



—



—



ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ МОЛОДЫХ УЧЁНЫХ

**НАУКА. ТЕХНОЛОГИИ.
ИННОВАЦИИ**

г. НОВОСИБИРСК
8 – 12 ДЕКАБРЯ 2025 г.

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

ЧАСТЬ **1**

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

НАУКА ТЕХНОЛОГИИ ИННОВАЦИИ

**Сборник
научных трудов**

**г. Новосибирск, 08 декабря – 12 декабря 2025 г.
в девяти частях**

Часть 1

НОВОСИБИРСК
2026

УДК 62(063)
ББК 72.5я431
НЗ4

НЗ4 НАУКА. ТЕХНОЛОГИИ. ИННОВАЦИИ // Сборник научных трудов
в 9 ч. / под редакцией Захаровой Е. В. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2026.

ISBN 978-5-7782-5564-7
Часть 1: – 552 с.
ISBN 978-5-7782-5565-4

В сборнике публикуются материалы по научным направлениям:
*«Информатика, автоматика, вычислительная и измерительная техника»,
«Информационные технологии математического моделирования и обработки
данных».*

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

Председатель Оргкомитета:

Батаев А. А., д.т.н., профессор, ректор НГТУ

Зам. председателя Оргкомитета:

Отто А. И., к.т.н., проректор по научной работе и инновациям НГТУ

Программный комитет:

Драгунов В. П., д.т.н., профессор, начальник ОПК ВК

Корель И. И., к.ф.-м.н., доцент, декан ФТФ

Осьмук Л. А., д.соц.н., профессор, директор ИСТР

Рева И. Л., к.н.т., доцент, декан АВТФ

Мелехина Е. А., к.п.н., доцент, декан ФГО

Чинахов Д. А., д.т.н., доцент, декан ФЛА

Тимофеев В. С., д.т.н., доцент, декан ФПМИ

Эзрох Ю. С., д.э.н., доцент, декан ФБ

Стрельцов С. А., к.т.н., доцент, декан РЭФ

Вильбергер М. Е., к.т.н., доцент, декан ФМА

Тюрин А. Г., к.т.н., доцент, декан МТФ

Русина А. Г., д.т.н., профессор, декан ФЭН

**УДК 62(063)
ББК 72.5я431**

**ISBN 978-5-7782-5565-4 (Ч.1)
ISBN 978-5-7782-5564-7**

© Коллектив авторов, 2026
© Новосибирский государственный
технический университет, 2026

НАУЧНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ – ИНФОРМАТИКА, АВТОМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ И ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

Секция АВТОМАТИКА, ИЗМЕРЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОДАВЛЕНИЯ НЕЛИНЕЙНОСТЕЙ ЦАП НА ОСНОВЕ ШИМ МЕТОДОМ ТАБЛИЧНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ

К. А. Волобуев, Д. Н. Катасонов, И. В. Трубин

Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, kirya.volobuev@mail.ru, katasonov@corp.nstu.ru
i.trubin@corp.nstu.ru

Научный руководитель: Катасонов Д.Н., к.т.н.

В данной работе проведено исследование подавления нелинейностей ЦАП на основе ШИМ методом табличных коэффициентов. Для автоматизации процесса калибровки используется модуль АЦП ADS 1115. Данная статья может быть полезна для студентов, магистрантов и инженеров.

In this paper, a study of the suppression of DAC nonlinearities based on PWM using tabular coefficients is carried out. The ADS 1115 ADC module is used to automate the calibration process. This article may be useful for students, undergraduates, and engineers.

Введение

При разработке электронных устройств, может потребоваться регулируемый аналоговый сигнал. Эту задачу можно решить использованием одного из дискретных выводов микроконтроллера в режиме ШИМ и интегрирующей RC-цепи. Однако при использовании такого простого ЦАП на практике можно столкнуться с нелинейностями, возникающими на выходе схемы. В данной работе проведено исследование метода подавления нелинейностей цифро-аналоговых преобразователей на основе широтно-импульсной модуляции с использованием табличных коэффициентов.

Описание логики работы преобразователя

В идеализированном случае, разрядность входного ШИМ-сигнала соответствует требуемой разрядности ЦАП. Период ШИМ-сигнала всегда фиксированный, чем больше время импульса t_u (время, когда сигнал находится в логической единице), тем пропорционально больше

выходное напряжение. Иначе говоря, выходное напряжение $U_{вых}$ пропорционально опорному напряжению $U_{оп}$, умноженному на коэффициент заполнения D .

$$U_{вых} = U_{оп} \cdot t_u / T = U_{оп} \cdot D \quad (1)$$

Исходя из соотношения (1), погрешность преобразования ЦАП на основе ШИМ зависит только от точности источника опорного напряжения и точности коэффициента заполнения.

Исследование выхода преобразователя

На практике установленное напряжение может значительно отличаться от ожидаемого. Нелинейности, смещающие уровень напряжения в выходном сигнале, могут возникать из-за времени, требуемого на открытие и закрытие транзисторных ключей, а также из-за плохо стабилизированного опорного напряжения.

При использовании ЦАП для управления исполнительными механизмами обычно достаточно разрядности 8 – 12 бит. Соберём ЦАП с разрешением 12 бит и выходным диапазоном 0 – 10 вольт. В качестве источника входного сигнала преобразователя, используем микроконтроллер STM32F103C8T6. На рисунке 1 приведена схема ЦАП, клемма P1 предназначена для подключения нагрузки или снятия показаний напряжения с выхода. В схему добавлен 16-ти битный модуль АЦП ADS1115, для автоматизации процесса снятия выходного напряжения. На рисунке 3 синим цветом приведен график отклонения напряжения на выходе модуля. Можно заметить, что ошибка имеет нелинейный характер, и во много раз превышает величину шага.

