (2022) исследуют влияние иммерсивного обучения на понимание молекулярных структур, отмечая, что использование VR-гарнитур позволяет обучающимся глубже погрузиться в материал, предлагая интерактивные симуляции, в которых можно манипулировать молекулами и изменять условия эксперимента в реальном времени.

Дополненная реальность (AR) также играет значительную роль в образовательных технологиях. Patel и Wang (2019) рассматривают применение AR для интерактивного обучения химии, где физические лабораторные работы дополняются виртуальными элементами, что позволяет учащимся взаимодействовать с виртуальными объектами и информацией в реальном времени. Этот подход не только добавляет новый уровень интерактивности, но и позволяет совмещать данные из физических и виртуальных экспериментов, создавая более комплексный образовательный опыт.

Кроме того, в сфере органической химии VR используется для улучшения лабораторного опыта. Lee и Park (2021) описывают создание реалистичных симуляций лабораторных экспериментов, которые точно воспроизводят реальные условия и реакции. Этот метод не только улучшает качество обучения, но и позволяет проводить лабораторные занятия удаленно, что особенно важно в условиях, когда доступ к физическим лабораториям ограничен.

Современные исследования в области виртуальной (VR) и дополненной реальности (AR) внесли значительный вклад в улучшение образовательного процесса. Тем не менее, анализ этих работ выявляет ряд общих недостатков, которые ограничивают их эффективность и потенциал для более широкого применения.

Большинство исследований сосредоточены на конкретных аспектах химического образования, таких как понимание молекулярных структур или отдельные области химии, например, органическая химия. Это ограничивает спектр лабораторных экспериментов, доступных для изучения, и не позволяет охватить более широкие темы и дисциплины. Статьи не содержат универсального инструмента-конструктора, который позволял бы тьюторам и обучающимся создавать или модифицировать виртуальные лабораторные эксперименты по своему усмотрению.

В результате пользователи вынуждены работать только с готовыми симуляциями, что ограничивает их творческий потенциал и возможности по адаптации учебного материала.

Для устранения этих недостатков и повышения эффективности виртуальных лабораторных экспериментов предлагается следующее. Создание конструктора лабораторных экспериментов и включение лабораторных экспериментов в более крупную образовательную метавселенную, объединяющую различные дисциплины и предметы, чтобы обучающиеся могли получить комплексный образовательный опыт.

Математическая модель химической лаборатории и постановка задачи создания сценария

Виртуальная химическая лаборатория представляет собой сложную систему, состоящую из множества компонентов, таких как химические вещества, реактивы, инструменты и оборудование. Для точного моделирования таких лабораторных экспериментов необходимо разработать математическую модель, которая будет описывать взаимодействия между этими компонентами.

В основе такой модели лежат множества объектов, представляющие собой химические вещества, реактивы и оборудование. Например, можно выделить множество всех возможных реактивов, множество оборудования и множество состояний, в которых может находиться каждый объект. Взаимодействия между этими объектами, такие как химические реакции, моделируются с использованием алгебраических структур, которые можно рассматривать как отображения между множествами реагентов и продуктов реакции.

Кроме того, каждый объект, будь то реактив или инструмент, может находиться в различных состояниях, например, быть "пустым", "нагретым" или "заполненным". Переходы между этими состояниями зависят от времени и условий эксперимента и моделируются соответствующими функциями.

Задача создания сценария виртуальной химической лаборатории заключается в разработке экспериментального процесса, который моделирует взаимодействия между компонентами, такими как химические вещества, реактивы, инструменты и оборудование, в виртуальной среде. Основная цель состоит в том, чтобы создать интерактивный, реалистичный и образовательный сценарий, позволяющий пользователям, проводить химические эксперименты, аналогичные реальным, но в безопасной и контролируемой виртуальной среде.

Для достижения этой цели необходимо сначала определить компоненты сценария, такие как химические вещества, реактивы и оборудование, которые будут использоваться в эксперименте. Эти компоненты представляются в виде множеств объектов, где каждое множество содержит все возможные варианты реактивов и инструментов,

доступных для данного сценария. Затем важно разработать математическую модель, которая будет описывать взаимодействия между этими компонентами, включая моделирование химических реакций, рассматриваемых как отображения между множествами реагентов и продуктов реакции. Также следует учитывать различные состояния объектов, и моделировать переходы между этими состояниями в зависимости от времени и условий эксперимента.

Сценарий должен включать последовательность действий, которую пользователь должен выполнить для проведения эксперимента, с учетом всех переходов состояний и взаимодействий между компонентами. Важно задать конкретные условия, при которых будет проходить эксперимент, такие как температура, давление и наличие катализаторов, и интегрировать эти условия в математическую модель, чтобы они корректно влияли на результаты реакции.

Интеграция виртуальной химической лаборатории в метавселенную

Предложенная реализация виртуальная химическая лаборатория не является изолированной системой, а представляет собой часть более масштабной образовательной метавселенной. Интеграция в метавселенную открывает перед обучающимися и тьюторами новые горизонты, предоставляя доступ к широкому спектру образовательных ресурсов и возможностей.

Метавселенная предоставляет уникальные возможности для комплексного образовательного опыта, где обучающиеся могут получать знания не только в области химии, но и в таких смежных дисциплинах, как физика, биология и математика, используя единую платформу для обучения. Это расширяет возможности обучения, предлагая доступ к виртуальным библиотекам, музеям, симуляциям и другим ресурсам, которые способствуют углубленному изучению предмета.

Виртуальное пространство также способствует коллаборации и коммуникации: обучающиеся и тьюторы могут взаимодействовать друг с другом, обмениваться знаниями и опытом, участвовать в совместных проектах и исследованиях. Кроме того, метавселенная поддерживает персонализированное обучение, позволяя адаптировать учебный процесс к индивидуальным потребностям каждого учащегося, предлагая персонализированные задания, рекомендации и обратную связь.

Одним из ключевых преимуществ обучения в метавселенной является его доступность и гибкость. Оно не ограничено физическим местоположением, что делает образование более доступным для учащихся из разных регионов и с различными возможностями. Для реализации взаимодействия между виртуальной химической лабораторией и другими компонентами метавселенной могут быть использованы различные технологии интеграции. Стандартизированные API обеспечат бесшовную

интеграцию с другими приложениями и сервисами, работающими в метавселенной. Технологии виртуальной и дополненной реальности позволят создавать иммерсивные образовательные среды и взаимодействовать с виртуальными объектами. Облачные технологии обеспечивают масштабируемость и доступность системы для большого количества пользователей.

Архитектура конструктора лабораторных экспериментов

Построение эффективной архитектуры является краеугольным камнем успешной разработки программного обеспечения. В контексте стремительного развития технологий виртуальной реальности, особенно важно обеспечить гибкость, масштабируемость и устойчивость системы. В данной работе предлагается использовать микросервисную архитектуру для построения виртуальной химической лаборатории.

Управляющая часть состоит из следующих модулей, реализованных как отдельные микросервисы:

Модуль заданий обеспечивает создание, редактирование и удаление заданий, а также их группировку в учебные курсы, модуль учетных записей пользователей и организаций управляет учетными записями пользователей (обучающихся, тьюторов) и организаций, предоставляя возможность создания, удаления и изменения групп, а также приглашения пользователей и ручного добавления списков, модуль лицензий отвечает за проверку лицензий пользователей, включая срок действия и количество активаций.

Выбор микросервисной архитектуры для разрабатываемой системы обусловлен стремлением обеспечить, чтобы добавление или улучшение отдельных функций не влияло на работу остальных компонентов. Основные принципы микросервисной архитектуры, лежащие в основе этой системы, включают модульность, слабую связанность, автономность, гибкость и масштабируемость, а также технологическую независимость. Каждый микросервис представляет собой независимую функциональную единицу, отвечающую за свою бизнес-логику, что позволяет обеспечить модульность системы. Взаимодействие между сервисами осуществляется через четко определенные API, что гарантирует слабую связанность и независимость в выборе технологий и масштабировании. Автономность каждого сервиса позволяет ему быть развернутым и обновленным независимо, что повышает отказоустойчивость и гибкость системы. Гибкость и масштабируемость достигаются за счет того, что добавление новых сервисов или изменение существующих не влияет на функционирование остальной системы, что обеспечивает легкую адаптацию к новым требованиям. Технологическая независимость позволяет каждому сервису использовать наиболее подходящие технологии для решения конкретных задач, что способствует оптимизации разработки и повышению эффективности системы в целом.

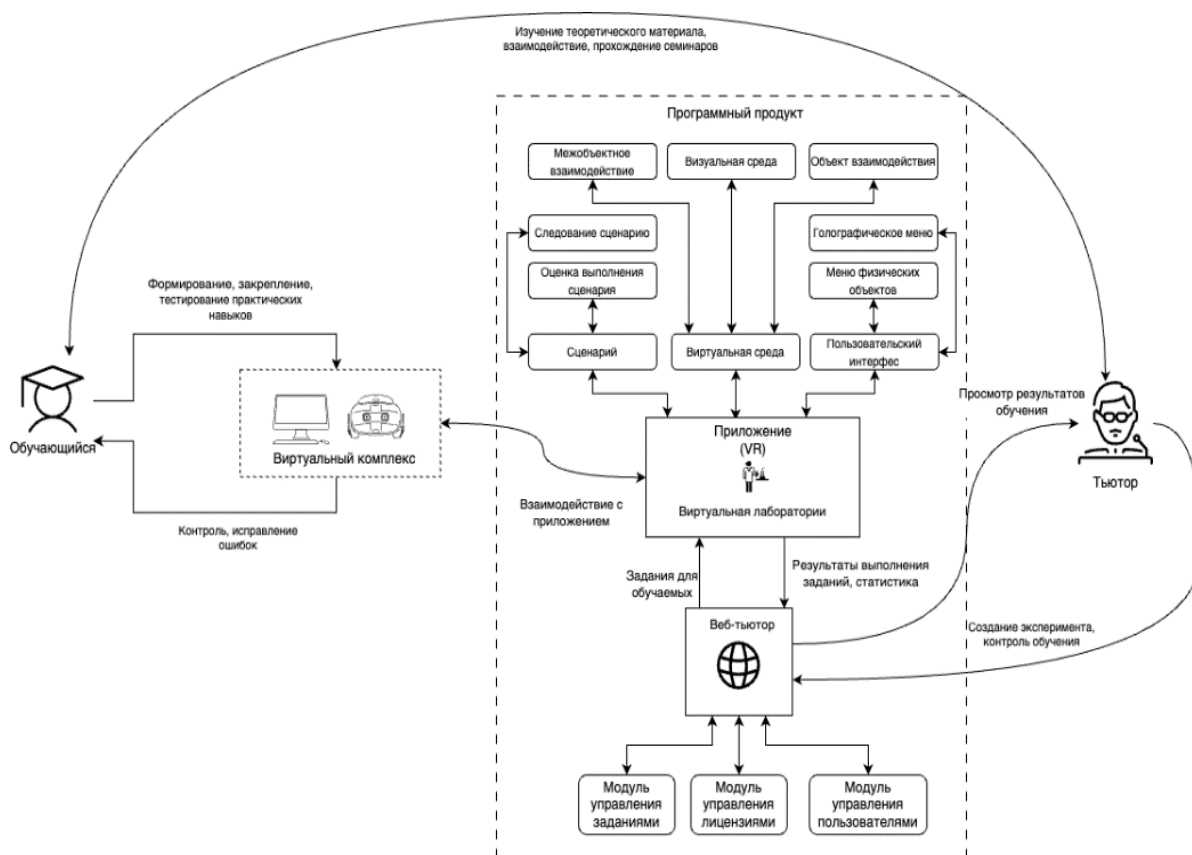


Рис. 1. Граф требуемого маршрута

Благодаря микросервисному подходу, разрабатываемая виртуальная химическая лаборатория будет обладать высокой гибкостью, масштабируемостью и устойчивостью к изменениям, что обеспечит ее долгосрочную жизнеспособность и адаптивность к быстро меняющимся требованиям образовательного процесса.

Метаанализ данных обучения

Интеграция виртуальной химической лаборатории в метавселенную открывает новые возможности для совместного обучения и взаимодействия, а также позволяет собирать и анализировать обширные данные о процессе обучения. Это дает возможность провести метаанализ и оценить эффективность и преимущества данного подхода.

Для метаанализа можно использовать различные типы данных. Данные о прогрессе обучающихся включают информацию о завершении заданий, времени, потраченном на выполнение каждого задания, проценте завершения, оценках, баллах за каждое задание, правильных и неправильных ответах, а также скорости обучения, измеряемой количеством попыток, необходимых для правильного выполнения задания.

Данные о взаимодействии с виртуальной лабораторией охватывают пользовательскую активность, количество действий пользователя (взаимодействие с оборудованием, реагентами, инструментами), последовательность действий, порядок выполнения шагов лабораторного

эксперимента, а также ошибки и задержки, возникающие в процессе выполнения задания.

Данные о социальном взаимодействии включают взаимодействия между обучающимися в процессе выполнения лабораторного эксперимента, использование текстового и голосового чатов, видеоконференций, а также вклад в командную работу, оцениваемый по количеству и качеству вклада каждого обучающегося. Данные о персонализации обучения рассматривают реакцию обучающихся на адаптивные задания, частоту использования и эффективность персонализированных рекомендаций.

Наконец, данные об инструментах и оборудовании охватывают частоту и тип используемых виртуальных инструментов, данные о реагентах (количество, состояние) и виртуальном оборудовании (например, колбы, пробирки), а также анализ состояния оборудования и инструментов в процессе выполнения сценария (например, нагретый инвентарь, заполненная пробирка).

Анализ эффективности и преимуществ

На основе метаанализа данных обучения можно оценить эффективность и преимущества интеграции виртуальной химической лаборатории в метавселенную. Одним из ключевых аспектов является повышение мотивации и вовлеченности обучающихся. Это выражается в увеличении времени, проведенного в виртуальной лаборатории, и росте числа завершенных заданий. Обучающиеся становятся более мотивированными благодаря интерактивной и социально активной среде.

Кроме того, наблюдается улучшение результатов и снижение ошибок. Средний балл за задания возрастает, а количество попыток, необходимых для их завершения, уменьшается. Это связано с тем, что обучающиеся получают интерактивную обратную связь и имеют возможность пробовать разные подходы, что способствует меньшему количеству ошибок.

Интеграция также способствует развитию междисциплинарных навыков. Обучающиеся успешно решают междисциплинарные задачи, включенные в сценарий лабораторного эксперимента, что помогает им развивать навыки междисциплинарного мышления и устанавливать связи между различными областями знаний.

Эффективность обучения также возрастает. Виртуальная лаборатория позволяет сокращать время на завершение заданий и выполнение лабораторных экспериментов, что способствует более быстрому усвоению материала.

Персонализация обучения и адаптивные задания играют важную роль в повышении уровня понимания материала. Эффективность выполнения адаптивных заданий растет, и обучающиеся чаще используют персонализированные рекомендации, что подчеркивает важность индивидуального подхода.

Наконец, повышается социальная вовлеченность. Увеличение количества сообщений в чатах и видеоконференциях, а также успешное выполнение заданий в группах свидетельствуют о том, что совместная работа стимулирует обмен знаниями и улучшает результаты обучения.

Заключение

В данной статье рассмотрены современные подходы к обучению химии с использованием технологий виртуальной реальности (VR) и дополненной реальности (AR) в контексте виртуальной химической лаборатории. Мы проанализировали исследования в этой области и выявили их основные недостатки, такие как узкая специализация в отдельных направлениях химического образования и отсутствие конструктора для создания новых лабораторных экспериментов. Для устранения этих недостатков предложена концепция создания конструктора лабораторных экспериментов и интеграции виртуальной химической лаборатории в образовательную метавселенную.

Предложенный подход к созданию виртуальной химической лаборатории в рамках образовательной метавселенной обладает множеством преимуществ. Он обеспечивает комплексный образовательный опыт, позволяя обучающимся развивать междисциплинарные навыки и взаимодействовать с различными областями знаний. Интерактивное взаимодействие с виртуальной лабораторией и персонализированный подход значительно повышают эффективность обучения, снижая количество ошибок и способствуя повышению среднего балла. Виртуальная лаборатория также стимулирует социальное взаимодействие и совместное обучение, предоставляя обучающимся возможности для коллаборации и обмена знаниями, что в свою очередь улучшает результаты обучения.

Использование микросервисной архитектуры обеспечивает высокую гибкость и масштабируемость системы, позволяя легко обновлять модули, добавлять новые функции и улучшать существующие. Собранные данные позволяют проводить глубокий метаанализ, выявлять области для улучшения и адаптировать сценарии под индивидуальные потребности обучающихся.

Интеграция виртуальной химической лаборатории в образовательную метавселенную способствует значительному повышению эффективности обучения химии за счет персонализации, интерактивности и доступности. Обучающиеся развивают междисциплинарные навыки, что повышает их конкурентоспособность на современном рынке труда. Использование виртуальной лаборатории снижает риски для здоровья и жизни обучающихся, а также уменьшает затраты на оборудование и расходные материалы.

Перспективы дальнейших исследований включают внедрение дополненной реальности (AR) в физические лаборатории для интеграции

виртуальных данных с реальными экспериментами, а также применение методов искусственного интеллекта для адаптации обучения под индивидуальные потребности обучающихся. Таким образом, предложенная архитектура виртуальной химической лаборатории и ее интеграция в образовательную метавселенную открывают новые горизонты для инновационных подходов к обучению химии, повышая эффективность, доступность и мотивацию обучающихся.

Библиографический список

1. Smith J., & Jones A. (2022). Virtual Reality in Chemistry Education: The Impact of Immersive Learning on Students' Understanding of Molecular Structures. *Journal of Chemical Education*, 99(4), 1234–1240.
2. Patel M., & Wang Y. (2019). Augmented Reality for Interactive Learning in Chemistry: Bridging the Gap between Physical and Virtual Labs. *Interactive Learning Environments*, 27(5), 678–691.
3. Lee K., & Park S. (2021). Enhancing Laboratory Experience through Virtual Reality: A Case Study in Organic Chemistry. *Journal of Science Education and Technology*, 30(2), 567–578.