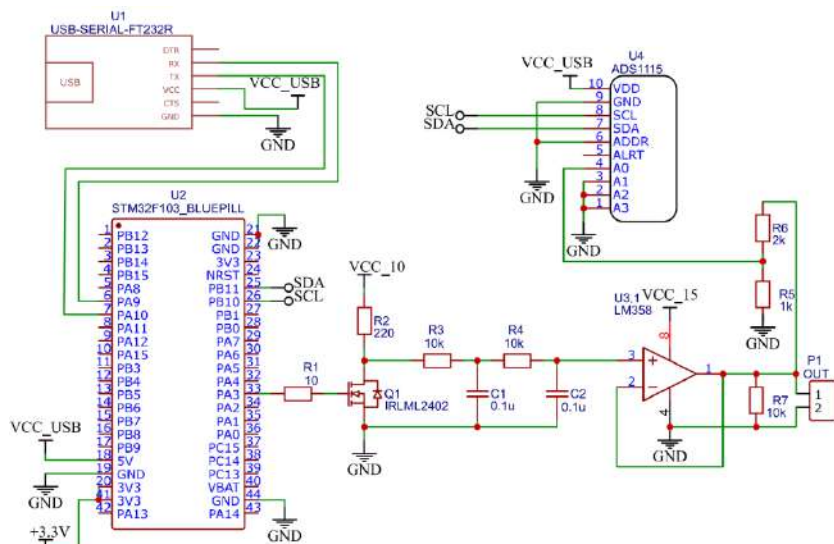


Рис. 1 – Схема ЦАП для исследования нелинейностей на выходе

Подавление нелинейностей на выходе преобразователя

Исходя из того, что величина нелинейных отклонений превышает величину шага квантования ЦАП, нельзя утверждать, что соблюдается требуемая разрядность ЦАП. Получается, что фактическая разрядность ЦАП из-за нелинейностей на выходе будет меньше расчётной разрядности. Борьба с выявленной нелинейностью на выходе ЦАП аппаратными методами значительно усложнит схемотехнику устройства. Чтобы снизить фактическое отклонение на выходе ЦАП, у которого за генерацию входного ШИМ-сигнала преобразователя отвечает микроконтроллер, можно использовать программные методы подбора скважности ШИМ для установки на выходе желаемого значения напряжения. Стоит уточнить, что этот подход будет работать, только если величина нелинейных отклонений превышает величину шага квантования ЦАП.

Для вычисления требуемого коэффициента заполнения ШИМ на каждом шаге квантования ЦАП, можно подобрать полином второй степени. Такого способа может быть достаточно для коррекции нелинейности типа параболы, но он может быть не эффективен для нелинейностей более сложных форм. Можно либо увеличивать степень полинома, либо разбивать весь диапазон на отдельные участки и

выполнять кусочно-линейную аппроксимацию, однако такое решение требует вычислительных затрат.

В рамках исследования, в алгоритм работы микроконтроллера добавлена специальная подстановочная таблица (одномерный массив). Преимуществами такого решения являются простота логики работы и отсутствие необходимости нагрузки микроконтроллера дополнительными вычислениями. Недостатком данного решения являются необходимость хранения массива данных, размером равным числу шагов ЦАП, в памяти микроконтроллера.

Для создания таблицы подстановочных значений необходимо запустить преобразование и измерить значение напряжения на выходе ЦАП на каждом шаге. Чтобы избежать ручного измерения всего диапазона значений, можно использовать встроенный АЦП микроконтроллера, либо использовать внешний АЦП с большей точностью. Важно при этом, чтобы разрядность используемого для калибровки АЦП была выше разрядности разрабатываемого ЦАП, иначе калибровка не принесет хорошего результата.

В результате проведенных измерений (желательно проводить несколько измерений и получить усреднённые данные) должна быть получена таблица, где каждому значению коэффициента заполнения ШИМ соответствует определённый уровень напряжения на выходе ЦАП. Для наглядности, процесс заполнения массива отображен на рисунке 2. Выход ЦАП 0 – 10 вольт, разрядность ШИМ 12 бит. Создадим массив из 2048 элементов. В элемент с индексом 1 требуется поместить значение ШИМ, у которого значение U_{np} , снятое с выхода ЦАП максимально близко к ожидаемому напряжению на выходе. В случае 11 битного ЦАП с диапазоном напряжений на выходе от 0 до 10 вольт, значению 1 должно соответствовать напряжение $(10 - 0) / 2048 = 4,9$ мВ. Наилближайшее снятое значение U_{np} было получено при значении ШИМ равному 3, следовательно в ячейку массива с адресом 1 необходимо положить число 3. На рисунке 3 зелёным цветом приведен график отклонения напряжения на выходе модуля после проведения калибровки.

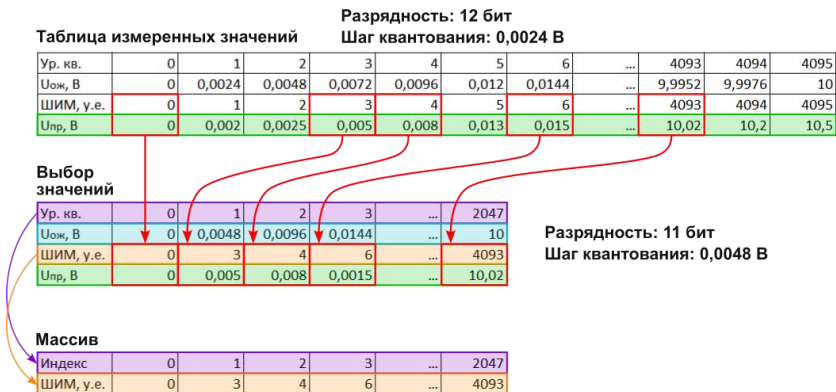


Рис. 2 – Схема заполнения массива калибровочных коэффициентов

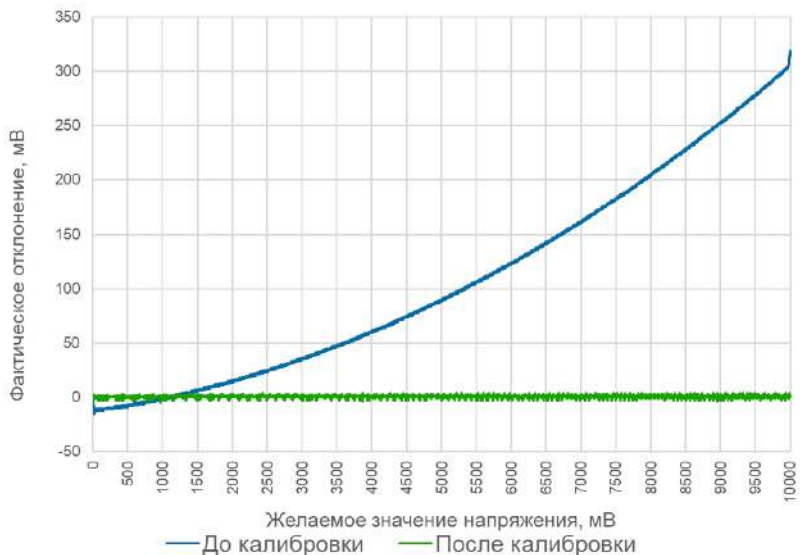


Рис. 3 – График сравнения отклонений напряжений на выходе модуля до и после калибровки

Выводы

Исходя из графика, приведённого на рисунке 3, можно сделать вывод, что отклонение напряжений на выходе ЦАП после доработки уменьшилось на порядки. Добавление в схему АЦП значительно упростило процесс калибровки, за счёт исключения ручной проверки всего диапазона значений. При использовании АЦП для калибровки

важно, чтобы его разрядность была выше разрядности разрабатываемого ЦАП, иначе калибровка не принесет хорошего результата. Помимо этого, важна точность резистивного делителя, если такой установлен на входе АЦП.

Использование подстановочной таблицы позволяет уменьшить нелинейности на выходе ЦАП без необходимости усложнения схемотехники устройства и без больших вычислительных затрат. Недостатком рассмотренного метода является снижение разрядности ЦАП на 1 бит и необходимость выделения объема памяти микроконтроллера равной разрядности ЦАП. Однако с учётом большого объема памяти современных микроконтроллеров, это не является проблемой.

Литература:

1. Одинец А.И., Науменко А.П. Цифровые устройства: АЦП и ЦАП. Учебное пособие [Электронный ресурс]. – URL: [https://www.omgtu.ru/general_information/faculties/radio_engineering_department/department_quot_radio_devices_and_diagnostic_systems_quot/educational-materials/Digital_devices_and_microprocessors/\(Tutorial\)_ADC_and_DAC.pdf](https://www.omgtu.ru/general_information/faculties/radio_engineering_department/department_quot_radio_devices_and_diagnostic_systems_quot/educational-materials/Digital_devices_and_microprocessors/(Tutorial)_ADC_and_DAC.pdf) (дата обращения: 06.10.2025).
2. Документация на микроконтроллер STM32F103/ [Электронный ресурс]. – URL: https://www.st.com/content/ccc/resource/technical/document/reference_manual/59/b9/ba/7f/11/af/43/d5/CD00171190.pdf/files/CD00171190.pdf/jcr:content/translations/en.CD00171190.pdf (дата обращения: 06.10.2025).
3. Документация на АЦП ADS1115. [Электронный ресурс]. – URL: <https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/ads1115.pdf> (дата обращения: 06.10.2025).
4. Вудворд С. Изначально точный 16-битный ШИМ-ЦАП с топологией ТВН. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.rlocman.ru/shem/schematics.html?di=678727> (дата обращения: 06.10.2025).

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ СИСТЕМЫ «DOOR HOME EXPERT»

И.А. Сырцов

Курский государственный университет

г. Курск, ivansyrcov26@gmail.com

Научный руководитель: Крыжевич Л.С., к.т.н., доцент

В статье рассматриваются современные методы идентификации пользователей в системах контроля доступа. Представлена разработка устройства интеллектуальной системы контроля и управления доступом, интегрированной с функциями «умного дома».

The article examines modern user identification methods in access control systems. The paper presents the development of an intelligent access control system integrated with smart home functions.

В настоящее время наблюдается значительный рост интереса к интеллектуальным системам контроля доступа, который подстегивается двумя ключевыми факторами: их функциональной эволюцией в инструмент для комплексного повышения безопасности и эффективности, а также изменениями на рынке, вызванными уходом ряда международных поставщиков. Эта ситуация создает запрос на новые, в том числе отечественные, решения, способные не только обеспечивать защиту от несанкционированного доступа, но и гибко автоматизировать процессы, формируя адаптивную технологичную среду.

Ключевым элементом, определяющим надежность, удобство и функциональность любой СКУД, является метод идентификации пользователя. Центральное место в этом процессе занимает идентификатор – уникальный признак, по которому система распознает субъект и принимает решение о предоставлении доступа. В современной практике применяются три принципиально разных подхода, каждый из которых обладает своей областью применения и уникальным балансом характеристик [1, с 15].

Одним из исторически первых методов является аутентификация на основе запоминаемого пользователем кода, реализуемая с помощью клавиатурных панелей. Главным преимуществом этого подхода считается низкая стоимость аппаратной части и простота развертывания системы. Однако ему присущи фундаментальные недостатки, такие как уязвимость к подглядыванию и несанкционированному разглашению кода. Статистические данные также свидетельствуют, что значительное количество пользователей выбирают слабые пароли [2, с 309]. Кроме

того, процесс ввода кода занимает относительно много времени и не может быть автоматизирован для запуска дополнительных сценариев.

Более высокий уровень удобства и потенциальной безопасности предлагает биометрическая идентификация, основанная на уникальных физиологических характеристиках пользователя, таких как отпечаток пальца, рисунок вены или геометрия лица. Данный метод исключает риск утери или передачи идентификатора другому лицу, обеспечивая неотторжимость аутентификации. Несмотря на это, биометрические системы сталкиваются с вызовами, связанными с относительно высокой стоимостью, влиянием внешних условий на точность распознавания, а также с вопросами сохранения конфиденциальности биометрических данных пользователей, требующих особых мер защиты [3, с 246].

Наиболее универсальным и сбалансированным по совокупности параметров на сегодняшний день является метод атрибутивной идентификации. В его рамках в качестве идентификатора используется вещественный объект, находящийся в распоряжении пользователя, например, бесконтактная карта, брелок или мобильное устройство с поддержкой NFC-технологии. Данный подход лишен многих недостатков своих аналогов: он обеспечивает высокую скорость прохода, удобство для пользователя и приемлемую стоимость эксплуатации [4]. Важнейшим преимуществом атрибутивной идентификации является ее высокая технологическая гибкость. Электронный идентификатор может быть легко интегрирован в единую экосистему, например, использоваться не только для открытия двери, но и для учета рабочего времени или запуска заранее настроенных сценариев «умного» дома, поэтому при разработке системы был выбран именно этот тип идентификации.

Данный выбор также обусловлен стремительным развитием экосистемы «умного дома» в России. Как отмечается в аналитике TAdviser, российский рынок Интернета вещей (IoT) демонстрирует уверенный рост, чему способствует как импортозамещение, так и растущий спрос на интеллектуальные решения для автоматизации быта и управления объектами [5]. В связи с этим, для повышения потребительской привлекательности, в разрабатываемую систему было решено интегрировать дополнительные функции управления объектом, такие как автоматическое регулирование освещения и системы вентиляции. Это открыло возможность для создания целостной среды, где идентификатор доступа одновременно становится инструментом для активации персонализированных сценариев комфорта и энергоэффективности.