© Ибатуллин М.Р., 2024

А.А. КУЗНЕЦОВА, В.В. ДЕМИДОВА

kuznetsovangelina@mail.ru, vascademidova@gmail.com

Науч. руковод. – канд. физ.-мат. наук, доц. **Л.И. ШЕХТМАН**

Уфимский университет науки и технологий

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ 3D-ПАКЕТОВ ПО ОБРАБОТКЕ МОДЕЛЕЙ

Аннотация: статья посвящена сравнительному анализу современных 3D-пакетов в отношении обработки 3D моделей. Выбрано пять ведущих программных продуктов: Blender, Autodesk Maya, Cinema 4D, 3ds Max, ZBrush. Произведен анализ их характеристик в рамках индустрии цифрового контента.

Ключевые слова: 3D-моделирование; рендеринг; анимация; Blender; Autodesk Maya; Cinema 4D; ZBrush; 3ds Max.

Объект исследования – 3D-пакеты, используемые для создания цифрового контента в различных отраслях, таких как кино, видеоигры, архитектура, реклама и визуальные эффекты. Они являются ключевыми инструментами для моделирования, текстурирования, анимации и рендеринга.

Цель работы – определить наиболее подходящий инструмент для обработки готовых 3D моделей на основе сравнительного анализа функционала.

Рассмотрим функции 3D пакетов для рендеринга.

1. Встроенный рендеринг. Наличие встроенного рендера для базовых и продвинутых задач.

2. Внешний рендеринг. Поддержка интеграции с внешними рендер-движками (V-Ray, Octane, Redshift).

3. Реалистичный рендеринг. Возможность физически точного рендера с реалистичным светом, материалами и тенями.

4. Нереалистичный рендеринг. Инструменты для стилизованных (NPR) рендеров.

5. Рендеринг в реальном времени. Возможность интерактивного просмотра сцены с освещением и текстурами.

6. Освещение. Гибкость настроек освещения, включая HDRI и источники света.

7. Рендеринг анимации. Возможности для рендера сложных анимационных сцен.

Результаты сравнительного анализа 3D пакетов в отношении рендеринга показаны в табл. 1.

Blender, Autodesk Maya, Cinema 4D и 3ds Max предоставляют мощные инструменты для всех типов рендеринга, включая реалистичный, стилизованный, а также поддержку внешних рендеров. Blender выделяется универсальностью, а Cinema 4D – стилизованными рендерами. ZBrush, хотя и имеет ограниченные возможности для рендера, отлично подходит для стилизованных визуализаций и работы с высокополигональными скульптурами. Выбор программы зависит от конкретных задач, будь то анимация, реализм или стилизация.

Таблица 1

Сравнение 3D пакетов по возможностям рендеринга

Критерий	Blender	Autodesk Maya	Cinema 4D	3ds Max	ZBrush
11	Cycles (реалистичный), Eevee (реального времени)	Arnold (качественный, физически точный)	Redshift (быстрый и мощный)	Arnold и Scanline (мощные)	BPR (ограниченный, для NPR)
22	Octane, V-Ray, Renderman и др.	V-Ray, Renderman, Redshift и др.	Octane, Redshift и др.	V-Ray, Corona, Redshift	Нет (требуется экспорт)
33	Cycles (физически точный)	Arnold (эталонный инструмент)	Redshift и внешние плагины	V-Ray, Corona, Arnold	Нет (предназначен для скульптуры)
44	Eevee (стилизованный рендер)	Toon шейдеры	Sketch & Toon для стилизации	Плагины и встроенные шейдеры	Подходит для NPR-рендера
55	HDRI, физическое освещение, солнце	Продвинутое освещение Arnold	Гибкие источники и HDRI	Расширенные настройки света	Ограничено (примитивные источники)
66	Cycles и Eevee для анимации	Поддержка Arnold и плагинов	Redshift (оптимизирован для анимаций)	Высококачественная анимация	Ограничено (рендер анимаций отсутствует)

Рассмотрим функционал в области анимации.

1. Прямая кинематика. Простое управление движением объектов или суставов через прямое задание координат. Используется для линейных анимаций.

2. Инверсивная кинематика. Позволяет создавать естественные движения, автоматически рассчитывая положение суставов на основе конечной точки (например, руки или ноги).

3. Анимация ключевых кадров. Основной метод анимации, где ключевые состояния объекта записываются во времени, а промежуточные положения рассчитываются автоматически.

4. Скелетная анимация. Использование "кости" (риггинг) для управления сложными персонажами или объектами. Основной метод для персонажной анимации.

5. Морфинг-анимация. Анимация, основанная на переходах между заранее заданными формами (шейп-кеями). Используется для лицевой анимации или трансформаций.

Результаты анализа представлены в табл. 2.

Таблица 2

Сравнение 3D пакетов по анимации

Критерий	Blender	Autodesk Maya	Cinema 4D	3ds Max	ZBrush
1	Простой и гибкий инструмент	Высокоразвита для сложных систем	Дружелюбный и удобный интерфейс	Интуитивно и эффективно	Нет (ограничена позингом)
2	Легко настраиваемая ИК-система	Сложные ИК-сетки с контроллерами	Простая настройка ИК-цепочек	Мощные инструменты ИК	Нет отсутствует
3	Подходит для всех типов анимации	Широкий функционал, мощные графы	Удобный таймлайн	Продвинутый инструмент	Ограничена позингом
4	Полнофункциональная система рига	Лидер в риггинге и анимации	Простая настройка риггов	Поддерживает сложные риги	Нет (рига нет, ограничен позами)
5	Полная поддержка шейп-кеев	Расширенные функции морфинга	Легкая работа с морф-шейпами	Поддерживает морфинг	Морфинг для скульптур

Blender, Autodesk Maya, Cinema 4D и 3ds Max предоставляют полный набор инструментов для создания анимаций, включая работу с кинематикой, скелетами и морфингом. Autodesk Maya считается лидером благодаря мощной системе ИК, рига и графов анимации. Blender выделяется своей универсальностью, а Cinema 4D – простотой в использовании. ZBrush предоставляет базовые инструменты для позинга и морфинга, но не рассчитан на полноценную анимацию, что делает его подходящим только для статических визуализаций или подготовки базовых поз.

Проанализируем 3D пакеты в областях текстурирования, шейдинга, UV -развертки

1. Импорт и редактирование текстур. Способность программы работать с текстурами, их импорт и редактирование. Вся информация о материалах и текстурах импортируется в виде популярных форматов (например, PNG, JPG, TIFF).

2. Инструменты для рисования. Возможности рисования и редактирования текстур непосредственно на 3D-моделях. Эти инструменты позволяют художникам рисовать текстуры прямо на поверхности объектов.

3. Интеграция с материалами. Уровень интеграции программы с различными типами материалов для рендера (например, шейдеры, материалы). Позволяет эффективно работать с настройками и типами материалов.

4. Шейдинг. Поддержка и настройка различных шейдеров, которые отвечают за визуальные характеристики поверхности объектов. Включает поддержку стандартных и физических материалов.

5. Автоматическая UV-развертка. Инструменты, которые автоматически генерируют UV-развертку для модели, облегчая процесс текстурирования.

6. Ручная UV-развертка. Возможность вручную разворачивать UV для более сложных и точных текстур.

Результаты анализа в областях текстурирования, шейдинга, UV -развертки представлены в табл. 3.

Таблица 3

Сравнение 3D пакетов в текстурировании, шейдинге, UV –развертке

Критерий	Blender	Autodesk Maya	Cinema 4D	3ds Max	ZBrush
1	2	3	4	5	6
21	Да	Да	Да	Да	Да (Ограничен)
22	Да (текстурирование через paint, texture paint)	Да (возможности рисования через Hypershade)	Да (рисование прямо на поверхности объектов)	Да (встроенные инструменты)	ограничено (рисование только на скульптурах)
33	Да (прямая интеграция с материалами для рендера)	Да (интеграция с Arnold, Maya, Hypershade)	Да (множество возможностей для работы с материалами)	Да (встраивание материалов для рендеров)	Нет (ограниченная работа)
44	Да (разнообразие шейдеров для рендеров)	Да (полная поддержка шейдеров Arnold)	Да (мощные инструменты шейдинга)	Да (сложные шейдеры для различных рендеров)	Ограничено

<i>Окончание табл. 3</i>					
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
55	Да (развертка в режиме живого времени, Smart UV)	Да (встроенные инструменты, такие как UV Toolkit)	Да (автоматическая развертка для простых объектов)	Да (развертка через Unwrap UVW и плагины)	Нет
66	Да (удобные инструменты для ручной развертки)	Да (полная поддержка с инструментами редактирования UV)	Да (ручная развертка через UV Edit)	Да (множество инструментов для ручной развертки)	Ограничено (базовая поддержка)

Blender, Autodesk Maya, Cinema 4D и 3ds Max предлагают мощные и гибкие инструменты для работы с текстурами, шейдерами и UV-развертками. Blender и 3ds Max выделяются в удобстве ручной развертки и текстурирования, в то время как Autodesk Maya и Cinema 4D предлагают более комплексные решения для интеграции с материалами и шейдерами. ZBrush ограничен в части работы с материалами и шейдерами, но его инструменты текстурирования эффективны для скульптур и морфинга. Для пользователей, которым требуется интеграция с рендерами и текстурами, более подходящими будут Maya, Cinema 4D, и 3ds Max, а для скульптурирования с текстурами в реальном времени лучше выбрать Blender или ZBrush.

Необходимо помнить, что выбор 3D-пакета зависит от специфики задач. При разных поставленных целях и выдвинутых требованиях наиболее предпочтительными окажутся разные программ. Blender выделяется универсальностью и доступностью, подходя для моделирования, текстурирования, анимации и рендеринга с поддержкой внешних движков. Autodesk Maya считается лидером для профессионалов благодаря мощным инструментам для анимации, текстурирования и рендеринга с использованием Arnold. Cinema 4D привлекателен удобством интерфейса, автоматической UV-разверткой и стилизованным рендерингом, подходящим для новичков и опытных пользователей. 3ds Max эффективен для сложных проектов в архитектуре и визуализации, предоставляя мощные инструменты для всех этапов работы. ZBrush, несмотря на ограниченные возможности текстурирования и рендеринга, остается лучшим выбором для высокополигонального скульптурирования и стилизованных визуализаций.

Библиографический список

1. Воробьев А.В. Цифровые технологии и искусственный интеллект в организационно-технических системах: монография / А.В. Воробьев [и др.]. Уфа: РИЦ УУНиТ, 2024. 258 с.

2. Егорова И.Н., Гайдамащук А.В., Исследование программных сред 3D-моделирования. / И.Н. Егорова., А.В. Гайдамащук. Technology audit and production reserves 6, 2013. 3 с.

© Кузнецова А.А., Демидова В.В., 2024

М.Р. МУХАМЕТОВ

maratmunik@yandex.ru

Науч. руковод. – канд. физ.-мат. наук, доц. **Л.И. ШЕХТМАН**

Уфимский университет науки и технологий

ВИРТУАЛЬНЫЙ МУЗЕЙ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ: ИДЕИ, ТЕХНОЛОГИИ, ПРИМЕРЫ

Аннотация: данная статья посвящена разработке концепции виртуального музея авиационных двигателей. Собраны материалы о примерах виртуальных музеев, об используемых технологиях. Проведен анализ функциональных возможностей и средств их реализации.

Ключевые слова: виртуальный музей, виртуальная реальность, авиационные двигатели, музей.

Введение

Цифровые технологии широко внедряются во все сферы жизни, в том числе моделирование и в образовательную деятельность [1]. Виртуальный музей – это созданная с помощью компьютерных технологий модель музея, существующего исключительно в виртуальном пространстве. Виртуальные экскурсии дают людям возможность прямо из своего дома познакомиться с предметами художественного или технического искусства, научными достижениями.

Основное назначение виртуальных музеев такое же, как и у обычных – ознакомление с экспонатами, но в случае виртуального музея доступ может осуществляться и дистанционно, с применением Интернета. Кроме этого, у виртуального музея есть новые возможности, такие как: предоставление обзора экспоната с разных сторон, в разрезе, демонстрация отдельных составных частей, получение контекстной справочной информации по выбранным пользователем экспонатам и их отдельным компонентам.

Особую ценность для УУНиТ представляют музеи авиационных двигателей, которые могут быть полезны как для обычных пользователей, так и для специалистов в соответствующих областях. В таких музеях экспонатами являются авиационные двигатели, в качестве которых могут выступать, газотурбинные двигатели, турбовальные двигатели, авиационные дизельные двигатели, турбовинтовые двигатели, ракетные двигатели, другие газотурбинные установки, а также сами самолеты и др. Можно просмотреть название, подробные характеристики, историю создания, устройство двигателя в разрезе, отдельные компоненты (например, турбину), просмотреть анимацию работы двигателя и самолет, на который данный двигатель устанавливается.

Примером может служить виртуальный музей АО «ОДК-Авиадвигатель», разработанный «ОДК-Пермские моторы» [2]. Посетителю в данном музее предоставлена возможность выбрать двигатель из меню, рассмотреть двигатель, вращая его, возможность просмотреть историю его создания, возможность просмотреть историю авиаконструктора, разработавшего его, возможность разобрать представленный двигатель на составляющие, возможность просмотра анимации работы двигателя, возможность просмотреть самолеты, использующие данный авиационный двигатель, просмотреть интерьер самолета.

Для более удобного представления небольшие объекты виртуального пространства помещены в здание, напоминающее музей, тогда как большие объекты, такие как самолеты, помещены на площадки возле самого музея.

Другим примером такого музея может служить виртуальный музей MTU Aero Engines [3]. Данный авиационный музей позволяет пользователю просмотреть панорамы внутри самого музея, перемещаться между точками панорамного обзора, просматривать описание, историю, характеристики конкретного экспоната музея, посмотреть изображения самолета, на котором используются рассматриваемые авиадвигатели, внутреннее устройство авиадвигателя, его внешний вид в собранном виде. Данный музей представлен на сайте компании, его можно открыть прямо в браузере.

Возможно создание музея авиационных двигателей, который существует только в виртуальной среде, и который будет предоставлять возможность знакомства с примерами двигателей, реально находящихся в различных реальных музеях или хранилищах других организаций, территориально удаленных друг от друга. Кроме того, в таком музее могут быть представлены экземпляры, не существующие в реальности, например, утраченные двигатели, модели которых созданы по сохранившимся чертежам и/или фотографиям, или двигатели будущего – концептуальные модели.

Обзор и анализ программ создания виртуального музея

В создании виртуального музея АО «ОДК-Авиадвигатель» использовались следующие программные средства:

- система автоматизированного проектирования NX для создания 3D моделей экспонатов музея;
- Autodesk 3ds Max – для обработки и редактирования трехмерной графики и анимации;
- Cinema 4D – для создания и редактирования трехмерных эффектов и объектов и высококачественного рендеринга;
- игровые движки Unreal Engine 4 и Unity 3D – для создания анимации [4, 5].

Рассмотрим, какие основные объекты моделирования должен включать в себя музей, в чем заключается сложность их создания.

Авиационный двигатель состоит из множества элементов, таких как винт, вентилятор, компрессор, камера сгорания, форсунки, топливные трубки, турбина, редуктор, вал, сопло, корпус и других компонентов. Самолет также имеет сложную структуру, включающую планер, фюзеляж, вертикальные и горизонтальные стабилизаторы, кабину и шасси. Моделирование требует работы со сложными, округлыми и изогнутыми формами. Кроме того, важно учитывать интерьер самолета, который включает кресла, салон, приборную панель, а также различные отсеки. Помимо самих экспонатов, необходимо создать пространство виртуального музея – площадку, где посетители смогут изучать двигатели, самолеты и получать историческую информацию.

Для моделирования всех перечисленных объектов потребуется специализированное программное обеспечение для 3D-моделирования. После завершения процесса моделирования созданные модели следует перенести в игровые движки, такие как Unity или Unreal Engine.

Рассмотрим программное обеспечение, которое можно использовать для разработки виртуального музея авиационных двигателей:

1. Blender (A_1) – открытый и полнофункциональный редактор для создания 3D-анимации, моделирования и рендеринга. Данное ПО подходит для широкого круга задач, включая создание игр, фильмов и визуализаций.

2. 3ds Max (A_2) – коммерческая программа от компании Autodesk, ориентированная на создание 3D-моделей, анимацию и визуальные эффекты. Широко используется в архитектуре, дизайне интерьеров, кинематографе и игровой индустрии.

3. zBrush (A_3) – специализированная коммерческая программа для цифровой скульптуры и рисования. С применением техник цифрового лепки дает возможность создавать модели с высокой детализацией.

4. SketchUp (A_4) – простое и удобное ПО для быстрого создания 3D моделей, особенно популярно среди архитекторов и дизайнеров благодаря интуитивному интерфейсу и возможности быстро проектировать формы.

5. Kompas 3D (A_5) – российская система автоматизированного проектирования (CAD), предназначенная для создания чертежей, 3D-моделирования и инженерного анализа. Используется в машиностроении, строительстве и других технических областях.

6. Autodesk Maya (A_6) – мощная профессиональная среда для 3D-анимационной графики, моделирования, симуляции и визуальных эффектов. Используется в киноиндустрии, телевидении и разработке видеоигр.

7. Cinema 4D (A_7) – программа для 3D моделирования и анимации. Обладает широким набором инструментов и подходит как для новичков,

так и для профессионалов. Часто используется в рекламе, создании спецэффектов и визуализации продуктов.

8. NX (A_8) – комплексный пакет CAD/CAM/CAE от Siemens PLM Software, предназначенный для проектирования, моделирования деталей и сборок, а также их последующего производства. Используется преимущественно в промышленности и машиностроении, т.к. для данных отраслей важна точность деталей.

При решении задачи выбора программного обеспечения и средства разработки можно выделить следующие критерии:

По функциям:

- аорматы экспорта (K_1);
- уаличие шаблонов и библиотек (K_2);
- создание анимации (K_3);
- аизическая симуляция (K_4);
- совместимость с VR/AR платформами (K_5);
- ьмпорт материалов и текстур (K_6);
- едактирование материалов (K_7).

По качеству исполнения:

- иффекты освещения и материалов (K_8);
- гачество рендера (K_9);
- едобство интерфейса (K_{10}).

Прочие характеристики:

- юступность учебных ресурсов (K_{11});
- стоимость (K_{12});
- фктивное сообщество (K_{13}).