Ключевой целевой аудиторией разрабатываемого устройства являются владельцы малого и среднего бизнеса (небольшие офисы,

коворкинги, магазины), а также частные лица, проживающие в городских квартирах или владеющие загородной недвижимостью с надежным покрытием Wi-Fi. На рисунке 1 представлена контекстная диаграмма, демонстрирующая необходимые для работы устройства, элементы.



Рис. 1 – Контекстная диаграмма устройства

Как видно из диаграммы, система функционирует за счет трех групп входных воздействий: электропитания, обеспечивающего энергоснабжение всех компонентов; данных идентификации от бесконтактной проксимити-карты; и управляющих команд от пользователя через удаленный веб-интерфейс.

Выбор Wi-Fi в качестве основного канала связи обусловлен задачей легкого внедрения системы в существующую инфраструктуру. Для защиты передаваемых данных используется отечественный алгоритм шифрования «Магма» (ГОСТ Р 34.12-2015), обеспечивающий надежную криптографическую стойкость. Процесс аутентификации организован следующим образом: при предъявлении идентификатора система вычисляет его криптографическую хеш-сумму и передает ее в базу данных для верификации. Такой подход исключает передачу исходного идентификатора по сети, что дополнительно повышает безопасность.

Результатом успешной аутентификации являются управляющие команды, инициирующие выполнение целевых действий – активацию электромеханического замка, управление системой освещения и вентиляции по заранее настроенным сценариям. Например, авторизованный доступ в помещение может автоматически активировать определенные группы освещения и запустить систему климат-контроля.

Параллельно система осуществляет автоматизированное взаимодействие с базой данных, выполняя две ключевые функции: обновление журнала событий доступа (фиксация времени, идентификатора пользователя и результата авторизации) и синхронизацию текущих статусов всех подключенных исполнительных устройств. При этом пользователь через удаленный веб-интерфейс имеет возможность напрямую управлять состоянием исполнительных устройств – включать и выключать освещение, регулировать работу вентиляции, а также получать актуальную информацию об их текущем статусе в реальном времени.

Важной особенностью архитектуры является ее отказоустойчивость при потере сетевого соединения. Для обеспечения непрерывной работы в микроконтроллере реализована возможность локального хранения копии базы данных идентификаторов, что позволяет системе сохранять полную функциональность контроля доступа даже в условиях отсутствия связи с центральным сервером. Накопленные за период автономной работы события фиксируются в энергонезависимой памяти и передаются в основную базу данных сразу после восстановления подключения к сети.

Таким образом, разработанное устройство представляет собой современное отличное решение для контроля доступа, сочетающее безопасность атрибутивной идентификации с функциональностью умного дома. Данная система обеспечивает легкую интеграцию, отказоустойчивость и защищенность, что делает ее перспективным решением для малого бизнеса и частных пользователей в условиях растущего рынка IoT.

Литература:

1. Выбор и применение технических средств и систем контроля и управления доступом: Методические рекомендации (Р 064 – 2024). – М.: ФКУ «НИЦ «Охрана» Росгвардии, 2024 – 87 с.

2. Лаптева Е. А. Методы идентификации и аутентификации пользователей на основе паролей / Е. А. Лаптева, А. К. Субаева // Инженерная экономика: Материалы международной научно-технической конференции, Минск, 27–28 ноября 2024 года. – Минск: Белорусский национальный технический университет, 2024. – С. 304-311. – EDN MVRUUA.

3. Матросов С. С. Биометрические технологии идентификации личности и методы биометрической идентификации / С. С. Матросов, П. И. Карасев // Кибербезопасность: технические и правовые аспекты защиты информации: Сборник научных трудов I Национальной научно-практической конференции, Москва, 24–26 мая 2023 года. –

Москва: МИРЭА – Российский технологический университет, 2023. – С. 245-248. – EDN EJTKVG.

4. Многоуровневая идентификация в системах контроля доступа - Актив-СБ: [Электронный ресурс]. – URL: https://www.aktivsb.ru/statii/mnogourovnevaya_identifikatsiya_v_sistemakh_kontrolya_dostupa.html (дата обращения: 02.11.2025).

5. Интернет вещей, IoT (рынок России) - Tadviser: [Электронный ресурс]. – URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Интернет_вещей,_IoT_\(рынок_России\)](https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Интернет_вещей,_IoT_(рынок_России)) (дата обращения: 03.11.2025).

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ЭМУЛЯЦИИ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ СТАНЦИИ ВОДОПОДГОТОВКИ

Я.А. Васютин

Новосибирский государственный технический университет,

г. Новосибирск, vasyutin.2020@stud.nstu.ru

Научный руководитель: Французова Г.А., д.т.н., доцент

В статье обсуждается вопрос применения виртуальной системы, эмулирующей поведение сложного технологического объекта с целью достижения наибольшего уровня отказоустойчивости. Рассматривается устройство станции водоподготовки, архитектура виртуального стенда и его преимущества.

The article discusses the issue of using a virtual system that emulates the behavior of a complex technological object in order to achieve the highest level of fault tolerance. The device of the water treatment plant, the architecture of the virtual stand and its advantages are considered.

Введение. Станция водоподготовки представляет собой сложный инженерно-технологический комплекс, предназначенный для очистки воды различных источников. Водоподготовка — технологический процесс обработки воды для приведения ее качества в соответствие с требованиями водопотребителей [1].

Станция состоит из ряда взаимосвязанных технологических узлов и групп оборудования [2]: зона приема исходной воды, зона фильтрации, зал отстойников, химическая обработка, обратный осмос и ультрафильтрация, умягчение и кондиционирование, накопительные резервуары [3].

Зал отстойников представляет собой ключевой функциональный узел станции водоподготовки, выполняющий отделение взвешенных твердых частиц от жидкой фазы.

Эксплуатация зала отстойников станции водоподготовки сопряжена с рядом сложностей технического характера: необходимость постоянного мониторинга множества параметров для предотвращения сбоев и выхода оборудования из строя; высокие требования к надёжности; ограниченные возможности экспериментального тестирования сложных взаимодействий между оборудованием. Таким образом, эффективное проектирование и управление станциями водоподготовки требует комплексного подхода, учитывающего большое число факторов и возможных сценариев развития ситуации.

Одним из подходов, обеспечивающих достижение заданных требований, является создание виртуальных систем эмуляции. Применение виртуальных моделей способствует снижению затрат на испытания на реальной аппаратуре, сокращению сроков ввода новых объектов в эксплуатацию и повышению надёжности станции водоподготовки.

Таким образом, актуальной задачей становится разработка системы эмуляции узла отстойников станции водоподготовки.

Описание узла отстойников. Алгоритм работы зала отстойников основан на постепенном замедлении потока поступающей воды в отстойниках, что создает благоприятные условия для оседания тяжелых фракций под действием силы тяжести. Осветленная вода собирается сверху и направляется с помощью насосных агрегатов на дальнейшие этапы обработки, тогда как осадок постепенно накапливается внизу и периодически выводится для дальнейшей утилизации или переработки.

Конструкция традиционного зала отстойников предусматривает наличие следующих ключевых элементов: впускного канала, распределительной камеры, камер осветления, устройств сбора осадка и выпуска обработанной воды, насосных агрегатов.

Система эмуляции для узла водоподготовки. Виртуальная система эмуляции объекта управления представляет собой специализированную платформу, предназначенную для цифрового моделирования и симуляции реального технологического процесса. Данная система реализует воспроизведение поведения всех реальных объектов управления: насосов, задвижек, регуливающей арматуры, электродвигателей, фильтров, измерительных приборов и других компонентов. Подобная эмуляция необходима для тщательной отработки программно-аппаратных решений и настройки управляющих алгоритмов до момента запуска реальной производственной системы.

В основе внедрения эмуляции лежит замена нижнего уровня типовой схемы автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУТП) [4] (уровень, включающий в себя датчики, исполнительные механизмы и регулирующие органы) на программный виртуальный стенд (рис. 1).

При проектировании виртуального стенда учитываются структурные особенности станции водоподготовки, реализуемые технологические операции и используемые типы оборудования.



Рис. 1 — типовая схема АСУТП с заменой полевого уровня виртуальной эмуляцией

Для воссоздания обратной связи от инерционных процессов, таких как изменение давления в напорных трубопроводах, динамика температурных процессов, изменение уровня сформированных осадков, используется аperiодическое звено первого порядка [5], переходной процесс которого описывается следующим образом [6, 7]:

$$y(t) = k \left(1 - e^{-\frac{t}{T}} \right) \quad (1)$$

(где $y(t)$ — выходной сигнал звена в момент времени t , k — коэффициент усиления, e — число Эйлера, T — постоянная времени).

Формула переходного процесса (1) записывается в программном виде с использованием языка программирования промышленных

логических контроллеров ST с целью реализации эмуляции на виртуальном контроллере (рис. 2).

```
dY := K*(1 - EXPT(e, -(tim+Discrete_Time)/T))^m - k*(1 - EXPT(e, -tim/T))^m;  
Y_Out := Y_Out + dY;
```

Рис.2 — пример реализации аperiodического звена 1 порядка на промышленном контроллере

Эмуляция простых объектов управления, характеризующихся наличием обратной связи относительно текущего состояния или положения, формируемой датчиками конечных положений (концевиками), таких как состояния насосных агрегатов, мешалок, положения запорных арматур, реализуется с использованием алгоритмов ветвления (логические операторы) и таймеров.

Итоговая архитектура виртуального стенда представляет собой цифровую копию реальной станции водоподготовки, интегрированную с программно-техническими комплексами управления, что позволяет решать широкий спектр прикладных задач от верификации новых версий ПО до обучения специалистов управлению объектом.

Заключение. Применение виртуальной системы эмуляции позволяет сократить сроки и ресурсы на тестирование и отладку программы, исключив необходимость многократных экспериментов на физическом оборудовании, что имеет наибольшее значение в отношении сложных технологических объектов.

В результате была разработана система эмуляции, позволяющая заранее протестировать алгоритмы управления узла станции водоподготовки, повысить эффективность предусмотренных алгоритмов, а также минимизировать риски возникновения критических ситуаций по средствам моделирования различных начальных условий.

Литература:

1. ГОСТ 25151-82. ВОДОСНАБЖЕНИЕ Термины и определения Water-supply. Terms and definitions, 1999 г.
2. ГОСТ Р 57164 — 2016. ВОДА ПИТЬЕВАЯ Методы определения запаха, вкуса и мутности — М.: Стандартформ, 2019. — 23 с.
3. ГОСТ 30813-2002. ВОДА И ВОДОПОДГОТОВКА Термины и определения Water and water-preparation. Terms and definitions — Введ. 01.01.2004.
4. Шишов О. В. Современные средства АСУ ТП: учебник / О. В. Шишов. — Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. — 532 с.

5. Теория автоматического управления: Учеб. для вузов по спец. «Автоматика и телемеханика». В 2-х ч.; под ред. А. А. Воронова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1986.

6. Востриков А. С. Теория автоматического регулирования: Учеб. пособие / А.С. Востриков, Г.А. Французова. – Новосибирск: Изд-во НГТУ. 2006. – 368 с.

7. Попов Е. П. Теория линейных систем автоматического регулирования и управления. – М.: Наука. 1978. – 256 с.

УПРАВЛЕНИЕ МНОГОКАНАЛЬНЫМИ ОБЪЕКТАМИ

А. К. Герасимов, И. В. Колмогоров

Новосибирский государственный технический университет,

г. Новосибирск, i.kolmogorov@corp.nstu.ru

Научный руководитель: Воевода А.А., д.т.н., профессор

В настоящее время существует множество объектов, у которых при помощи входных воздействий управляют выходными. Такие объекты называются многоканальными. В работе представлены примеры многоканальных объектов управления и методы управления такими объектами.

Currently, there are many objects that control their outputs using input actions. Such objects are called multi-channel. The paper presents examples of multi-channel control objects and methods of controlling such objects.

Сегодня особенно актуален вопрос возрастающих требований к системам автоматического управления (САУ). Адекватность моделирования объектов управления является одним из ключевых аспектов, влияющих на качество работы САУ. Объектом управления может выступать оборудование или технологические процессы. Примерами таких объектов являются системы кругового обзора, которые активно применяются в беспилотных летательных аппаратах (БПЛА), подъемные механизмы, роботы, имитирующие процесс ходьбы и другие [1].