Выбор среды 3D-моделирования при помощи многокритериального анализа (SMART-метод)

Выбор программного обеспечения является многокритериальным. Для решения этой задачи во многих случаях подходит метод SMART [6]. Разработчик виртуального музея (или руководитель группы разработчиков) может упорядочить критерии по сравнительной важности. Наиболее важному критерию ставится оценка 100 баллов. Оценки остальных критериев по 100-балльной шкале устанавливаются разработчиком исходя из попарного сопоставления с наиболее важным критерием. Затем оценки критериев нормируются и нормированные оценки принимаются в качестве коэффициентов относительной важности. Далее разработчик оценивает по 100-балльной шкале сравнительную важности альтернатив по каждому из критериев отдельно. Далее для каждой альтернативы рассчитывается итоговая оценка – взвешенная сумма оценок альтернативы по отдельным критериям, в качестве весов используются коэффициенты относительной важности критериев.

Пример такого анализа представлен в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Таблица оценок альтернатив эксперта по каждому критерию

Критерии	Альтернативы							
	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8
K_1	70	60	45	65	68	60	66	75
K_2	86	66	45	67	65	60	42	46
K_3	90	86	0	54	78	46	88	77
K_4	60	53	65	23	54	54	91	95
K_5	80	56	30	28	18	40	70	30
K_6	90	56	44	54	80	45	56	75
K_7	80	32	65	56	65	67	60	55
K_8	80	45	68	45	50	70	93	56
K_9	92	43	54	20	60	82	89	76
K_{10}	80	75	67	70	70	45	40	65
K_{11}	92	78	60	50	23	70	65	40
K_{12}	100	50	3	65	80	55	5	3
K_{13}	86	80	65	80	79	62	77	67

Таблица 2

Оценивание критериев

	Критерии	Баллы	Вес
По функциям	K_1	90	0,09
	K_2	80	0,08
	K_3	80	0,08
	K_4	80	0,08
	K_5	80	0,08
	K_6	70	0,07
	K_7	50	0,05
По качеству исполнения	K_8	70	0,07
	K_9	65	0,07
	K_{10}	50	0,05
Прочие характеристики	K_{11}	90	0,09
	K_{12}	75	0,08
	K_{13}	70	0,07

Ранжирование альтернатив по итоговым оценкам позволяет решить задачу выбора наиболее предпочтительных программ (табл. 3). Для проверки надежности полученного результата в методе SMART предусмотрен и дополнительный этап – анализ чувствительности ранжирования к случайным малым изменениям весов критериев.

В приведенном примере получилось, что лучше всего для рассматриваемой задачи создания виртуального музея авиадвигателей и для конкретного разработчика подходит Blender.

Следует помнить, что поскольку в основе анализа лежит оценка человека (эксперта), то такой анализ является субъективным, и для другого человека результат будет иным.

Таблица 3

Ранжирование альтернатив

Альтернативы	Итоговые оценки	Ранг
Blender	83,43	1
Cinema 4D	65,32	2
3ds Max	60,91	3
Kompas 3D	59,65	4
NX	58,12	5
Autodesk Maya	58,05	6
SketchUp	51,70	7
zBrush	45,66	8

Заключение

Выполнен анализ примеров виртуальных музеев авиационных двигателей. На основе результатов анализа определен набор функций проектируемого музея авиадвигателей УУНиТ. Рассмотрена задача выбора программного обеспечения для разработки. Были определены альтернативы, критерии оценивания, проведен многокритериальный анализ методом SMART. Сделан выбор наиболее подходящих с точки зрения разработчика программ.

Библиографический список

1. Воробьев А.В. Цифровые технологии и искусственный интеллект в организационно-технических системах: монография / А.В. Воробьев [и др.]. Уфа: РИЦ УУНиТ, 2024. 258 с.
2. Пермский музей авиационных двигателей // АО «ОДК-Пермские моторы». URL: <https://perm-motors.ru/media/virtual/about/videoguide/> (дата обращения: 20.11.2024).
3. The MTU Museum. URL: <https://www.mtu.de/about-us/mtu-museum/> (дата обращения: 20.11.2024).
4. Шленкин Д.В., Глущенко В.А., Каримов Р.Р. Разработка виртуального симулятора подвижного объекта (планетохода) // Мавлютовские чтения: материалы XVI Всероссийской молодежной научной конференции. В 6 томах. Уфа, 2022. С. 1082–1087.

5. Каримов Р.Р., Кузьмина Е.А., Арсланов Т.Р., Макаев Р.А. Проектирование комплекса управления авиационно-космическими объектами на основе технологий смешанной реальности // Свободный полет-2018: сборник трудов всероссийской конференции. Уфа-Жуковский, 2018. С. 73–75.

6. Шехтман Л.И., Бабилова В.Я. Многокритериальный выбор интернет-сервиса для разработки ЭОР // Мавлютовские чтения: материалы XVI Всероссийской молодежной научной конференции. Уфа, 2022. Т5. С. 1001–1007.

© Мухаметов М.Р., 2024

А.Ю. ПУТИНЦЕВ

putintsevand98@mail.ru

Науч. руковод. – ассистент кафедры информатики **Д.Е. ВАГАНОВА**

Уфимский университет науки и технологий

ИГРОВЫЕ ДВИЖКИ

Аннотация: в данной статье рассматривается концепция популярных игровых движков, их значение в разработке видеоигр, задачи, решаемые игровыми движками, основные технологии, используемые в современных инструментах. Статья предназначена для разработчиков, стремящихся понять, какой движок лучше всего подходит для их проектов, и для изучения возможностей, которые предлагают современные технологии в игровой индустрии.

Ключевые слова: игровой движок; Unity; Unreal Engine; CryEngine; Lua; C#; C++.

Введение

Игровые движки являются фундаментом современной игровой индустрии. Они предоставляют разработчикам инструменты для создания интерактивных миров, реалистичной графики и захватывающего геймплея. Выбор правильного игрового движка – ключевой шаг в процессе разработки. Эта статья предоставит подробный обзор игровых движков, их возможностей, отличий, а также поможет определить, какой из них лучше подойдет для начинающих разработчиков. Мы рассмотрим технологии, задействованные в движках, и приведем примеры задач, решаемых с их помощью.

Что такое игровой движок?

Игровой движок – это программная платформа, предоставляющая набор инструментов и библиотек для разработки видеоигр. Он обеспечивает базовую функциональность, такую как, рендеринг графики (2D и 3D, обработка физики, звук и музыка, анимация, искусственный интеллект (AI), сетевые возможности, интерфейс пользователя (UI), Система скриптов. Использование игрового движка позволяет разработчикам сосредоточиться на создании контента и механик, не тратя время на разработку базовых систем с нуля.

Задачи, решаемые игровыми движками

1. Рендеринг графики – процесс преобразования трехмерной сцены в двухмерное изображение на экране.

Задача: реализовать динамическое освещение и тени в игре.

Решение: используем встроенный в движок шейдер и систему освещения. В Unreal Engine можно воспользоваться технологией Lumen, которая автоматически обрабатывает источники света.

2. Обработка физики – отвечает за симуляцию физических законов в игровом мире.

Задача: создать реалистичное поведение падающего объекта под действием гравитации.

Решение: используем физические компоненты движка, настроив параметры массы и гравитации для объекта.

3. Анимация – позволяет оживлять персонажей и объекты.

Задача: настроить переходы между анимацией бега и прыжка для персонажа.

Решение: используем систему анимационных состояний, доступную в движке (например, Animator Controller в Unity или Animation Blueprints в Unreal Engine).

4. Звук – аудиосистема движка отвечает за воспроизведение музыки и звуковых эффектов.

Задача: добавить фоновую музыку и звуки шагов персонажа.

Решение: импортируем аудиофайлы и настроим их воспроизведение в зависимости от действий игрока.

5. Искусственный интеллект (AI) – отвечает за поведение неигровых персонажей (NPC).

Задача: настроить врага, который патрулирует область и преследует игрока при обнаружении.

Решение: используем инструменты AI, такие как Навигационные сетки и Поведенческие деревья.

6. Сетевые возможности – сетевая функциональность позволяет создавать многопользовательские игры.

Задача: реализовать синхронизацию позиций игроков в режиме реального времени.

Решение: используем сетевые библиотеки движка и настроим обмен данными между клиентами и сервером.

7. Интерфейс пользователя (UI) – включает в себя меню, индикаторы состояния и другие элементы взаимодействия.

Задача: создать экранное меню с кнопками «Новая игра» и «Настройки».

Решение: используем инструменты для создания UI, предоставляемые движком, такие как UGUI в Unity или UMG в Unreal Engine.

Популярные игровые движки и их отличия

Unity – один из самых популярных игровых движков, известный своей универсальностью и простотой освоения. Поддерживает разработку 2D и 3D игр для различных платформ: ПК, мобильных устройств, консолей и VR (рис. 1).

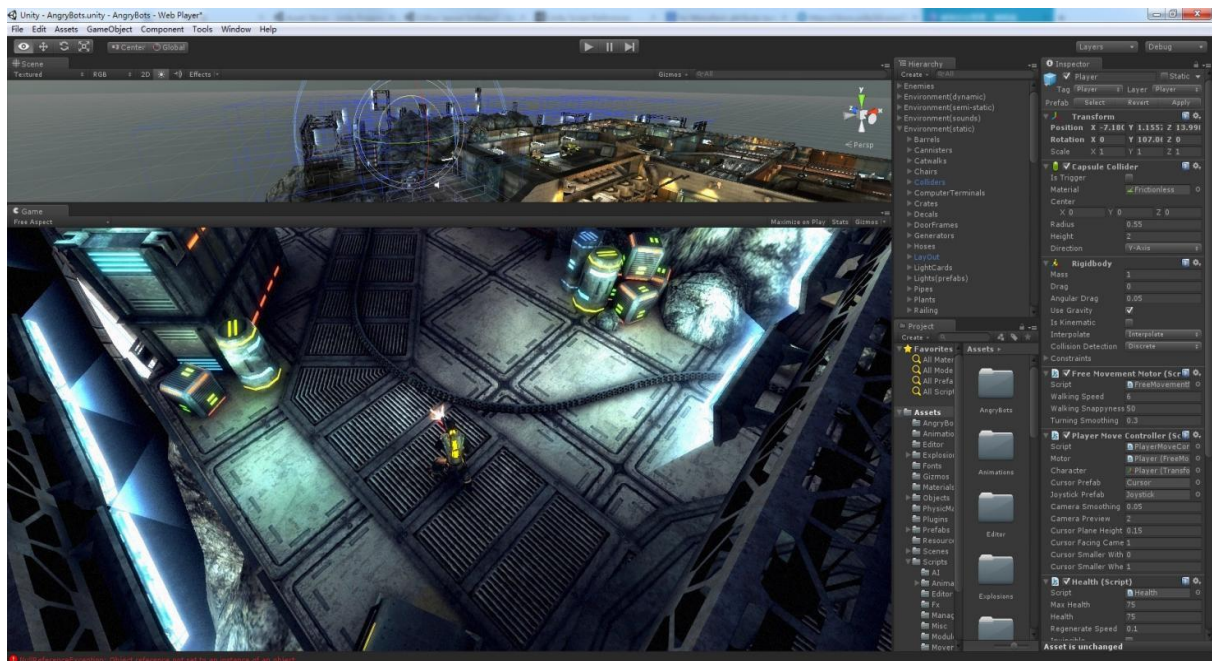


Рис. 1. Процесс создания игры «Angry Bots» на игровом движке Unity

Преимущества: интуитивный интерфейс, легко осваиваемый даже новичками; множество учебных материалов, форумов и готовых решений; огромный магазин ассетов (моделей, скриптов, звуков и др.); кроссплатформенность, позволяющая одновременно разрабатывать для нескольких платформ.

Недостатки: иногда возникают проблемы с производительностью на крупных проектах; по умолчанию, может уступать в качестве графики Unreal Engine.

Технологии: язык программирования C#; графический API – DirectX, OpenGL, Vulkan, Metal; физический движок: NVIDIA PhysX (в старых версиях), собственный физический движок в новых версиях

Unreal Engine – мощный движок для создания высококачественных 3D игр. Используется в AAA-проектах. Имеет систему визуального программирования Blueprints, позволяющую создавать игры без написания кода (рис. 2).

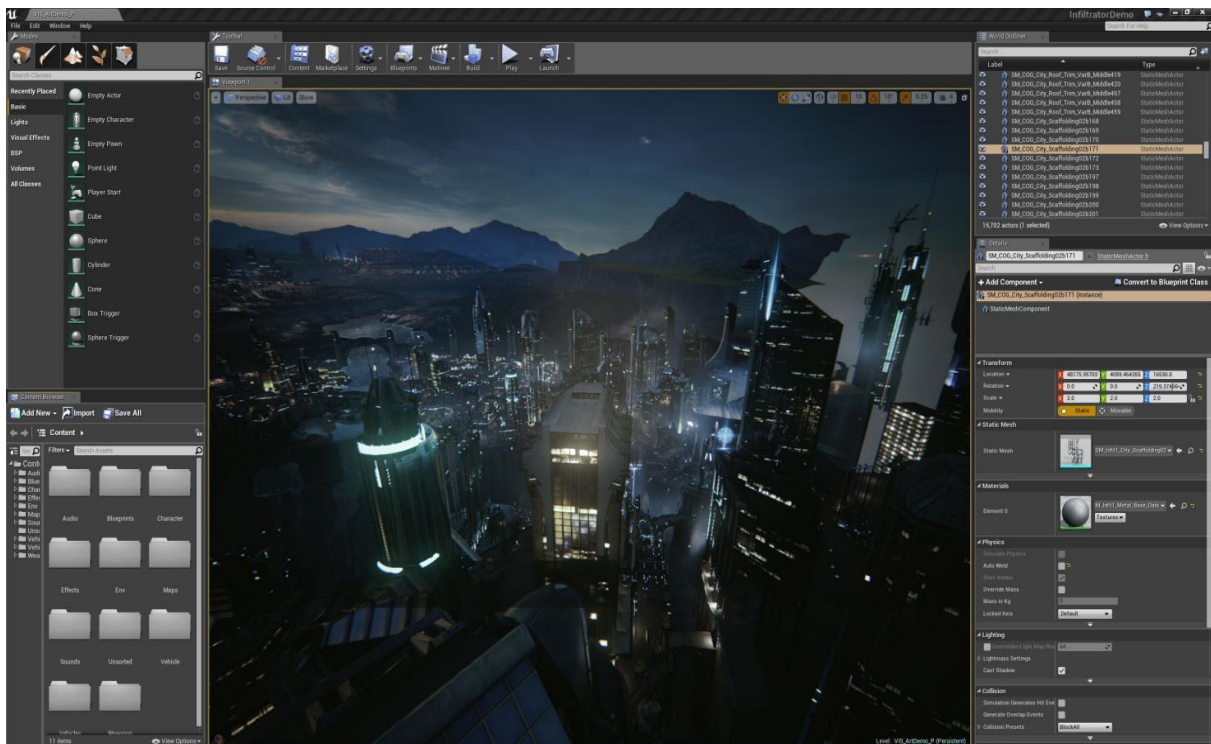


Рис. 2. Скриншот процесса разработки игры на игровом движке Unreal Engine

Преимущества: высококачественная графика – поддержка передовых технологий, таких как трассировка лучей; Blueprints – визуальное программирование ускоряет прототипирование; открытый исходный код – возможность глубокой кастомизации движка; новые технологии – Nanite и Lumen в Unreal Engine 5 упрощают работу с ассетами и освещением.

Недостатки: сложность освоения – требует более глубоких знаний для полного использования возможностей; ресурсоемкость – требовательность к аппаратному обеспечению.

Технологии: язык программирования C++; визуальное программирование Blueprints; графический API – DirectX 11/12, Vulkan, OpenGL; физический движок: Chaos Physics

CryEngine – известен благодаря высоким графическим возможностям и использованию в играх с открытым миром, таких как серия Crysis. (рис. 3).

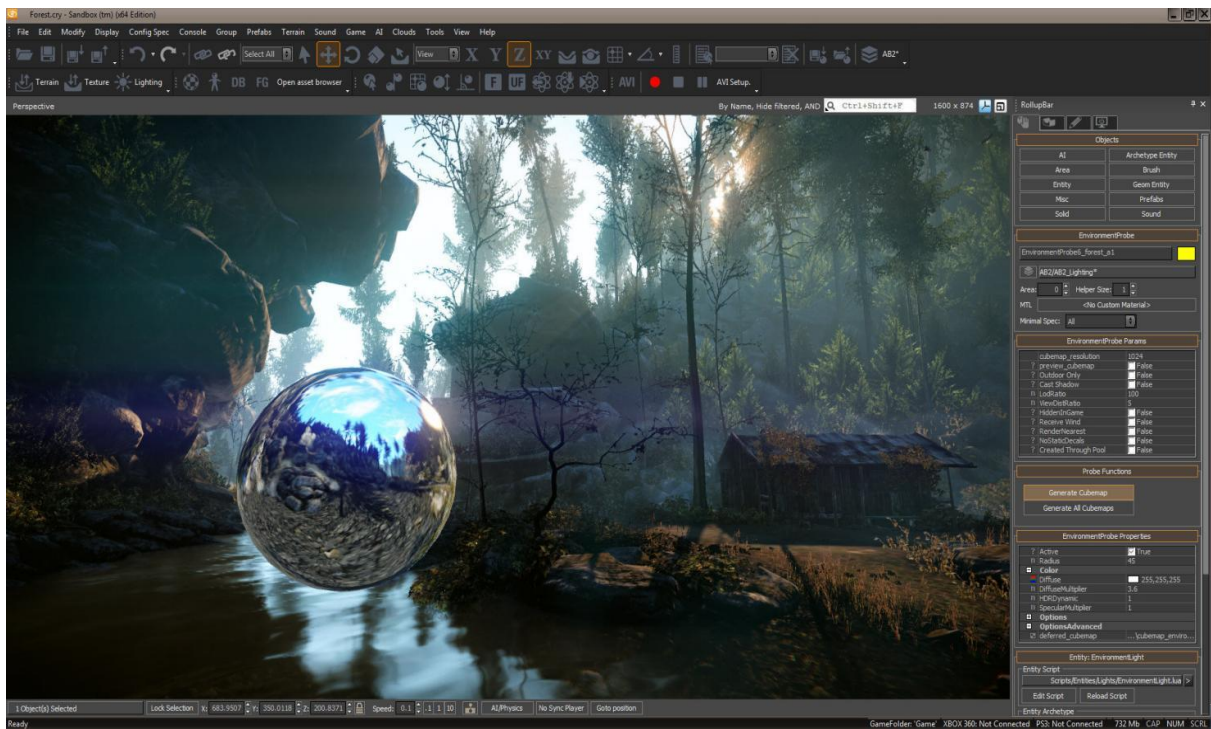


Рис. 3. Скриншот разработки одного из проектов на игровом движке CryEngine

Преимущества: фотореалистичная графика – современные визуальные эффекты и материалы; мощный инструмент для открытых миров – подходит для создания больших локаций.

Недостатки: сложность изучения – высокий порог вхождения; маленькое сообщество – меньше учебных материалов и поддержка.

Технологии: язык программирования: C++, Lua; графический API: DirectX 11/12, Vulkan; физический движок: CryPhysics.

Какой движок выбрать новичку?

Unity: Идеален для начала благодаря простоте, большому количеству учебных материалов и активному сообществу. Подходит для 2D и 3D игр.

Почему не **Unreal Engine** или **CryEngine**? Несмотря на то что оба игровых движка хоть и предоставляют мощные инструменты и графические возможности, они могут быть сложными для новичков из-за своей комплексности и требований к ресурсам. Без знаний C++ и понимания архитектуры движка может быть трудно реализовать сложные проекты.

Подробные примеры задач и их решение в различных движках

Пример 1: создание платформера

Задача: создать 2D игру-платформер с персонажем, который может бегать и прыгать по уровням.

Unity: используйте Tilemap Editor для создания уровней из тайлов.

Настройте персонажа с помощью Rigidbody2D и Collider2D для физики.

Напишите скрипты на C# для управления движением и прыжками.

Пример 2: Реализация динамического освещения

Задача: добавить в 3D сцену источник света, который может двигаться, и объекты, отбрасывающие реалистичные тени.

Unreal Engine: добавьте Point Light или Spot Light в сцену. Используйте Lumen для глобального освещения. Настройте материалы объектов для правильного отражения света.

Unity: добавьте источник света и включите Realtime Lighting. Настройте параметры тени в свойствах источника света. Используйте Universal Render Pipeline (URP) или High Definition Render Pipeline (HDRP) для улучшенного освещения.

Пример 3: сетевой шутер

Задача: создать многопользовательский шутер, где игроки могут присоединяться к игре и сражаться друг с другом.

Unreal Engine: используйте встроенные сетевые возможности, так как движок изначально разработан с учетом сетевой игры. Настройте репликацию переменных и событий с помощью Blueprints или C++. Используйте Session System для поиска и присоединения к игровым сессиям.

Unity: используйте Unity Networking (UNet) (устаревший) или внешние решения, такие как Mirror или Photon. Настройте сервер и клиентов, синхронизируйте действия игроков. Обработывайте сетевые события и задержки.

Заключение

Правильный выбор игрового движка зависит от целей проекта, навыков команды и предпочтений. Для новичков лучше всего подойдет Unity, из-за его простоты, обширной документации и активного сообщества. Unreal Engine и CryEngine предоставляют мощные возможности для опытных разработчиков, но требуют более глубоких знаний.

Библиографический список

1. Официальный сайт Unity: <https://unity.com/ru>.
2. Официальный сайт Unreal Engine: <https://www.unrealengine.com/en-US>.
3. Официальный сайт CryEngine: <https://www.cryengine.com/>.

© Путинцев А.Ю., 2024

К.К. СИЛИН

kirill.silin@list.ru

Науч. руковод. – канд. физ.-мат. наук, доц. **Л.И. ШЕХТМАН**

Уфимский университет науки и технологий

ОБУЧАЮЩИЕ ИГРЫ: ВОЗМОЖНОСТИ И СФЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ

Аннотация: в данной статье рассматриваются понятия «обучающая игра», «серьезная игра», приводится их классификация, основные области применения с указанием на конкретные примеры их внедрения в различных сферах.

Ключевые слова: обучающая игра, серьезная игра, геймификация образовательного процесса.

1. Основные понятия

В последние годы цифровизация охватывает все сферы жизни человека на масштабном уровне. Образование не остается в стороне – геймификация обучения с использованием обучающих игр становится все более популярной.

Геймификация – это использование элементов и механик игр в обучении с целью максимального повышения мотивации и вовлеченности учащихся [1].

Обучающие игры – это игры, целью которых является не развлечение, а освоение или закрепление навыков. Причиной их возникновения является наблюдаемая в настоящее время тенденция снижения эффективности традиционных методов обучения в образовательном процессе. Одна из проблем этих методов заключается в низкой эффективности способа представления учебного материала учащимся. Один из самых перспективных подходов к повышению эффективности обучения – это внедрение компьютерных игр в образовательный процесс [2].

Выделяют три основных компонента геймификации.

Элементы игры – это набор инструментов, формирующих атмосферу игры, таких как баллы, уровни, аватары, миссии и другие.

Технологии разработки игр включают все, что организует и структурирует элементы игры, а также требует практических навыков геймдизайнера.

Неигровой контекст – это деятельность, цель которой выходит за рамки игры, то есть обучающийся выполняет игровые задания, связанные с

другими социальными практиками, и выполняет действия, не ограниченные игрой.

Основная идея геймификации заключается в добавлении активных элементов в существующий процесс деятельности с целью изменения привычного поведения аудитории и повышения ее вовлеченности.

Несмотря на очевидные преимущества игровой технологии, преподаватель должен помнить, что одних игр недостаточно для обеспечения эффективного обучения, и сложные темы не могут быть освоены исключительно с их помощью [1].

2. Классификация обучающих игр

Предлагается следующая классификация обучающих игр (рис. 1).

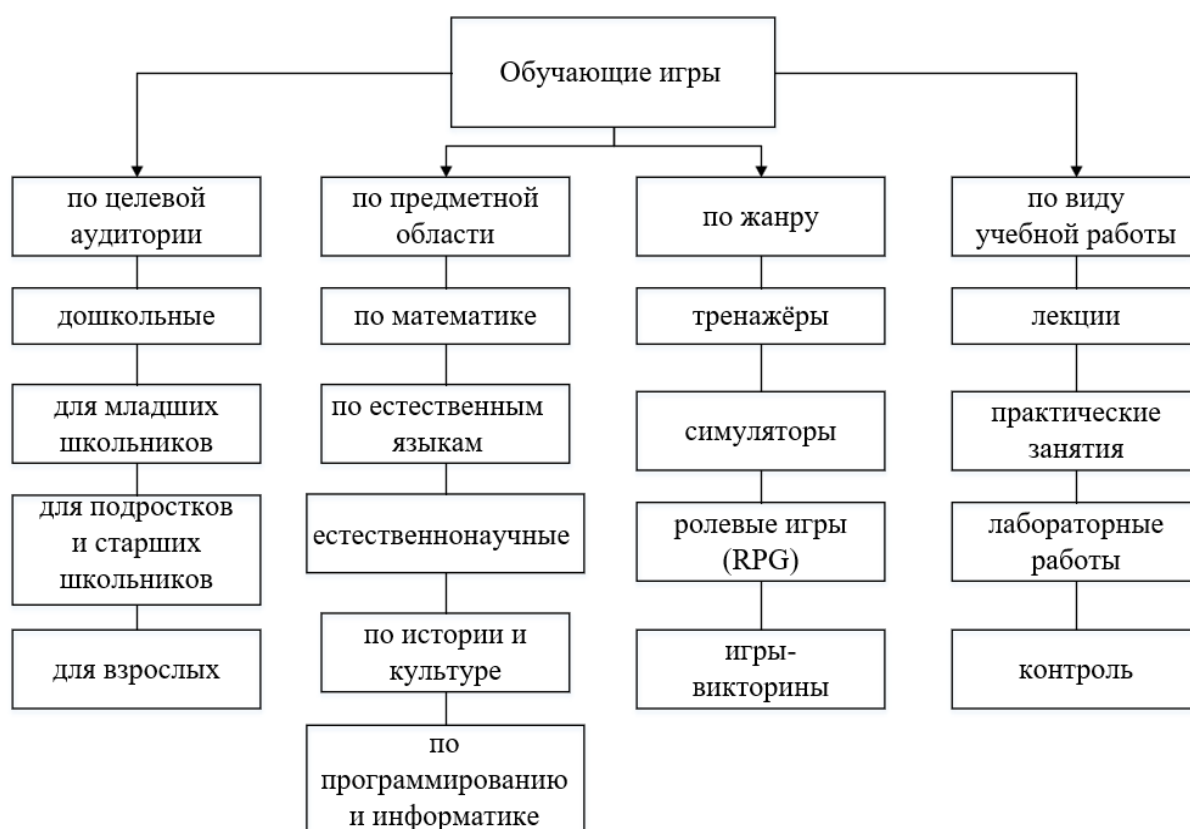


Рис. 1. Классификация обучающих игр

Приведем примеры обучающих игр для каждого вида из приведенной классификации.

Примером дошкольной игры служит мобильное приложение «Айкьюша», предлагающее развивающие игры для детей, а также увлекательные онлайн-задания по логике, математике, окружающему миру, чтению, грамоте и английскому языку.

Онлайн-игра «CodeMonkey» будет полезна для младших школьников, помогая им освоить основы программирования. В ходе игры ребенок управляет маленькой обезьянкой, которая перемещается по игровому полю и собирает бананы. Игроку нужно составить последовательность команд в текстовой панели и запустить их для выполнения [3].

Для подростков и старших школьников подойдет серия трехмерных обучающих игр «Ceebot», особенностью которых является использование роботов, для которых игроки задают алгоритмы действий. Такая игра способствует обучению программированию [4].

Игра «Rocksmith» представляет собой виртуальный симулятор, который обучает основам игры на гитаре и является примером обучающей игры для взрослых. Симулятор отображает изображение реального грифа на экране, что позволяет точно понять, какие задачи нужно выполнить на каждом уровне.

К играм по математике можно отнести «Math Games for Adults», которая предлагает различные варианты заданий – от решения уравнений до выполнения множества математических задач [5].

В качестве обучающей игры по изучению естественных языков можно привести мобильное приложение Duolingo, которое помогает выучить язык в игровой форме. Каждый урок включает задания на аудирование, перевод, практику разговорной речи и грамматику, а также сопровождается теоретическим материалом.

«Snapshots of the Universe» – это обучающая игра по естественным наукам в формате мобильного приложения. Она включает 8 экспериментов, которые помогают не только освоить основы физики, но и разобраться в принципах, регулирующих нашу Вселенную. В процессе игры пользователи могут запускать ракеты в космос, создавать собственные звездные системы, а также исследовать черные дыры.

В качестве примера игры по истории и культуре приведем серию игр «Civilization». Каждый игрок может выбрать 1 из 8 цивилизаций. Можно влиять на развитие выбранной цивилизации на протяжении 6 тысячелетий от каменного века до космической эры. Есть возможность управлять экономикой, социальными, политическими, культурными процессами. Задача игрока – привести цивилизацию к мировому господству [6].

Интернет-сервис Wordwall предназначен для создания электронного образовательного ресурса (ЭОР). В данном сервисе имеется шаблон «Ударь крота», который использовался для создания обучающей игры, объясняющей игроку тему «Типы данных» [7]. Эта игра относится к обучающим играм по программированию и информатике. В шаблоне «Ударь крота» варианты ответов записаны на игровых объектах – кротах, а игрок должен «ударить» крота с правильным вариантом ответа.

К играм-тренажерам относится приложение для обучения быстрому чтению, которое помогает улучшить скорость чтения, развить внимание и тренировать навык печати.

Примером симулятора является игра по строительству города, в которой игроки могут создать собственный город, возводя здания, дороги, парки и управляя финансовыми ресурсами.

Игра в формате RPG «CodeCombat» мотивирует изучать различные востребованные языки программирования, такие как Python, JavaScript, C++, так как знание этих языков необходимо для прохождения уровней в игре.

Примером игры-викторины может служить игра для закрепления и подведения итогов знаний по теме «Бескрайний космос». В этой игре игрок выбирает вопрос, нажимает на него, и появляется задание на тему космоса и астрономии, например, «Ответь на вопрос», «Отгадай загадку», «Доскажи слово» или «Назови имя» [8].

Виртуальная химическая лаборатория Unreal Chemist – Chemistry Lab – является примером обучающей игры для выполнения лабораторных работ. Это мобильное приложение, которое имитирует химические эксперименты с реалистичными визуальными эффектами, позволяя пользователям наблюдать эксперименты, которые невозможно провести в школьной лаборатории [9].

Обучающие игры делятся также на однопользовательские (с одним игроком) и многопользовательские (с множеством игроков). Отличаются и подходы к разработке этих двух видов игр. Так, в многопользовательской игре разработчик должен сделать акцент на соревновательном моменте между игроками. Возможно, следует также предусмотреть рейтинговую систему игроков.

3. Серьезные игры

Отдельным ответвлением обучающих игр являются серьезные игры (serious games). Серьезные игры – это видеоигры, цель которых заключается в решении проблем, а не в обеспечении развлечения. Это инновационная образовательная среда, которая вызывает особый интерес в контексте симуляции. Серьезные игры могут преследовать образовательные цели, но также направлены на решение практических проблем, развитие критического мышления или повышение осведомленности в таких сферах, как социальные, экономические и политические вопросы. Их цель заключается в моделировании реальных ситуаций или процессов, предоставляя игроку возможность находить решения или разрабатывать новые подходы.

Серьезные игры используются не только в образовательной сфере, но и в таких областях, как бизнес, здравоохранение, военное обучение и научные исследования. Примером может служить использование серьезных игр в процессе медицинской реабилитации пациентов. В реабилитации применяются разнообразные игровые технологии. Далее перечислим некоторые из них.

Виртуальная реальность (VR) погружает пациента в игровую среду, где он выполняет различные задания, например, преодолевает лабиринт или манипулирует виртуальными объектами. Виртуальная реальность способствует восстановлению координации движений, равновесия и улучшению мелкой моторики.

Дополненная реальность (AR) интегрирует виртуальные объекты в реальный мир, например, пациент может видеть на экране виртуальную цель и пытаться достичь ее с помощью реальной руки. AR используется в восстановлении функций руки после инсульта или травмы.

Игровые консоли, такие как Xbox Kinect, Nintendo Wii и другие, применяются в реабилитации пациентов для улучшения координации движений, реакции и силы.

Мобильные игры, разработанные специально для реабилитации, способствуют восстановлению памяти, внимания и речи у пациентов.

Примером применения серьезной игры в медицинской практике может служить программное обеспечение устройства Ormed Moto, которое включает две мотивационные игры – «Космос» и «Акробат», призванные в комбинации с традиционными методами лечения улучшить состояние пациентов или закрепить прогресс в лечении.

В игре «Космос» пациент во время тренировки должен вращать педали или рукоятки аппарата с заданной скоростью, управляя ракетой, собирать монеты и предотвращать столкновения с астероидами. Эта игра помогает определить, правильно ли выбрана скорость, нужно ли увеличить усилие или, наоборот, снизить его. Все это четко отображается на экране, и пациенту намного проще поддерживать нужные параметры, чем если бы он следил за показателями на шкале [10]. Рис. 2 представляет собой вид экрана аппарата Ormed Moto, на котором запущена игра «Космос». Из рисунка видно, что на экране присутствует шкала асимметрии текущего положения игрока.

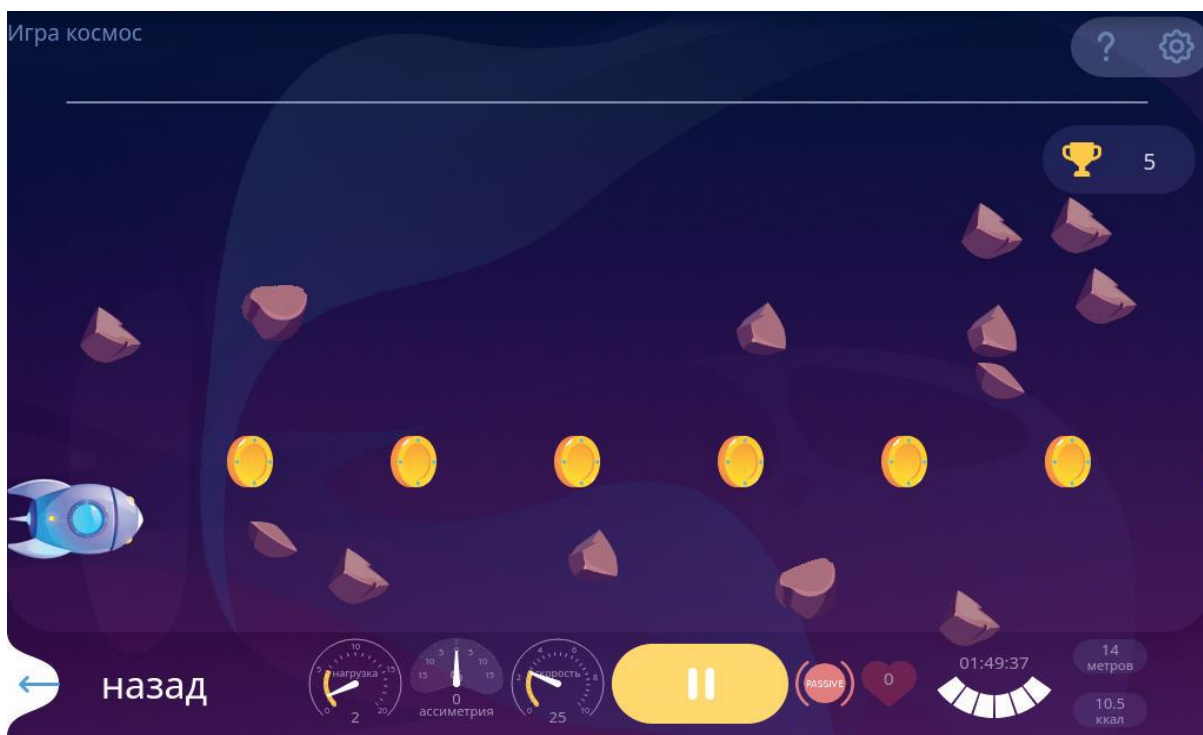


Рис. 2. Игра «Космос»

Тренировка в игре «Акробат» предполагает, что пациент должен равномерно вращать педали обеими ногами, чтобы минимизировать асимметрию движения. Акробат, реагируя на движения пациента, должен двигаться вертикально, с минимальными отклонениями влево и вправо. Такая игра направлена на формирование симметричных движений в конечностях [10].