Реальное поведение объектов часто не поддается строгому линейному описанию, и игнорирование нелинейных характеристик может привести к снижению эффективности управления и ухудшению работы системы в целом. Поэтому для более точного моделирования и повышения надежности САУ важно учитывать все аспекты нелинейного поведения объектов. [2].

Перевернутый маятник на подвижном основании является самым распространенным и стандартным примером, который часто

используется для тестирования различных методов построения регуляторов. Данный объект представляет собой систему, состоящую из двух взаимосвязанных объектов - «маятника» и «тележки» (Рис.1). Каждый объект имеет свой выходной параметр: у маятника это угол отклонения θ , а у тележки — это положение S на горизонтальной поверхности. Управление осуществляется одной входной переменной u - сила, которая прикладывается к тележке [3]. Это создает определенные сложности, так как необходимо обеспечить баланс маятника в вертикальном положении, одновременно контролируя положение тележки по горизонтали.

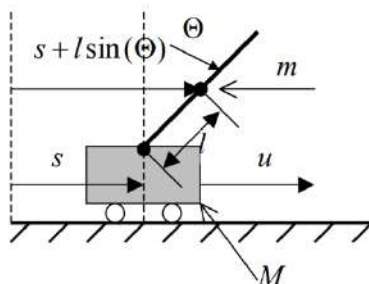


Рис.1 – Модель объекта «Перевернутый маятник на тележке»

Для эффективного управления данной системой требуется поддерживать равновесие маятника (удерживать $\theta \approx 0$) и сохранять положение тележки ($\dot{S} = 0$) [4]. Нелинейное описание перевернутого маятника на тележке включает в себя уравнения движения, которые описывают, как угол отклонения и положение тележки изменяются во времени под воздействием приложенной силы [5]:

$$\left(1 - \frac{ml}{M_t L} \cos^2 \theta\right) \ddot{\theta} - \left(\frac{g}{L} + \frac{ml}{M_t L} \cos \theta (\dot{\theta})^2\right) \sin \theta = \frac{\cos \theta}{M_t L} u, \quad (1)$$

$$\left(1 - \frac{ml \cos^2 \theta}{M_t L}\right) \ddot{S} - \left(\frac{ml}{M_t} (\dot{\theta})^2 + \frac{mlg}{M_t L} \cos \theta\right) \sin \theta = \frac{u}{M_t}. \quad (2)$$

где m – масса маятника, mg – вес маятника, M – масса тележки, $M_t = M + m$, l – длина маятника, $L = (I + ml^2) / ml$, I – момент инерции маятника, S – перемещение тележки по горизонтали, θ – угол отклонения маятника от вертикального положения, u – сила, приложенная к тележке.

Для решения проблемы стабилизации перевернутого маятника на тележке рассматривают его линеаризованную модель вокруг рабочей точки $\theta=0$. Путем непростых упрощений приходят к линейной модели [5]:

$$(1 - mlM_t^{-1}L^{-1})\ddot{S}(t) + mlM_t^{-1}L^{-1}g\theta(t) = M_t^{-1}u(t), \quad (3)$$

$$(1 - mlM_t^{-1}L^{-1})\ddot{\theta}(t) - gL^{-1}\theta(t) = -M_t^{-1}L^{-1}u(t). \quad (4)$$

Управление **двумя перевернутыми маятниками на тележке** (рис.2) представляет собой более сложную задачу.

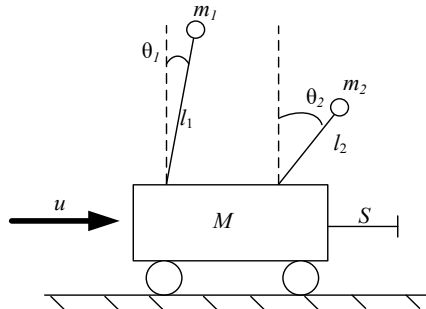


Рис. 2 – Два перевернутых маятника разной длины и массы, расположенные на подвижном основании

В настоящее время для построения регулятора для такой системы также прибегают к линеаризации в окрестности нулевых углов отклонения маятников $\theta_1 = 0$ и $\theta_2 = 0$ и упрощению, рассматривая частный случай, когда массы маятников равны, а длины маятников различны [4].

Переход к линейной модели используется и в других моделях объектов управления: модель процесса **езды на велосипеде** [6], вертикально взлетающий и приземляющийся летательный аппарат [7], а также актуальный в современном мире **квадрокоптер** [8]. Линеаризация необходима, поскольку в большинстве случаев не существует четких методов для учета всех возможных нелинейностей, которые могут возникнуть в процессе управления. К числу таких нелинейностей относятся, например, силы трения, задержки в системе, инерционные эффекты и многие другие факторы, которые могут существенно повлиять на эффективность управления. С учетом сложности математических расчетов, которые могут потребоваться для

более точного моделирования (например, при использовании модальных методов синтеза [9]), был разработан подход, который позволяет учесть нелинейные характеристики системы. Этот подход заключается в применении регуляторов, которые включают в себя искусственные нейронные сети, известные как нейрорегуляторы [8]. Нейрорегуляторы представляют собой системы управления, которые используют принципы работы нейронных сетей для адаптации и оптимизации процессов управления. Такой метод управления получил название нейроуправление (neurocontrol) [10].

Нейроуправление активно применяется в различных областях промышленности для управления сложными системами, что подтверждает его эффективность и универсальность. Несмотря на то, что искусственные нейронные сети находят все более широкое применение в управлении различными техническими системами, существует ряд вопросов, которые до сих пор не получили окончательного формализованного ответа. Эти вопросы касаются как теоретических аспектов, так и практических применений нейронных сетей в управлении. Исследования в этой области продолжаются, и ученые работают над тем, чтобы найти более эффективные методы и подходы для решения задач, связанных с управлением сложными нелинейными системами.

Литература:

1. Филюшов В. Ю. Полиномиальный метод синтеза регуляторов для многоканальных объектов с неквадратной матричной передаточной функцией: дис... канд. техн. наук: 2.3.1 – Санкт-Петербург, 2022. – 177 с
2. Ласточкин К. Ю. Приходько И. О. Идентификация нелинейной системы прямого нагрева воздуха // Автоматика и программная инженерия. 2015. – № 1 (11). – С. 90–96.
3. Costa N., Haykin S. Multiple-input multiple-output channel models: theory and practice. – New Jersey: IEEE; WILEY, 2010. – 230 p.
4. Kailath T. Linear Systems. – Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall, 1980. – 350 p.
5. Воевода А. А., Шоба Е. В. О модели перевернутого маятника // Сб. науч. тр. НГТУ. – 2012. – № 1 (67). – С. 3–14.
6. Буков В. Н. Вложения систем. Аналитический подход к анализу и синтезу матричных систем: учебное пособие – Изд. науч. лит. Н. Ф. Бочкаревой – 2006. – 800 с.
7. Castillio P., Lozano R., Dzul A. E. Modelling and control of miniflying machines // Springer, 2005. – 251 p.