4. Заключение

Таким образом, обучающие игры являются хорошо зарекомендовавшим себя инструментом при объяснении сложного учебного материала в образовательном процессе, но призваны дополнять, а не заменять традиционные методы обучения. Серьезные игры, являющиеся ответвлением обучающих игр, направлены на решение практических задач и помимо образовательной цели успешно решают задачи здравоохранения, в частности, в сфере медицинской реабилитации пациентов, а также задачи бизнеса, военной подготовки и исследований.

Библиографический список

1. Цирулева Л.Д., Щербакова Н.Е. Геймификация в обучении: сущность, содержание, пути реализации // Вестник Пензенского государственного университета. 2023. № 3. С 13–17.

2. Алиева М.К. Применение цифровых образовательных игр в учебном процессе [Текст] / М.К. Алиева. // Молодой ученый. 2024. № 13 (512). С. 205–207. URL: <https://moluch.ru/archive/512/112372/> (дата обращения: 09.11.2024).

3. Codemonkey – увлекательное обучение программированию для детей. –

Текст: электронный // Лайфхакер: [сайт]. URL: <https://lifehacker.ru/codemonkey/> (дата обращения: 19.11.2024).

4. Игры, которые учат программированию. Текст: электронный // Хабр: [сайт]. URL: <https://habr.com/ru/articles/273003/> (дата обращения: 19.11.2024).

5. Топ-10 игр по математике. Текст: электронный // CQ.RU: [сайт].– URL: <https://cq.ru/articles/gaming/top-10-igr-po-matematike?ysclid=m3otf4nvh0804984456> (дата обращения: 19.11.2024).

6. Иванов А.Г. Компьютерные игры в обучении истории [Текст] / А.Г. Иванов. // Общество, социология, психология, педагогика. 2019. С. 1–5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kompyuternye-igr-v-obuchenii-istorii/viewer> (дата обращения: 19.11.2024).

7. Шехтман Л.И., Бабилова В.Я. Многокритериальный выбор интернет-сервиса для разработки ЭОР // Мавлютовские чтения: материалы XVI Всероссийской молодежной научной конференции. Уфа, 2022. Т. 5. С. 1001–1007.

8. Воловикова Н.А. Мультимедийные компьютерные игры – викторины в познавательном развитии школьников [Текст] / Н.А. Воловикова. // Электронный образовательный портал «XXI век». 2023. URL: <https://obrport.ru/tpost/hsxj28d411-multimediinie-kompyuternie-igri-viktorin> (дата обращения: 19.11.2024).

9. Волкова Т.Н., Таланова И.О. Геймификация в образовании: проблемы и тенденции / [Электронный ресурс] // Ярославский педагогический вестник – 2022 – №5 (128) С. 26–33. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/geymifikatsiya-v-obrazovanii-problemy-i-tendentsii?ysclid=m3otrboухu284037704> (дата обращения: 19.11.2024).

10. Игры на службе здоровья: как игровые технологии меняют медицинскую реабилитацию // Ormed – российский производитель медицинского оборудования для реабилитации. URL: <https://www.ormed.ru/prensa/igry-na-sluzhbe-zdorovya-kak-igrovye-tehnologii-menyayut-meditsinskuyu-reabilitatsiyu/> (дата обращения: 09.11.2024).

© Силин К.К., 2024

Э.Ф. ХАРИСОВА, А.Р. ХАНОВ

khariseliz@gmail.com, amalkhanov2005@gmail.com

Науч. руковод. – ассистент кафедры информатики **Н.К. ХАННАНОВ**

Уфимский университет науки и технологий

АЛГОРИТМ A*: ЭФФЕКТИВНЫЙ ПОИСК ПУТИ В ИГРОВОЙ РАЗРАБОТКЕ

Аннотация: данная статья посвящена анализу алгоритма A* и его применению при разработке компьютерных игр. Рассматриваются теоретические основы алгоритма, его реализация в игровых движках, а также сравнение с другими методами поиска пути, такими как алгоритм Дейкстры. Приводятся примеры использования A* в популярных играх различных жанров, демонстрирующие его эффективность и широкое применение.

Ключевые слова: алгоритм A*, поиск пути, разработка игр, алгоритм Дейкстры, стратегии, квесты.

Введение

При разработке современных компьютерных игр часто возникает задача эффективного поиска пути (pathfinding) для управляемых игровых объектов – персонажей, юнитов, транспортных средств и т. д. Оптимальный выбор алгоритма поиска пути критически важен для производительности игры, особенно в играх с большим количеством объектов и сложными игровыми мирами. Существует множество алгоритмов поиска пути, каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки. Среди них алгоритм A* (A-star) занимает особое место благодаря своей эффективности и широкому применению.

Обзор алгоритмов поиска пути в игровой разработке

Прежде чем перейти к подробному рассмотрению A*, кратко рассмотрим некоторые альтернативные подходы к поиску пути:

- Алгоритм Дейкстры: гарантирует нахождение кратчайшего пути, но может быть неэффективен на больших графах.
- Жадный поиск (Greedy Best-First Search): быстрый, но не гарантирует нахождение кратчайшего пути. Может застревать в локальных минимумах.
- Алгоритм поиска в ширину (Breadth-First Search): гарантирует нахождение кратчайшего пути, но может быть крайне неэффективен для больших графов.

• Алгоритм поиска в глубину (Depth-First Search): не гарантирует нахождение кратчайшего пути и может заикливаться.

Теоретические основы алгоритма A*

Алгоритм A* – это эвристический алгоритм поиска в графе, сочетающий в себе преимущества алгоритма поиска в ширину и жадного поиска. Он использует эвристическую функцию для оценки приблизительного расстояния от текущей точки до целевой.

Описание работы алгоритма

Алгоритм A* работает следующим образом:

1. Инициализация: начальная точка помещается в открытый список (open list).

2. Выбор узла: из открытого списка выбирается узел с наименьшим значением функции $f(n) = g(n) + h(n)$, где:

$g(n)$ – фактическое расстояние от начальной точки до текущей (n).

$h(n)$ – эвристическая оценка расстояния от текущей точки (n) до целевой.

3. Развертывание узла: соседние с выбранным узлом точки добавляются в открытый список, если они еще не были посещены. Для каждой соседней точки рассчитываются значения $g(n)$ и $f(n)$.

4. Перемещение узла: выбранный узел перемещается из открытого списка в закрытый (closed list).

5. Повторение: шаги 2-4 повторяются до тех пор, пока целевая точка не будет добавлена в открытый список. В этот момент путь найден, и его можно восстановить, пройдя от целевой точки обратно к начальной по родительским указателям.

Применение алгоритма A в игровой разработке*

A* идеально подходит для решения задач поиска пути в динамических игровых средах. Его эффективность позволяет использовать его в играх с большим количеством объектов и сложными уровнями.

Реализация алгоритма в игровых движках

Многие популярные игровые движки (Unity, Unreal Engine) предоставляют инструменты и библиотеки для реализации алгоритма A*. Разработчики могут использовать готовые решения или создавать собственные реализации, оптимизированные под конкретные нужды игры.

Примеры использования алгоритма в популярных играх

Алгоритм A* или его модификации используются во множестве популярных игр:

Примеры из жанров стратегий и квестов

• Стратегии в реальном времени (RTS): A* используется для расчета путей для юнитов, поиска оптимальных маршрутов для перемещения ресурсов и проведения атак.

• Ролевые игры (RPG): A* используется для навигации персонажей, поиска пути к квестовым объектам и сражениям.

• Квесты: A^* может быть использован для определения путей между локациями и расчета оптимальных маршрутов.

Сравнение алгоритма A^* с другими методами поиска пути в играх* ***Сравнение с алгоритмом Дейкстры.***

В отличие от алгоритма Дейкстры, A^* использует эвристику, что позволяет значительно сократить время поиска пути, особенно на больших графах. Дейкстра гарантирует кратчайший путь, но требует значительно больше вычислительных ресурсов. A^* предлагает компромисс между скоростью и оптимальностью.

Заключение

Алгоритм A^* является одним из наиболее эффективных и распространенных алгоритмов поиска пути в игровой разработке. Его гибкость, эффективность и способность находить оптимальные пути делают его незаменимым инструментом для создания реалистичных и производительных игр. Несмотря на существование альтернативных методов, A^* остается предпочтительным выбором для многих разработчиков, позволяя создавать увлекательные игровые миры с динамичным и отзывчивым управлением. Дальнейшие исследования в области оптимизации A^* и разработка новых эвристик позволят еще больше повысить его производительность и расширить область применения.

Библиографический список

1. Харт П.Э., Нильссон Н.Дж. и Рафаэль, Б. (1968). Формальная основа для эвристического определения путей минимальной стоимости. Труды IEEE по системным наукам и кибернетике, 4(2), 100–107. основополагающая работа, описывающая алгоритм A^* .
2. Рассел С. Дж., и Норвиг, П. (2010). Искусственный интеллект: современный подход. Pearson Education Limited. – обширное руководство по искусственному интеллекту, включающее раздел о поиске пути.
3. Стаут К.Ф. (2016). Алгоритмы поиска. CRC Press. Книга, посвященная различным алгоритмам поиска, включая A^* .
4. Амит Й. (2006). Искусственный интеллект для игр. Apress. Практическое руководство по использованию искусственного интеллекта в разработке игр с подробным описанием алгоритма A^* .
5. Документация для игрового движка Unity. Официальная документация Unity содержит информацию о реализации поиска пути, в том числе с использованием A^* .
6. Документация по Unreal Engine. Аналогичным образом, документация по Unreal Engine описывает инструменты и библиотеки для поиска пути.

© Харисова Э.Ф., 2024

**Р.Ф. АМИНЕВА, Т.Р. КАРИМОВА, Е.А. ЮНУСОВА,
Г.Ф. НИЗАМОВА**

*aminevari2004@mail.ru, taiskarimova@mail.ru, 9177646928@mail.ru,
Nizamova_guzel@mail.ru*

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доцент. **Г.Ф. НИЗАМОВА**

Уфимский университет науки и технологий

ВОЗМОЖНОСТИ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ ИГР ПУТЕМ ВНЕДРЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Аннотация: в данной статье о возможностях усовершенствования элементарных компьютерных игр представлены три игры в которые были внедрены элементы искусственного интеллекта: «Змейка», «Пинг-Понг» и «Астронавт в космосе».

Ключевые слова: искусственный интеллект; NPC; компьютерная игра.

В настоящее время в информационной среде все больше интереса вызывают два направления – разработка компьютерных игр и возможности использования искусственного интеллекта. Несмотря на существование огромного количества разработанных сложных и многоуровневых игр, элементарные «классические» игры все равно остаются популярны по многим причинам: нежелание пользователя устанавливать компьютерные игры, занимающие много места на диске, тратить много времени на прохождение одного уровня, желание ненадолго отвлечься несложным занятием от рабочего процесса и отдохнуть. Существует большое количество элементарных компьютерных игр, три из которых были взяты нами за основу и усовершенствованы путем внедрения элементов искусственного интеллекта.

Первой усовершенствованной игрой стала игра «Астронавт в космосе». Астронавт пребывает в ракете и имеет возможность покинуть ее и исследовать окружающее пространство – космос с огромным количеством звезд и планетой в зоне видимости игрока. Используемым программным обеспечением является Pygame Zero. Исходная версия игры предполагает беспрепятственное перемещение персонажа по игровому полю, как на рис. 1.

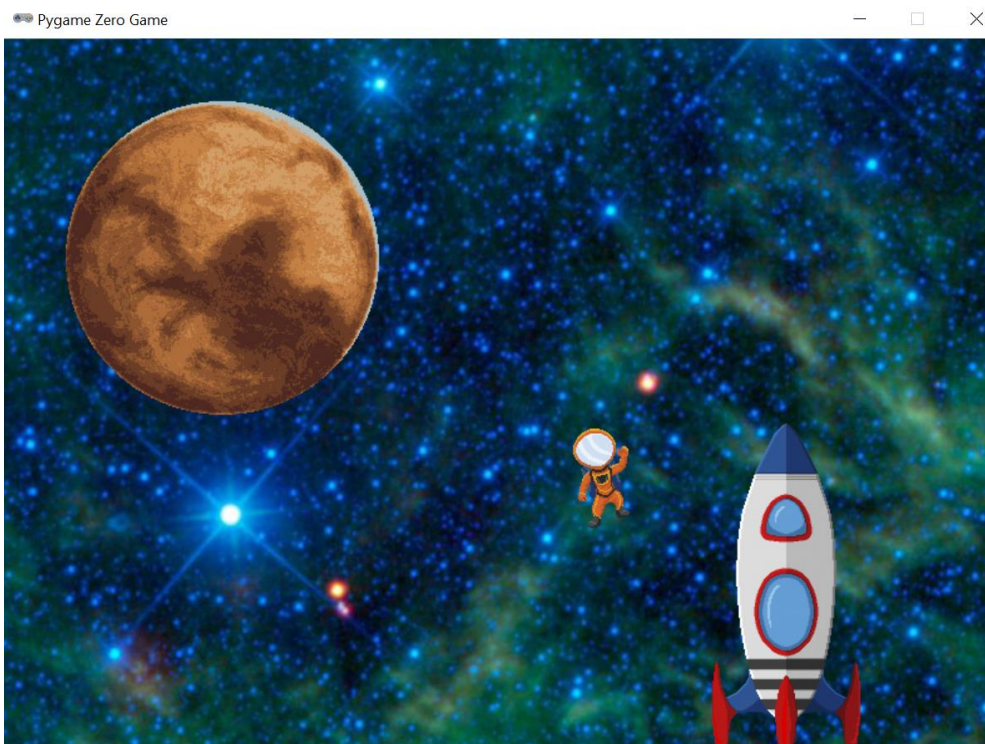


Рис. 1. Игра «Астронавт в космосе» без применения искусственного интеллекта

Наша задача заключалась в добавлении на игровое поле дополнительного персонажа с действиями, основанными на элементах искусственного интеллекта. Приведем краткий алгоритм процесса игры: после запуска происходит инициализация переменных и запускается цикл, включающий проверку ввода с клавиатуры, движение NPC, проверку столкновения, условие на столкновение: в его случае игра прекращается и в окне командной строки выводится соответствующая строка со словами «Game Over! The enemy caught you.». По завершении игры по причине поимки персонажа игрока «врагом», происходит отрисовка и цикл завершается. В усовершенствованной игре присутствует несколько простых элементов искусственного интеллекта:

- следование за игроком осуществлено с помощью функции, реализующей простую логику, по которой «враг» движется в сторону игрока. Это поведение можно считать базовым примером ИИ, так как «враг» реагирует на положение игрока и принимает решение о том, в каком направлении двигаться (вперед, назад, вверх или вниз);

- проверка столкновения происходит за счет функции, вычисляющей расстояние между игроком и «врагом» и определяющей, произошло ли столкновение. Это элемент ИИ, так как «враг» должен знать, когда он догнал игрока. Эта логика может быть расширена для более сложных взаимодействий;

- динамическое поведение, основанное на том, что «враг» или NPC, который следует за игроком, является одним из самых простых типов ИИ. Хотя в данном коде нет сложной логики принятия решений или обучения,

сам факт того, что враг реагирует на действия игрока, является элементом интерактивного поведения, что является основой для более сложных ИИ-систем.

Также в усовершенствованной версии игры был добавлен учет времени суток, реализуемый функцией, определяющей текущее время и возвращающей соответствующее описание части дня. Хотя это изменение не является элементом ИИ в узком смысле, оно может быть использовано для создания атмосферы или изменения поведения NPC в зависимости от времени суток, что является важным аспектом в более сложных играх с ИИ.

Внесенные изменения добавляют интереса к игре у пользователя, новая версия игры представлена на рис. 2.

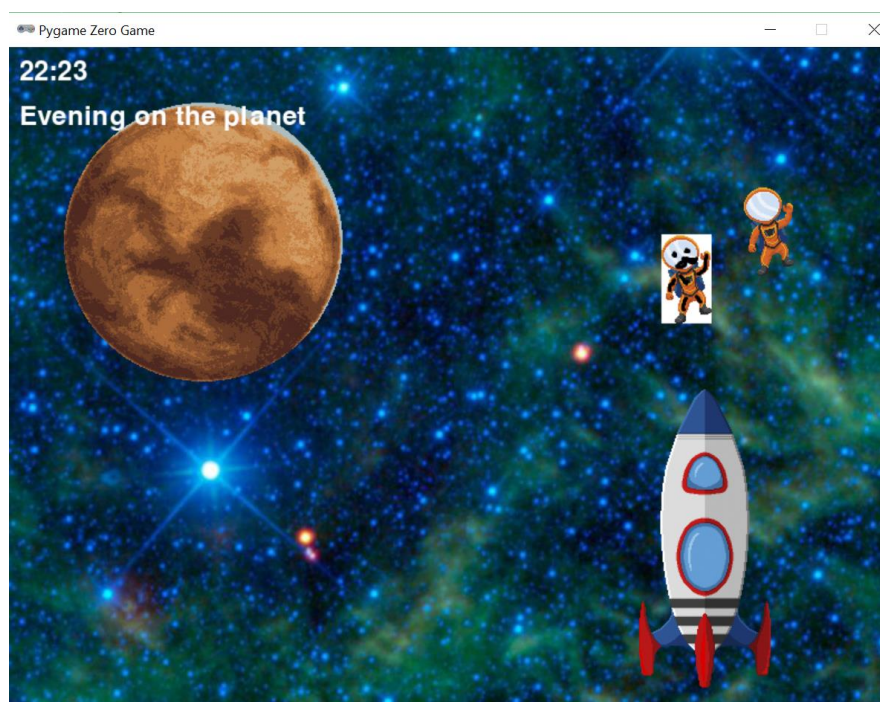


Рис. 2. Игра «Астронавт в космосе» с применением искусственного интеллекта

Второй игрой, модернизированной с помощью добавления искусственного интеллекта, стала достаточно распространенная среди мобильных приложений, игра «Змейка». Ее смысл состоит в том сборе «змейкой» «яблока», что будет неизменно приводить к удлинению «змейки», а также в избегании столкновений со стенками игрового поля и с собственным «хвостом», игровое поле представлено на рис. 3. Алгоритм начальной версии игры состоит из инициализации, метода для нового положения «яблока», установки нового направления «змейки», условия, направляющего нажатие кнопки, отрисовки игры, метода, возвращающего координаты на определенном интервале, логики игры и каркаса игры.



Рис. 3. Игра «Змейка» без использования элементов искусственного интеллекта

Усовершенствованная игра представлена на рис. 4. Модернизация игрового процесса была осуществлена при помощи некоторых элементов искусственного интеллекта:

- вторая змейка, реализованная добавлением массива для хранения координат второй змейки и добавлением новых отдельных переменных;
- логика ИИ, реализованная методом, определяющим направление второй змейки, чтобы она, подобно первой, следовала за яблоком;
- отрисовка, произведенная обновленным методом для рисования обеих змеек: первой – зеленой, а второй – синей;
- обновленное управление, заключающееся в том, что вторая змейка управляется автоматически через логику ИИ.



Рис. 4. Игра «Змейка» с внедрением элементов искусственного интеллекта

Также для удобства пользования интерфейсом игры, были добавлены следующие дополнительные элементы:

- счетчик очков: при каждом съеденном яблоке счет увеличивается на единицу;
- увеличение длины змейки: змейка увеличивается, когда она съедает яблоко;
- избежание 180-градусного поворота: игрок не сможет сразу развернуть змею в противоположную сторону.

Третьей модернизированной с помощью искусственного интеллекта игрой стала знаменитая игра «Пинг-Понг». Ее смысл достаточно простой и понятный многим, но, однако, она не становится от этого менее интересной, чем множество более сложных игр. Пользователь должен отбивать мячик, управляя специальным блоком с одной из сторон игрового поля. Игровой процесс исходной версии игры представлен на рис. 5.



Рис. 5. Игра «Пинг-Понг» без внедрения элементов искусственного интеллекта

Усовершенствование игры было осуществлено при помощи добавления дополнительных элементов, обеспечивающих более комфортное использование игры, и внедрения элементов искусственного интеллекта. Фрагмент улучшенного игрового процесса представлен на рис. 6.

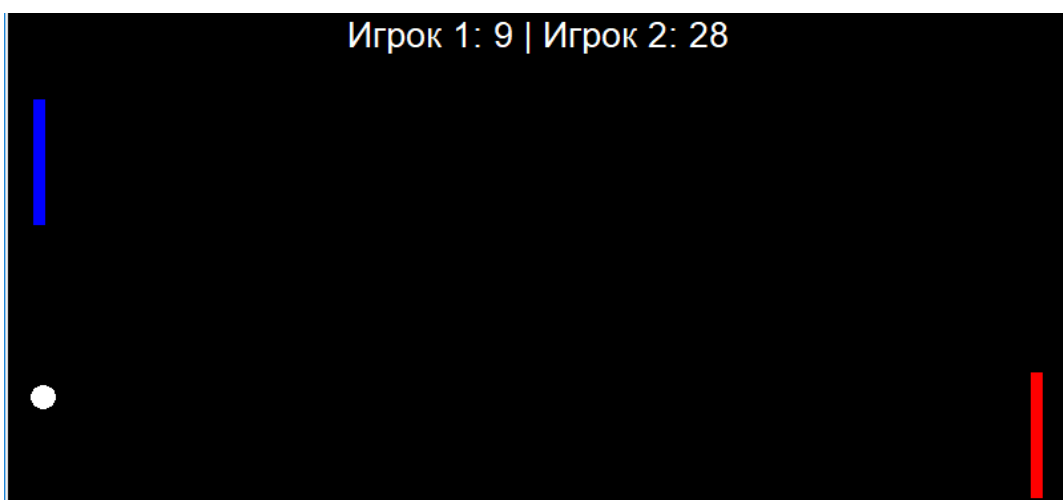


Рис. 6. Игра «Пинг-Понг» с внедрением элементов искусственного интеллекта

Были добавлены следующие дополнительные элементы для отслеживания и отображения очков каждого игрока:

- добавление переменных для счета и для отслеживания очков каждого игрока;
- текст счета, осуществленный использованием нового объекта для отображения счета в верхней части игрового поля;
- обновление счета, заключающееся в том, что когда мяч выходит за пределы поля, увеличивается счет соответствующего игрока, затем вызывается метод, сбрасывающий мяч;
- реализация метода для формата и отображения текста с текущим счетом.

Также были внедрены следующие элементы искусственного интеллекта, заключающиеся в перемещении AI, который в первоначальной версии не управлялся искусственным интеллектом. Вторым игроком перемещает свою ракетку (второго игрока) в зависимости от положения мяча. Если мяч выше AI, он двигает ракетку вверх; если мяч ниже – вниз. Также теперь ограничивается перемещение ракетки AI в пределах игрового поля и убраны клавишные привязки для второго игрока: AI вместо игрока управляет ракеткой 2. Так усовершенствованная игра позволяет одному игроку управлять своей ракеткой с помощью клавиш W и S, в то время как AI автоматически управляет ракеткой второго игрока.

Подводя итог представленному и изложенному, можно добавить, что рассмотренные и усовершенствованные путем внедрения элементов искусственного интеллекта игры имеют возможности быть еще более модернизированными с помощью искусственного интеллекта, так как в настоящее время возможности его применения достаточно обширны и весьма занимательны.

Библиографический список

1. Миссия: Python. Создаем игры вместе с детьми / Шон МакМанус; [перевод с англ. С.В. Черникова]. М.: Эксмо, 2022. 384 с.: ил. (Программирование для детей).
2. Воробьев А.В. Цифровые технологии и искусственный интеллект в организационно-технических системах: монография / А.В. Воробьев [и др.]. Уфа: РИЦ УУНиТ, 2024. 258 с.

© Юнусова Е.А., Аминева Р.Ф., Каримова Т.Р., Низамова Г.Ф., 2024

В.В. ДЕМИДОВА, А.А. КУЗНЕЦОВА

vascademidova@gmail.com, kuznetsovangelina@mail.ru

Науч. руковод. – д-р техн. наук, проф. **А.В. ВОРОБЬЕВ**

Уфимский университет науки и технологий

КОМПЬЮТЕРНАЯ ИГРА С ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ, РАЗРАБОТАННАЯ В UNITY

Аннотация: статья посвящена разработке компьютерной игры по мотивам сказок А.С. Пушкина, начатой в рамках соревнования по спортивному программированию. Игра включает в себя образовательную составляющую. Применялся игровой движок Unity с языком программирования на C#.

Ключевые слова: компьютерная игра, Unity, язык C#.

Введение

Внедрение компьютерных игр в образовательный процесс дает ряд преимуществ: интерактивность, наглядность, возможность использовать социальное взаимодействие и другие [2]. Компьютерная игра создавалась с целью повышения мотивации школьников к изучению литературы и информатики. Персонажами игры являются герои нескольких сказок А.С. Пушкина: Руслан и Людмила, о золотом петушке, о рыбаке и рыбке. В ходе прохождения игры пользователю приходится выполнять задания по информатике. Успешное прохождение обеспечивает определенные игровые преимущества.

Основные этапы создания игры

Этап 1. Определение концепции игры. Игра была задумана в рамках темы «Сказки Пушкина» на соревновании GameJam. В качестве литературной основы выбрана сказка А.С. Пушкина «Руслан и Людмила», дополненная элементами нескольких других сказок. Игра выполнена в стиле киберпанк и получила название «Кибер Руслан».

Этап 2. Разработка сюжета и сценария. Полностью проработан сюжет. Ключевые события: похищение Людмилы Черномором, путешествие Руслана в киберпанк-мир, помощь Золотой Рыбки и Золотого Петушка, сражение с Черномором и счастливый финал.

История начинается на свадебном пиру Руслана и Людмилы в традиционном русском сеттинге. Внезапно празднование прерывается ударом молнии, и Людмила исчезает. Князь Владимир издает указ вернуть Людмилу любой ценой, что побуждает Руслана отправиться в путешествие через киберпанк-мир, полный опасностей и приключений рис. 1.

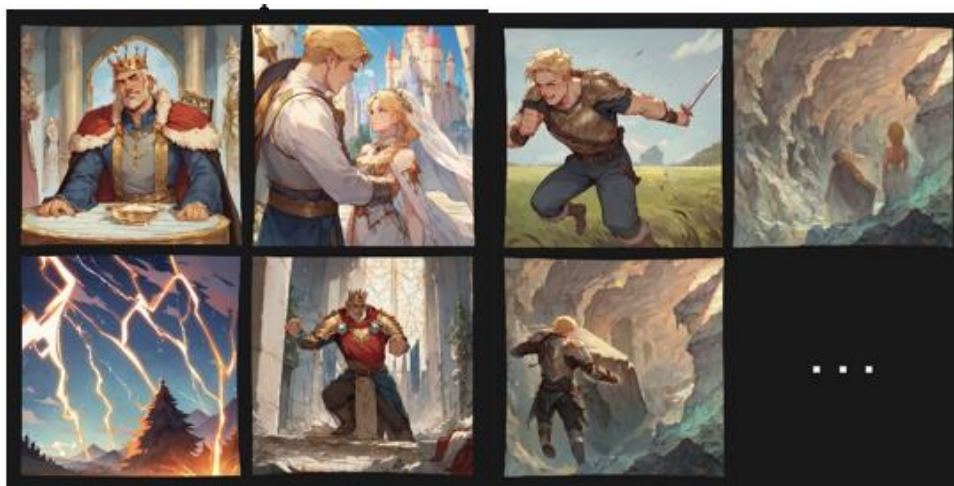


Рис. 1. Разработка сюжета

Перечислим основных персонажей игры рис. 2:

Руслан – главный герой, отправляющийся на поиски Людмилы.

Людмила – похищенная невеста Руслана.

Черномор – антагонист, похитивший Людмилу.

Кошка Ученая – персонаж, встречающийся Руслану в его путешествии.

Золотая Рыбка и Золотой Петушок – помощники Руслана в его квесте.



Рис. 2. Разработка основных персонажей

Этап 3. Выбор игрового движка. Для реализации игры использовался движок Unity, выбранный за его гибкость, возможности визуального скриптинга, поддержка кроссплатформенности, а также удобные и разнообразные инструменты полезные для разработки 2D игр: создания 2D-анимаций, физики и окружения, что позволяет создавать детальные и интерактивные 2D-миры [1]. Для реализации игровой логики и механик применялось программирование на языке программирования C# – основной язык скриптинга в Unity.

Asset Store: разработчики могли использовать готовые ассеты из магазина Unity для ускорения процесса разработки и улучшения визуального качества игры.

Этап 4. Проработка механик. «Кибер Руслан» представляет собой 2D-платформер с элементами киберпанка. Основные игровые механики включают:

Движение: классическое управление с использованием клавиш WASD для навигации, пробела для прыжков и Ctrl для скрытного передвижения.

Взаимодействие с NPC: игра включает сражения и мини-игры для взлома, где игрокам помогает Золотой Петушок.

Платформинг: присутствуют элементы платформинга, такие как падающие платформы, что добавляет сложности и разнообразия геймплею.

Соревновательный элемент: внедрен таймер для измерения времени прохождения уровня; показания используются при построении таблицы лидеров; это стимулирует игроков к улучшению результатов.

Киберпанк-элементы: игра интегрирует футуристические технологии, хакерство и другие элементы киберпанка в традиционный сюжет, создавая уникальную атмосферу.

Визуальный стиль: игра использует спрайты для главного героя с анимациями бега, ходьбы, прыжков, атак и скольжения, что обеспечивает плавность и реалистичность движений.

Этап 5. Создание визуальных ресурсов

Отрисованы спрайты главного героя, включая анимации бега рис. 3, ходьбы, прыжков, атак и подката рис. 4 и 5.

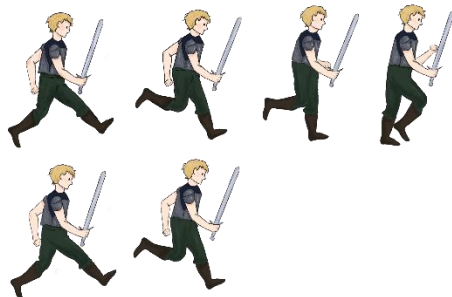


Рис. 3. Спрайт анимации бега



Рис. 4. Спрайт анимации атаки



Рис. 5. Спрайт анимации поката, приседа, уклона

Этап 6. Образовательная составляющая

«Кибер Руслан» разработан как образовательный инструмент, сочетающий в себе изучение классической литературы и информатики. Сюжет игры, основан на произведении А. С. Пушкина, повышает мотивацию школьников к изучению использованных в игре произведений. В игру интегрированы мини-игры для взлома, которые включают задачи по информатике рис. 6, по таким темам как: алгоритмизация, программирование и решение логических задач. Использование игровых механик и соревновательных элементов повышает вовлеченность школьников в учебный процесс [2]. Игра способствует развитию навыков решения проблем, логического мышления и внимательности, что важно как для изучения литературы, так и для информатики.

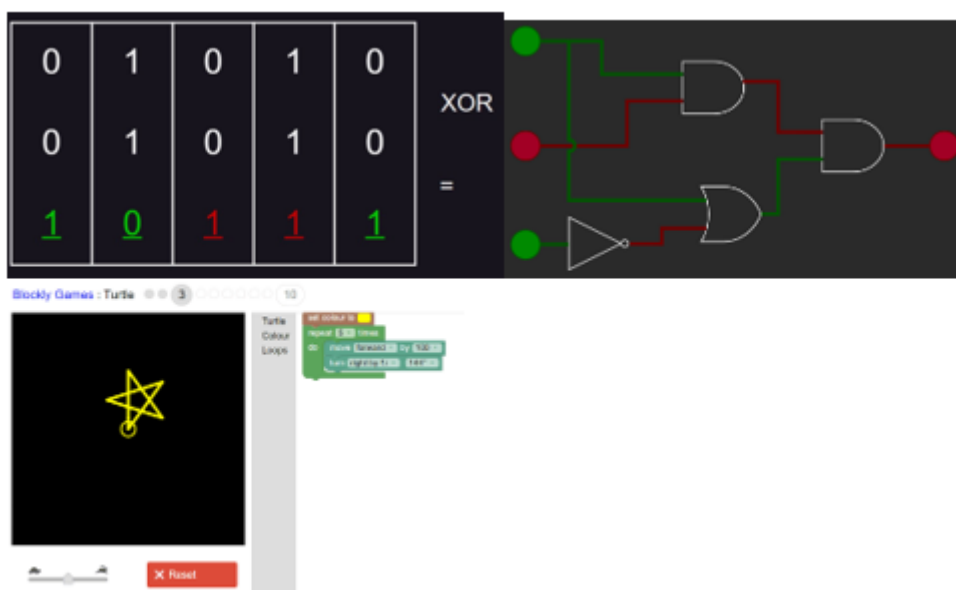


Рис. 6. Пример мини-игр по информатике

Этап 7. Тестирование и доработка. Игре также требуется доработка, с улучшением качества анимации.

Текущее состояние: продумана концепция игры и создан прототип игры. Прототип был протестирован на ограниченной группе пользователей.

Перспективы: планируется продолжить создание уровней игры и образовательных мини игр.

Этап 8. Маркетинг и продвижение. Планируется рекламная стратегия с упором на платформы RuTube и ВКонтакте. Игра также была предложена как вариант для внеурочной деятельности в школах.

Заключение

«Кибер Руслан» представляет собой успешный пример использования геймификации в образовательной среде.

Игра позволяет изучать учебные материалы по литературе и по информатике в интерактивной форме, что способствует повышению интереса школьников к учебе. Соревновательные элементы могут стимулировать вовлеченность и развитие навыков.

Библиографический список

1. Воробьев А.В. Цифровые технологии и искусственный интеллект в организационно-технических системах: монография / А.В. Воробьев [и др.]. Уфа: РИЦ УУНиТ, 2024. 258 с.

2. Шехтман Л.И., Бабилова В.Я. Многокритериальный выбор интернет-сервиса для разработки ЭОР // Мавлютовские чтения: материалы XVI Всероссийской молодежной научной конференции. Уфа, 2022. Т. 5. С. 1001–1007.

© Демидова В.В., Кузнецова А.А., 2024

Р.Р. ГИЛЯЗИЕВ

asilivamav@gmail.com

Науч. руковод. – канд. техн. наук, доц. **Р.Р. КАРИМОВ**

Уфимский университет науки и технологий

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РАБОТЫ С ТЕКСТУРАМИ ДЛЯ МОДИФИКАЦИИ ПЕРСОНАЖА НА ПРИМЕРЕ ДВИЖКА FROSTBITE

Аннотация: рассматривается разработка мода игры на основе наложения карты текстур на 3D объект и создания нового персонажа.

Ключевые слова: развертка объекта, карта текстур, альфа-канал, UV, Adobe Photoshop, Frostbite, Frosty Editor композитинг, мода, композитинг.

Введение

В современных компьютерных симуляторах и играх визуализация объектов высокой степени реалистичности играет определяющую роль в формировании интереса пользователей к игровому продукту. Для создания реалистичного и информативного визуального представления героев и объектов широко используется технология наложения текстур на 3D-модели [1, 3].

В то же время для многих игр создаются так называемые моды – это модифицированные и новые локации, уровни, инвентарь, экипировка персонажа или его снаряжение.

Целью данной работы является исследование и применение технологий качественного нанесения текстур и последующей правильной развертки для создания мода популярной игры и добавления символики УУНиТ на экипировку персонажа игры.

В работе рассматривается компьютерная игра Star Wars Battlefront 2, разработанная компанией EA, а также игровой движок FROSTBITE. Для доступа к файлам игры используем Frosty Editor.

Frostbite – игровой движок от EA DICE, известный своей высокой производительностью, реалистичной графикой, моделированием разрушений и поддержкой различных жанров. Frostbite используется во многих франшизах EA, включая Battlefield, Need for Speed, Star Wars Battlefront и другие.