8. Matouk D., Gherouat O., Abdessemed F., Hassam A. Quadrotor position and attitude control via backstepping. Approach 2016, 8th International Conference on Modelling, Identification and Control (ICMIC), 2016, pp. 73-79.

9. Плохотников В. В. Модальный синтез систем управления с интервальными параметрами: дис.... канд. техн. наук: 05.13.01 – Новосибирск, 2002. – 182 с.

10. Шипагин В. И. Нейросетевая реализация полиномиального метода синтеза регуляторов с детерминированным способом выбора архитектуры и инициализации весовых коэффициентов: дис... канд. техн. наук: 2.3.1 – Санкт-Петербург, 2022. – 169 с.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ БОРТОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ НА ПЛАТФОРМЕ NATIONAL INSTRUMENTS

А. В. Матророва

Новосибирский государственный технический университет,

г. Новосибирск, alisa2002s@yandex.ru

Научный руководитель: Трушин В. А., к.т.н., с.н.с.

Работа посвящена разработке гибкой системы бортовых измерений на платформе National Instruments для летных испытаний. Система обеспечивает сбор, обработку и передачу данных в реальном времени и легко адаптируется к изменяющимся требованиям.

This work is dedicated to the development of a flexible airborne measurement system based on the National Instruments platform for flight testing. The system provides real-time data acquisition, processing, and transmission, and is easily adaptable to changing requirements.

Летные испытания характеризуются высокой степенью неопределенности. Часто требуется оперативная модификация измерительного комплекса: замена датчиков, изменение конфигурации, появление новых параметров, изменение калибровочной зависимости и т.д. [1]. Традиционные, жестко сконфигурированные системы не способны эффективно реагировать на такие изменения. Целью данной работы является создание программно-аппаратного комплекса, который не только фиксирует данные, но и обладает свойством быстрой адаптации, выступая в качестве универсального решения для любого объекта испытаний. Анализ существующих решений подтвердил актуальность разработки гибкой платформы.

Разработка системы велась на основе оборудования National Instruments, выбор которого обусловлен реконфигурируемостью,

независимостью и наличием сертификации [2]. Данная система является частью измерительного комплекса (Рис. 1), который разделен на ключевые подсистемы: наземный пункт управления (НПУ), бортовое радиоэлектронное оборудование летательных аппаратов (БРЭО), радиоканал и навигацию, СБИ – регистрацию, телеметрию и отображение данных, ПО для создания конфигурации системы и экспериментальную установку.



Рис. 1 – измерительный комплекс для проведения летных испытаний

В ходе работы был произведен анализ прошлых летных испытаний и выявлен базовый список контролируемых параметров, на его основе был осуществлён выбор измерительных модулей из перечня РСТ «Метрология» [3]. Был сформирован перечень настроек, для создания ПО конфигурации. Разработана программная часть для сбора данных с датчиков и их первичной обработки (при необходимости). Реализация передачи данных по UDP. Для оперативного мониторинга реализована подсистема передачи данных по протоколу UDP для вывода на экран оператора или пересылки на землю. Внедрена единая шкала времени для синхронизации всех измерительных каналов в реальном времени. Реализован надежный механизм записи данных на бортовые носители. Пример полученных данных с помощью данной СБИ приведен на Рис. 2.

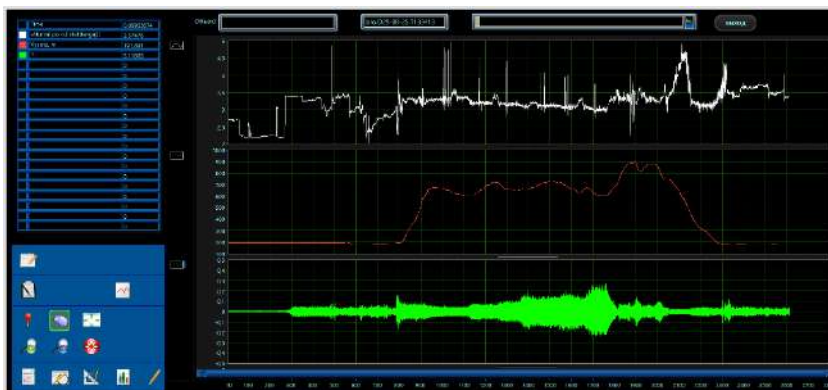


Рис.2 – результаты измерений, полученные с помощью созданной СБИ

В результате проделанной работы создан функционирующий прототип программно-аппаратного комплекса. Система успешно решает задачу сбора, обработки, синхронизации, отображения и записи данных летных испытаний.

Главным достижением является не просто работоспособность системы, а ее заложенная архитектурная гибкость. Использование реконфигурируемой платформы National Instruments и модульного принципа построения программного обеспечения позволяет:

- Быстро интегрировать новые измерительные модули для расширения перечня измеряемых параметров;
- Адаптировать программные алгоритмы обработки под специфику новых датчиков без переписывания всей системы;
- Масштабировать систему как в сторону увеличения количества каналов, так и в сторону создания облегченных конфигураций для различных задач.

Разработанная система представляет собой современное решение для проведения летных испытаний, основным преимуществом которого является способность к оперативной адаптации. Проведенные работы подтвердили корректность выбранного подхода.

В качестве ближайших перспектив развития системы планируется ее дальнейшее дополнение стандартизированных программных модулей для работы с наиболее распространенными типами датчиков и протоколами обмена данными (ARINC 429, CAN и др.). Осуществить автоматическую смену модулей. Это позволит максимально автоматизировать процесс конфигурации системы под новый объект испытаний.

Конечной целью является создание практически универсального решения, где для подготовки к испытаниям новой системы потребуется не разработка комплекса с нуля, а интеграция в существующую платформу необходимых аппаратных модулей и выбор соответствующих программных компонентов из готовой библиотеки. Это значительно сократит временные и финансовые затраты на организацию летных экспериментов, повысив их эффективность и качество.