Frosty Editor – это бесплатный инструмент для редактирования игр на базе движка Frostbite от EA DICE. Frosty Editor используется для изучения движка Frostbite, создания прототипов игр и разработки модов. Поддерживает большинство уже вышеупомянутых игр на базе Frostbite [2].

В качестве персонажа возьмем Obi-Wan Kenobi из компьютерной игры Star Wars Battlefront 2, произведем модификацию экипировки персонажа – роба, на которую нанесем название и логотип университета.

Базовые возможности технологии наложения текстур на 3d объекты

Ключевыми моментами являются преобразование 2D-текстуры в непрерывные фрагменты для наложения на 3D-модель, а также фотореалистичные или стилизованные эффекты за счет применения текстур.

Основные шаги при подготовке текстуры:

- 1) Импорт и расположение 3D-модели в программном обеспечении для текстурирования.
- 2) Разделение UV-пространства, создание UV-островов (отдельных областей) на поверхности модели.
- 3) Выкладывание UV-островов – расположение UV-островов на текстурном изображении для правильного отображения текстуры.
- 4) Выравнивание текстуры – регулировка положения и масштаба UV-островов для соответствия текстуры изгибам модели.
- 5) Создание швов – добавление швов между UV-островами для скрытия переходов между текстурами.

При наложении текстуры на 3D-модель необходимо обеспечить:

- 1) Сопоставление координат UV с вершинами модели.
- 2) Триангуляцию поверхности 3D-модели на полигоны.
- 3) Назначение фрагментов текстуры полигонам в соответствии с UV-координатами.

Для придания эффекта прозрачности используется альфа-канал. При этом возможны следующие варианты:

- 1) Полностью прозрачный фон – требует установка альфа-значения фоновых пикселей на 0 для прозрачности.
- 2) Частичная прозрачность – регулировка альфа-значений для эффектов размытия, выцветания и наложения.
- 3) Композитинг со слоями – наложение изображений с альфа-каналами для сложных композиций с сохранением прозрачности.

Решение поставленной задачи

Для развертки текстуры 3D-объектов возможно применить несколько способов:

- 1) Полностью экспортировать скелет персонажа вместе с текстурами в 3D редактор (например, в Blender) и покрасить текстуры уже там с помощью плагина Texture Painter. Лучше всего подойдет специализированный программный продукт Substance Painter.
- 2) Экспорт карты текстур из файлов игры с последующей покраской текстур в графическом редакторе. Например, в Adobe Photoshop.

Таким образом, нам требуется экспортировать уже готовую текстуру из файлов игры, далее перенести изображение в Adobe Photoshop и уже в нем нанести нужную нам текстуру, соблюдая все пропорции и границы.

Карта текстур персонажа размером 2048x2048 пикселей используется для покрытия скелета персонажа (skinning), отвечающего за одежду.

В редакторе Frosty Editor в дереве Data Explorer необходимо найти игровые объекты, чтобы выполнить дальнейшие шаги. Найдем в дереве объектов персонажа и его экипировку (рис. 1).

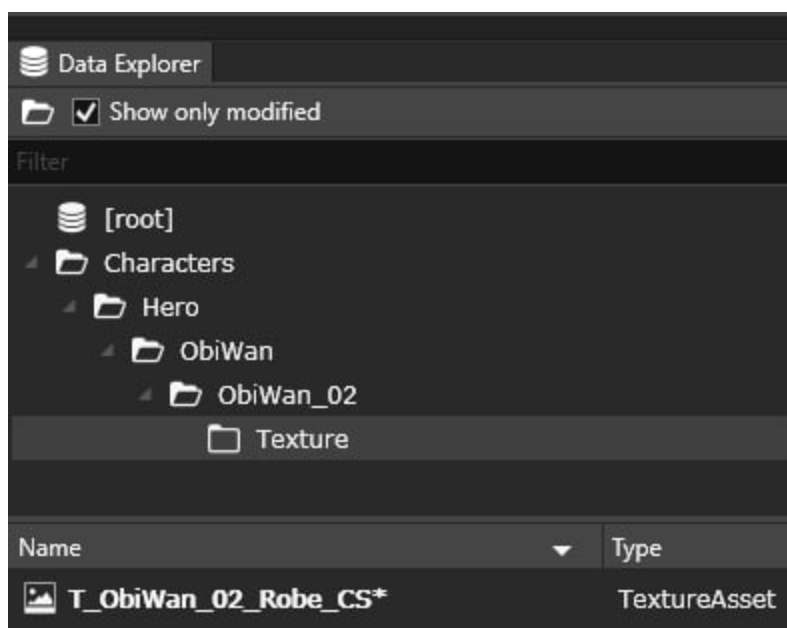


Рис. 1. Окно поиска игровых объектов

В папке Texture находится нужная нам текстура, отвечающий за плащ персонажа. Экспортируем ее и переносим в Photoshop.

В Adobe Photoshop растягиваем правильно текстуры, соблюдая размеры. Также не забываем отразить изображение. В нашем случае при развертке изображения с текстом это понадобится для читаемости текста.

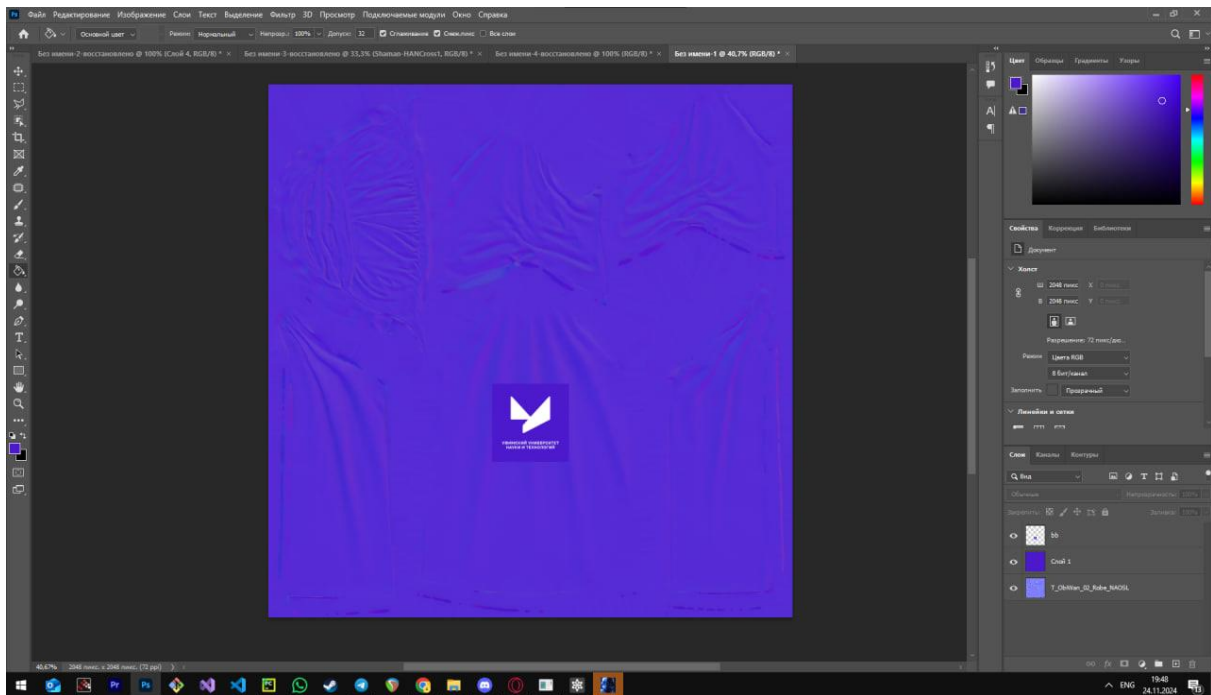


Рис. 2. Редактирование и правильное наложение текстуры в Adobe Photoshop

Важно не забыть удалить первоначальный слой, опираясь на который, мы подбирали размеры плаща. Фон должен оставаться полностью прозрачным. Теперь можно переносить измененную текстуру обратно в редактор игровых файлов.

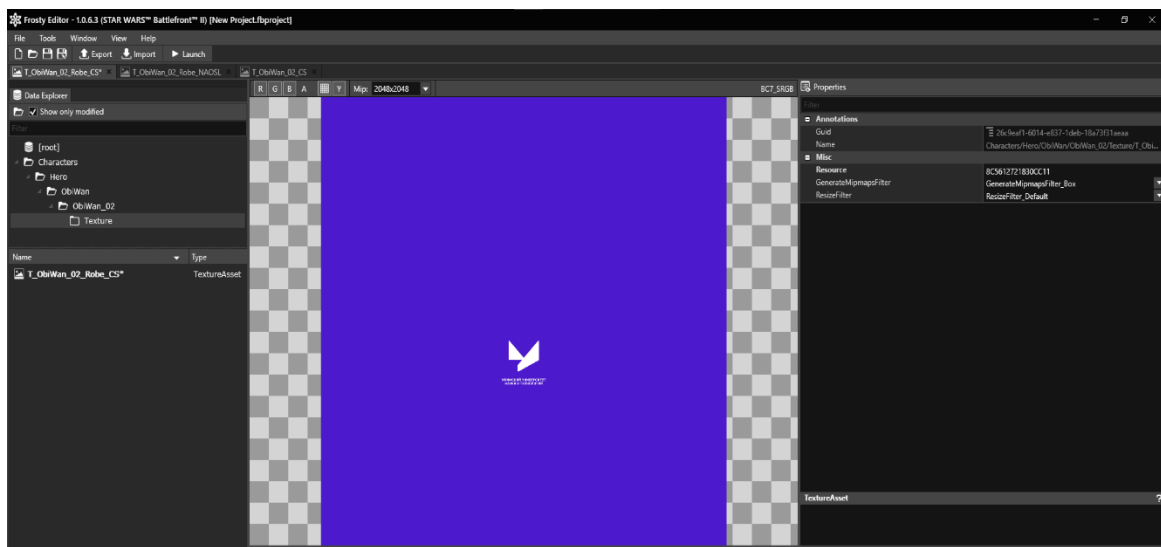


Рис. 3. Окно редактора файлов игры с замененными текстурами

Осталось лишь нажать кнопку «Launch» в программе Frosty Editor, чтобы запустить игру и увидеть полученный результат. Как видно, за счет правильного наложения текстуры, при движении персонажа в динамике текстуры отображаются корректно (рис. 4).



Рис. 4. Отредактированная текстура плаща у персонажа

Выводы

Рассмотрена задача модификация карты текстур для последующей правильной развертки на 3D объект. В работе использованы: игровой движок FROSTBITE, редактор игровых файлов Frosty Editor и графический редактор Adobe Photoshop.

Метод решения задачи может быть использован для любого проекта, который требует качественного наложения текстурного для 3D объектов, например, в разработке симуляторов для обучения. Также этот метод позволяет создавать свои моды для уже готовой компьютерной игры.

Библиографический список

1. Каримов Р.Р., Кузьмина Е.А., Арсланов Т.Р., Макаев Р.А. Проектирование комплекса управления авиационно-космическими объектами на основе технологий смешанной реальности // Свободный полет-2018: сборник трудов всероссийской конференции. Уфа-Жуковский, 2018. С. 73–75.
2. Руководство по Frosty Toolsuite. URL: <https://github.com/FrostyToolsuite/FrostyToolsuite> (дата обращения 23.11.2024)
3. Воробьев А.В. Цифровые технологии и искусственный интеллект в организационно-технических системах: монография / А.В. Воробьев [и др.]. Уфа: РИЦ УУНиТ, 2024. 258 с.

© Гилязиев Р.Р., 2024

СОДЕРЖАНИЕ

Секция 5.1 Автоматизированные системы обработки информации и управления	3
<i>Е.А. Дронь, К.Ф. Муслимова.</i> Разработка информационной системы 1С: производство в соответствии с методологией ERP.....	3
<i>И.Р. Сунагатов.</i> К вопросу об управлении сборкой изделий на машиностроительном предприятии	11
<i>М.Н. Садовщиков, Т.Т. Булгаков, Я.О. Мельников.</i> Разработка информационной системы по методологии COBIT на платформе 1С: Предприятие	18
<i>Н.А. Кононов, Е.М. Кононова, М.А. Кононов.</i> Применение технологий искусственного интеллекта в пользовательских интерфейсах цифровых сервисов	23
<i>В.А. Изгина.</i> Модульная архитектура как решение проблем в развитии предприятий	27
<i>Е.Е. Красько.</i> К вопросу реинжиниринга системы учета движения ТМЦ по ходу производственного процесса	34
<i>А.Р. Мацкевич.</i> Проектирование информационной системы для автоматизации производственных процессов сборки	41
<i>И.Ю. Газизов.</i> Автоматизированная теплица на базе Arduino: обзор технологий, компонентов и прогноз климатических параметров ...	47
Секция 5.2 Математическое и программное обеспечение	51
<i>Н.И. Абакова.</i> Теоретические основы методов численного интегрирования	51
<i>А.А. Акманов.</i> Численное дифференцирование функций	56
<i>А.Д. Бадмаев.</i> Программная реализация алгоритма по переводу в иррациональную систему счисления	60
<i>А.А. Байбулатов, И.Т. Нагаев.</i> Паттерн Model-View-Viewmodel: основная идея, преимущества и практика применения	65
<i>А.Р. Валиуллина, А.Д. Юлдашбаев.</i> Применение методов машинного обучения в маркетинге	70
<i>И.С. Воробьев.</i> Сравнение полиномиальной и нейросетевой аппроксимации на примере элементарной функции: метод наименьших квадратов против многослойного перцептрона	74
<i>И.И. Габбасова.</i> Математическое и программное обеспечение для управления запасами на складах	79
<i>В.Р. Галиев.</i> Обзор и разработка программных технологий геомагнитного мониторинга при помощи мобильных устройств на примере операционной системы Android	83
<i>И.И. Гареев.</i> Автоматизация учета личных финансов с помощью платформы Telegram	87

<i>Н.Г. Дорофеев.</i> Исследование подсистемы рендеринга игрового движка Minecraft	92
<i>А.Д. Журавлев.</i> Опыт разработки REST API для мобильного приложения Remember Code	100
<i>М.П. Зайцев, А.А. Муллагалиев.</i> Теория приближений	104
<i>Д.Р. Зулкарнаев, Р.А. Галимов.</i> Использование кубической сплайновой интерполяции для обработки разреженных данных	107
<i>А.И. Исангулов.</i> Информационные технологии геопространственного позиционирования на основе геомагнитных данных	112
<i>Т.Б. Купбаев.</i> Проблема плохо обусловленных матриц в троично сбалансированных системах	117
<i>С.Д. Леушев.</i> Алгоритм Дейкстры и его реализация на языке программирования C#	120
<i>Н.Е. Лисина, Э.Р. Саитова.</i> Алгоритм обратного распространения ошибок	124
<i>Н.Р. Никитин.</i> Обзор библиотеки YOLOv8: принципы работы и возможности	128
<i>Ю.А. Юлдашева, В.В. Плотников.</i> Равновесия Нэша игры «Угадай число»	132
<i>И.Ж. Рахимов.</i> Математическое и программное обеспечение для поиска наилучшего маршрута доставки грузов с учетом отдельной доставки	136
<i>Е.В. Савин.</i> Генеративно-состязательные сети в генерации изображений: обзор архитектур и практических применений	141
<i>Д.С. Сергеев.</i> Адаптивные графовые модели для построения маршрутов внутри зданий с учетом потребностей маломобильных пользователей	146
<i>Э.Р. Тен.</i> Алгоритмы выявления видов отказов электродвигателя ...	151
<i>В.С. Федорищев, Е.Р. Шаймарданова.</i> Сравнительная характеристика решений задачи Коши различными численными методами	157
<i>Е.Р. Шаймарданова.</i> Об одном методе уточнения численных результатов	163
<i>Е.Р. Шаймарданова, А.А. Соколова.</i> Кавитационное обтекание мягкой воздухоопорной оболочки	167
<i>Р.Г. Шакиров.</i> Программное обеспечение для формирования и визуализации описательной статистики геопространственной информации	171
<i>Ю.Р. Юсупова, З.И. Юсупова.</i> Распознавание лиц с помощью сверточных нейронных сетей	176

Секция 5.3 Анализ данных, искусственный интеллект и машинное обучение	179
<i>Б.А. Аюпов.</i> К вопросу обработки музыкальных композиций нейросетями	179
<i>А.О. Ахметшина, Д.О. Ахметшин.</i> Разработка структуры базы данных по жаропрочным никелевым сплавам для формирования датасетов	184
<i>Т.И. Балгазин, А.И. Балгазин.</i> Создание системы анализа ответов на тесты и опросы	194
<i>И.И. Биглова.</i> Прогнозирование поведения потребителей в e-commerce	199
<i>Э.Р. Габдрахманов.</i> Система музыкальных рекомендаций, основанная на звуковом контенте	206
<i>Р.Р. Гайнетдинов.</i> Аналитический обзор видов и стратегий квантизации больших языковых моделей.....	212
<i>Б.В. Галицков, М.С. Максимов, О.М. Ахунов.</i> Исследование алгоритмов автономного движения гоночного болида на основе компьютерного зрения	217
<i>Б.В. Галицков, М.С. Максимов, О.М. Ахунов.</i> Исследование моделей компьютерного зрения для системы управления транспортными объектами города	223
<i>К.Б. Гусманова.</i> Распознавание образов в палеонтологии	228
<i>В.В. Ефименко.</i> Анализ современного состояния исследований и существующих решений в области информационных технологий в медицине	232
<i>В.Д. Желудков.</i> Классификация литофаций по текстовому описанию: применение методов машинного обучения	238
<i>Д.Р. Исламгалеев, А.Р. Алимгафаров.</i> Программное обеспечение для построения маршрутов на основе сконструированных планов помещений по 3D-моделям	244
<i>Д.Д. Исяноманова.</i> Автореферирование документов на основе машинного обучения	251
<i>Р.А. Кашапов.</i> Анализ использования сверточных нейронных сетей для диагностики доброкачественных и злокачественных новообразований кожи	255
<i>М.А. Колотов.</i> Программное обеспечение для определения банкротства и прогнозирования выручки	260
<i>И.С. Косачев.</i> Программное обеспечение для классификации эмоций человека по вербальным и невербальным признакам	265
<i>Т.И. Магданов.</i> Искусственный интеллект в создании фильмов: технологическая революция	271

<i>Т.И. Магданов.</i> Распознавание ключевых слов в неструктурированных текстах с использованием машинного обучения	276
<i>А. Д. Махмутов.</i> Кластеризация клинических путей: применение методов машинного обучения	281
<i>К.А. Миняйло.</i> Аналитический обзор решений в области комплексной оценки эмоционального состояния человека	287
<i>С.В. Найденов.</i> Применение кластерного анализа для сегментации недвижимости	293
<i>В.Ю. Николаева.</i> Применение методов предиктивной аналитики для оптимизации ценообразования	296
<i>Д.И. Нугуманов, А.И. Ягудин.</i> Внедрение и применение ИИ в сферах информационной безопасности	299
<i>И.А. Покровский.</i> Математическое и программное обеспечение для кластеризации клинических путей пациентов на основе методов машинного обучения	305
<i>А.В. Рыцева.</i> Анализ проблемы создания структурированного протокола осмотра на основе речевой информации	312
<i>А.И. Хаертдинов.</i> Современные методы генерации снимков функциональной диагностики	321
<i>О.Е. Чуркин.</i> Анализ развития больших языковых моделей и возможностей их практического применения	326
<i>О.Е. Чуркин.</i> Анализ существующих уязвимостей в больших языковых моделях	333
<i>А. И. Шангараева.</i> Современное состояние исследований в области обработки и применения знаний клинических рекомендаций	340
<i>Д.Р. Загитов, Т.В. Шаранов.</i> Эволюционная оптимизация в машинном обучении	347
<i>А.Г. Шарипов.</i> Программное обеспечение для контроля знаний медицинских работников	352
<i>О.Д. Ширяева, Э.У. Кашанова.</i> Анализ патентов методами машинного обучения	259
<i>Д.А. Трушников.</i> Технология и алгоритмы визуализации геофизической информации на базе ArcGIS API for JS	365
Секция 5.4 Вычислительная техника и защита информации	371
<i>Г.И. Арсланова, А.Ю. Сенцова.</i> Метод оценки компетентности работников службы безопасности субъектов критической информационной инфраструктуры. Механизм оценки уровня противодействия кибератакам всех работников предприятия на основе фишинговой проверки	371
<i>Е.А. Атарская.</i> Проблема построения классификаторов событий информационной безопасности на основе существенно несбалансированных наборов данных	377

<i>Д.Н. Бакунин, А.Р. Шамсубаров, Н.М. Рожок.</i> Использование блокчейна для управления цифровой идентификацией	384
<i>М.Р. Биктимиров.</i> Киберустойчивость банковских инфраструктур ..	390
<i>А.А. Вольф.</i> Системы BAS.....	395
<i>П.А. Воробьев, Н.Р. Зиятдинов.</i> Опасность критических уязвимостей Windows Server и способы их детектирования	399
<i>Л.Р. Гафаров, Н.А. Перелыгин, А.Ю. Сенцова.</i> Пиратство в компьютерных играх и методы защиты от пиратства	404
<i>Д.В. Гималов.</i> Проблемы и решения в области защиты облачных хранилищ	409
<i>А.Д. Минаева, Е.А. Григорьев, И.С. Ефимов.</i> Методы обнаружения С2 атак. Анализ трафика С2	412
<i>К.С. Дунюшкина.</i> Анализ средств гипервизорной виртуализации российского производства	418
<i>А.Д. Ерошкин.</i> Разработка прототипа квантового генератора паролей	425
<i>А.С. Емелев, Р.Р. Сабитов, А.Ю. Сенцова.</i> Обзор стандарта механизма инкапсуляции ключей на основе модульной решетки FIPS 203.....	430
<i>Е.Д. Кондров, А.М. Лугманов, А.Ю. Сенцова.</i> Цифровизация трансформации предприятий: сущность и проблемы в современной экономике	437
<i>Е.В. Кузнецова, А.Ю. Сенцова.</i> Формирование набора данных на основе набора VeReMi для системы обнаружения вторжений в системах V2X	441
<i>Е.С. Лободенко.</i> Фишинг: современные угрозы и методы защиты ...	447
<i>А.М. Лугманов, Т.Е. Лисина, А.Ю. Сенцова.</i> Защита ОТ DDoS-атак ..	451
<i>А.Д. Миханько.</i> Перспективные направления исследований в криптографии и информационной безопасности: тренды, вызовы и новые возможности	457
<i>Р.А. Мударисов.</i> Сравнительный анализ технологий искусственного интеллекта, реализуемых в средствах защиты информации	463
<i>Н.А. Перелыгин, Л.Р. Гафаров.</i> Роль DPL-системы в предотвращении утечек данных	468
<i>Р.Р. Сабитов, Е.Д. Кондров, А.Ю. Сенцова.</i> Обзор и сравнение сканеров безопасности	473
<i>Р.Ф. Сулейманов, М.К. Смильгявичус, Е.А. Гостенов.</i> Применение антифрод-систем для обеспечения безопасности интернет-транзакций	480
<i>И.М. Хафизов.</i> Вопросы сетевой безопасности в коммерческих организациях и пути их решения	489
<i>А.Ф. Шаймарданов, Д.И. Загидуллин.</i> Моделирование кибератак: учебные полигоны и MITRE Caldera	495

<i>Д.Р. Загитов, Т.В. Шаранов, Р.А. Мударисов.</i> Роль социальной инженерии в реализации сетевых атак	498
Секция 5.5 Геоинформационные системы	503
<i>М.Р. Аминов.</i> Разработка модуля доставки для сайта-агрегатора товаров	503
<i>Е.Н. Борисов.</i> Разработка инструмента в Blender 3D для анализа геосрезов и визуализации склона	506
<i>А.А. Галимов.</i> Геоинформационная система мониторинга состояния растительного покрова на территории Южного Урала	509
<i>А.Д. Гончар, А.В. Нигматуллин.</i> Реализация интерактивного конструктора маршрутов в ГИС «Геопарки РБ»	513
<i>А.П. Горчакова.</i> Сравнение API построения маршрутов	518
<i>Е.И. Емашев.</i> Система для мониторинга деформаций земли с помощью радарных данных	523
<i>С.А. Задорожный.</i> Современное направление развития ГИС: от локальных приложений к облачным технологиям и использованию BIM	526
<i>А.А. Заманов.</i> Геоинформационные технологии в мобильных приложениях: создание карты достопримечательностей города	530
<i>Р.Р. Ильясов.</i> Программный модуль для автоматического распознавания автомобилей и оценки занятости парковочных мест с применением технологии компьютерного зрения	536
<i>Р.Р. Ильясов.</i> Применение методов классификации для определения различных типов объектов с использованием данных дистанционного зондирования	541
<i>Е.А. Кадырова.</i> Разработка информационной системы для учета обрезки зеленых насаждений вблизи линий электропередач	546
<i>А.И. Карачурин.</i> Разработка информационной системы для оптимизации установки ветрогенераторов	551
<i>Л.С. Карякина.</i> Применение геоинформационных систем в задачах обеспечения безопасности для системы видеонаблюдения	555
<i>Т.И. Кинзин.</i> Геоинформационная система мониторинга снежного покрова на территории Южного Урала	562
<i>А.Н. Лапин.</i> Оценка влияния космической погоды на энергетические системы на высоких широтах	566
<i>А.Ф. Миргаязов.</i> Разработка информационной системы для мониторинга и управления лесовосстановительными работами	571
<i>Д.А. Мисюков, А.А. Широкова.</i> Картографический сервис «Карта охотничьих угодий РБ»	575
<i>Д.И. Мухаметов, Д. А. Шаймарданов.</i> Геопортал как инструмент оперативного доступа к пространственным данным: реализация на примере ГИС УУНиТ	582

<i>Р.Б. Насырьянова.</i> Визуализация геологического разреза средствами ГИС	589
<i>А.В. Нигматуллин, А.Д. Гончар.</i> Получение данных о маршрутах в ГИС «Геопарки РБ» с помощью API OpenRouteService	596
<i>А.А. Нуретдинов.</i> Геоинформационная система для анализа и визуализации данных потребления интернет-трафика в контексте разработки мобильного приложения	602
<i>Б.А. Нуриев, Н.И. Жарков.</i> Интеграция ГИС и технологий дополненной реальности для визуализации подземных коммуникаций	606
<i>И.И. Нурмухаметов.</i> Разработка информационной системы для мониторинга загрязнений окружающей среды Республики Башкортостан	611
<i>И.Ф. Нуриев.</i> Картографирование водоматов Уфы: применение геоинформационных систем для улучшения доступности питьевой воды	616
<i>Л.Г. Павлова, Д.И. Мухаметов.</i> Разработка информационной системы для построения оптимальных экскурсионных маршрутов по требованиям клиентов	618
<i>А.Р. Рахимов, А.Н. Пендюрин, Р.Д. Хайруллин.</i> Геоинформационная система мониторинга концентрации озона и азотной кислоты на территории Южного Урала	622
<i>Э.Р. Сайфуллин.</i> Информационные системы для отслеживания состояния дорожного покрытия и сферы городского благоустройства	626
<i>А.А. Сахаутдинов.</i> Геоинформационная система мониторинга концентрации водяного пара и угарного газа в атмосфере на территории Южного Урала	633
<i>С.Р. Султанов.</i> Разработка системы мониторинга состояния компьютеров в локальной сети	638
<i>Р.Л. Хафизов.</i> Разработка интерактивных карт фермерства на основании ГИС технологий	642
<i>А.А. Широкова, Д.А. Мисюков.</i> Объектно-ориентированная модель информационной системы опасных участков дорог по Республике Башкортостан, наиболее подверженных ДТП с участием диких животных	646
Секция 5.6 Анализ, обработка и моделирование пространственных данных	652
<i>Д.М. Вахитов.</i> Разработки алгоритма для выбора оптимальных локаций торговых точек с учетом факторов трафика, сезонности, наличия конкурентов и других параметров, влияющих на привлекательность места	652

<i>Р.М. Галуллин.</i> Современные подходы к анализу пространственных данных в таргетированной рекламе	658
<i>И.Т. Гариев.</i> Разработка информационной системы для автоматизации агрономического учета и планирования сельскохозяйственных работ	661
<i>З.С. Мамедов.</i> Проектирование системы анализа заболеваний посевов с помощью данных с БАС	665
<i>В.А. Столяров.</i> Изучение методов создания системы визуализации расписания занятий на карте кампуса	668
<i>Р.Р. Темиргалин.</i> Современные подходы к анализу данных в розничной торговле: методы и технологии	671
<i>И.А. Тимофеев.</i> Использование технологий искусственного интеллекта в сфере образования	675
<i>М.С. Хайруллин.</i> AI-мониторинг живых существ на территории заповедников	679
<i>Д.А. Шаймарданов, Л.Г. Павлова.</i> Разработка системы централизованного управления и визуализации геоданных	687
Секция 5.7 Системный анализ, управление и информационные технологии	691
<i>А.С. Антонов.</i> Разработка программно-аппаратного комплекса для управления роботом-манипулятором с применением нейронных сетей	691
<i>А.С. Антонов.</i> Настройка нейронной сети для распознавания деталей по цвету и форме	695
<i>Е.А. Барыкина.</i> Система управления и контроля содержания ПДК газовых примесей в многоквартирном доме	700
<i>Л.Ф. Габдрахманова.</i> Анализ устойчивости двусвязной системы автоматического управления с разнородными подсистемами	703
<i>А.И. Газизов.</i> Агломеративная кластеризация сетей со случайной структурой	710
<i>Р.И. Гилязев.</i> Модель распространения отказов в сетях	717
<i>Ю.О. Григорьева.</i> Автоматизация процесса окраски деталей в производственных отраслях	723
<i>О.А. Жаркова.</i> Обоснование выбора стека технологий для сервиса символьных преобразований методом анализа иерархий	728
<i>М.И. Иванов.</i> Дивизимная классификация сетей со случайной структурой по совокупности признаков	733
<i>М.А. Киселев.</i> Актуальность модернизации системы сбора и оперативного диспетчерского управления в связи с импортозамещением	739
<i>Н.А. Курбатов.</i> Статистический анализ топологических характеристик сетей со случайной структурой	744
<i>Д.С. Митриченко.</i> Умная ферма для выращивания клубники	750

<i>Н.М. Мусина.</i> Модернизация системы управления технологическим процессом производства фторида алюминия	754
<i>О.Э. Семёнов, В.В. Нефедов.</i> Выбор NLP инструментов для анализа интернет-угроз	759
<i>К.Ю. Тимофеева.</i> Оценивания согласованности точек зрения правообладателей на основе системных архетипов	765
<i>С.А. Фомичев.</i> Система обнаружения утечек фланцевых соединений нефтепроводов на основе рекуррентной нейронной сети	772
<i>А.Р. Хамитов.</i> Умная автоматизированная система управления технологическими процессами резервуарного парка теплоэлектроцентрали	776
<i>Х.В. Хуснутдинов.</i> Идентификация проблемных ситуаций в системах управления проектами	780
<i>А.А. Шарипова.</i> Анализ методов обнаружения фишинговых ссылок.	785
<i>И.Р. Шаяхметов.</i> Проблемы в области автоматизации управления магистральной насосной станции	788
<i>Д.В. Янчиев.</i> Влияние стратегии парирования воздействий на топологические характеристики мобильных объектов	792
Секция 5.8 Цифровые технологии моделирования организационно-технических систем	800
<i>В.В. Демидова, А.А. Кузнецова.</i> Информационно-аналитическая поддержка процесса композитинга видеоизображений	800
<i>М.А. Ермолаев, Г.Ф. Низамова.</i> Разработка мобильного приложения для персонала сети продуктовых магазинов	805
<i>Г.А. Захарян, Г.Ф. Низамова.</i> Диагностика заболеваний легких на основе нейронных сетей	812
<i>А.А. Корнилаева, А.Е. Мамыкин.</i> Система оперативного оповещения об экстремальных геофизических событиях	818
<i>А.А. Кузнецова, В.В. Демидова.</i> Сравнительный анализ программ для трекинга в композитинге видеоизображений	822
<i>Я.В. Логвиненко.</i> СЭД TESSA: налоговый мониторинг предприятия	827
<i>А.И. Мурашов.</i> Информационная поддержка организационно-управленческих процессов компании на основе технологии электронный секретарь (умный помощник)	833
<i>М.Р. Мухаметов.</i> Выбор программы для 3D-моделирования с помощью групповой экспертизы	839
<i>А.Е. Сергеева, Э. И. Кальметьев, Ш. М. Минасов.</i> Модели и алгоритмы формирования оптимального маршрута при техническом обслуживании и ремонте инженерных систем на объектах сложной геометрии	843

<i>Д.В. Ваганова, П. К. Серебряков, А. С. Ковтуненко.</i> Агентный подход в промежуточном по для обработки потоковых данных в киберфизических системах	850
<i>К.К. Силин.</i> Обзор инструментов моделирования организационно-технических систем при обучении инженера-системотехника	858
<i>Н.К. Ханнанов.</i> Использование цифровых технологий моделирования для решения NP-полных задач оптимального размещения объектов в контейнерах в организационно-технических системах	864
<i>А.В. Шундеев.</i> Система визуализации динамики клеточных процессов	869
<i>Е.А. Юнусова.</i> Применение IP-SCADA для дистанционного контроля параметров распределенных производственных процессов	874
<i>Р.Р. Харунов, М.Р. Мухаметов, Б.В. Галиев.</i> Использование технологий виртуальной и дополненной реальности в сфере медицины	880
Секция 5.9 Математическое и компьютерное моделирование...	886
<i>В.Р. Агзамов.</i> Группы преобразований, допускаемые уравнением наследственно-упругой балки	886
<i>А.З. Галямова.</i> Некоторые инвариантные решения уравнения Фоккера-Планка для фрактальной среды	890
Секция 5.10 Математическое моделирование и вычислительная математика.....	894
<i>М.М. Галин.</i> Сравнение численных методов решения обратной ретроспективной задачи для гиперболического уравнения теплопроводности с малым параметром	894
<i>Д.А. Насырова.</i> Применение линейных интегральных преобразований к исследованию волновых процессов в пористых средах	900
<i>А.Р. Сафиуллин.</i> Падение акустической волны под углом на границу между пузырьковой и «чистой» жидкостями	903
Секция 5.11 Компьютерные симуляторы и игры	907
<i>Д.С. Пименов, А.Ф. Бактыбаев, Э.Р. Латыпов.</i> Разработка компьютерной игры «MUSHROOM MADNESS»	907
<i>Б.В. Галиев, Р.Р. Харунов.</i> Геймификация образовательного процесса на движке Varwin с применением VR-технологий	912
<i>В.В. Демидова, А.А. Кузнецова.</i> Сравнительный анализ 3D-пакетов по инструментам моделирования	919
<i>М.Р. Ибатуллин.</i> Проектирование виртуальных химических лабораторий в составе образовательной метавселенной на основе технологий VR/AR	925

<i>А.А. Кузнецова, В.В. Демидова. Сравнительный анализ 3D-пакетов по обработке моделей</i>	934
<i>М.Р. Мухаметов. Виртуальный музей авиационных двигателей: идеи, технологии, примеры</i>	940
<i>А.Ю. Путинцев. Игровые движки</i>	947
<i>К.К. Силин. Обучающие игры: возможности и сферы применения ..</i>	953
<i>Э.Ф. Харисова, А. Р. Ханов. Алгоритм А*: эффективный поиск пути в игровой разработке</i>	960
<i>Р.Ф. Аминева, Т. Р. Каримова, Е. А. Юнусова, Г. Ф. Низамова. Возможности усовершенствования элементарных компьютерных игр путем внедрения элементов искусственного интеллекта</i>	963
<i>В.В. Демидова, А.А. Кузнецова. Компьютерная игра с образовательной составляющей, разработанная в Unity</i>	969
<i>Р.Р. Гилязиев. Применение технологии работы с текстурами для модификации персонажа на примере движка Frostbite</i>	974

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 XVIII Всероссийской молодёжной научной конференции

(г. Уфа, 25 – 29 ноября 2024 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 28,2 Мб.
Заказ 309.

*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