Литература:

1. Бортовые комплексы самолета-лаборатории нового поколения Як-42Д “Росгидромет” для измерения и регистрации навигационных параметров полета и термодинамических параметров атмосферы / Н.В. Базанин, Ю.А. Борисов, В.В. Волков, В.К. Дмитриев, Д.Н. Живоглотов, А.А. Макоско, А.М. Струнин, М.А. Струнин // Метеорология и гидрология. – 2014. – №11. – С. 83-101.
2. NI CompactRIO [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.dspssoft.ru/books/cRIO2.pdf> (дата обращения: 15.09.25).
3. Утвержденные типы СИ [Электронный ресурс]. – <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/cm/mits> (дата обращения: 15.11.25).

ПРОГРАММНЫЙ АЛГОРИТМ ФОРМИРОВАНИЯ БАНКА ЗАШУМЛЕННЫХ РЕЧЕВЫХ СИГНАЛОВ ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-РАСЧЕТНОЙ ОЦЕНКИ СЛОВЕСНОЙ РАЗБОРЧИВОСТИ

М. А. Чириков

**Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, mxchir@mail.ru**

Научный руководитель: Трушин В. А., к.т.н., с.н.с.

Работа посвящена разработке программно-реализованного алгоритма для формирования банка записей зашумленных речевых сигналов и выполнения оценки их словесной разборчивости, позволяющего проводить автоматизированные артикуляционные испытания.

The work is devoted to the development of a software-implemented algorithm for the formation of a bank of recordings of noisy speech signals and the assessment of their speech intelligibility, which allows for automated articulation tests.

Артикуляционные испытания по оценке словесной разборчивости — это комплекс мероприятий для количественного определения значений

словесной разборчивости при различных условиях озвучивания и прослушивания. Согласно ГОСТ 16600-72 [1], данные экспериментальные исследования необходимо проводить с привлечением бригад дикторов и аудиторов без наличия дефектов речи и слуха. Состав и размер бригад испытуемых зависит от специфики и целей проводимых исследований, но сами артикуляционные испытания сохраняют общую структуру в виде следующих основных этапов выполнения эксперимента: формирование речевых сигналов дикторов при заданных условиях, прослушивание речи аудиторами, обработка результатов прослушивания и количественное определение значений словесной разборчивости.

Одной из главных проблем проведения артикуляционных испытаний является их трудоемкость. Очевидно, что с ростом бригад испытуемых пропорционально растет и количество испытаний, а в случае необходимости провести эксперимент при различных условиях общее число испытаний начнет множиться в геометрической прогрессии. Тем сложнее представляется задача по получению корректных итоговых результатов, поскольку необходим контроль над качеством речи дикторов (степенью соответствия требованиям эксперимента) и за ходом прослушиваний аудиторами. Для упрощения задачи практикуется разделение этапов озвучивания и прослушивания, когда предварительно формируется банк записей с речью дикторов, который затем и прослушивают аудиторы. Однако, формирование банка записей также представляет сложность, особенно когда необходимо выполнить их предварительную обработку и подготовку к дальнейшему прослушиванию. В отношении артикуляционных испытаний по оценке словесной разборчивости это подразумевает наложение на речь шумов при установленных отношениях сигнал/шум (ОСШ).

В данной работе предлагается программно-реализованный алгоритм, в автоматизированном режиме формирующий банк зашумленных записей аудиторов и определяющий словесную разборчивость по экспериментально-расчетной методике [2], основанной на экспериментальных исследованиях и методах Покровского Н. Б. [3]. Функциональная схема алгоритма представлена на рис. 1.

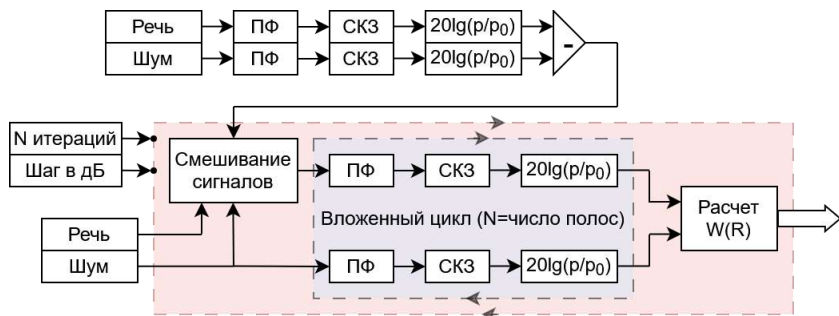


Рис. 1 – Алгоритм автоматизированного формирования банка зашумленных записей и экспериментально-расчетной оценки их словесной разборчивости

На рис. 1 используются следующие обозначения: ПФ — полосовой фильтр; СКЗ — блок расчета среднеквадратичного значения звукового давления p в заданном частотном интервале; p_0 — звуковое давление порога слышимости на частоте 1 кГц, $2 \cdot 10^{-5}$ Па; $W(R)$ — словесная разборчивость, определяемая по методике [2].

Принцип работы вышеприведенного алгоритма (рис. 1) следующий: в качестве исходных сигналов используются записанная речь диктора и шумовая помеха. Для каждого из сигналов рассчитывается общий интегральный уровень звукового давления, после чего происходит их выравнивание. Далее задается шаг в дБ и количество итераций, которые регулируют изменение ОСШ и общее количество генерируемых зашумленных записей. Затем происходит смешивание записей (с возможностью их сохранения в звуковой файл формата .WAV), после чего полученные сигналы проходят через систему полосовых фильтров. На выходе из системы фильтров рассчитываются интегральные уровни в частотных полосах, по которым происходит дальнейший расчет словесной разборчивости.

Пример работы алгоритма, реализованного в программной среде LabVIEW, продемонстрирован на рис. 2. В качестве исходных сигналов использовались запись мужской речи диктора и программно-сформированный белый шум. Выравнивание производилось по интегральному уровню сигнала, а число смешанных записей было ограничено пятью итерациями с шагом ОСШ -3 дБ.

ОСШ, дБ	-12	-9	-6	-3	0	0	Выравнивание ОСШ отн-но:
W, %	14,2379	25,1065	40,0115	57,7173	75,9052	0	Линт Сигнала
Число шагов	5	Шаг ОСШ, дБ	-3	delta L, дБ	-10,4981	Расчет окончен	Выравнивание L
							Запуск
							Сохранить все С+Ш в WAV

Рис. 2. Лицевая панель программы с результатами работы алгоритма

Полученные данные могут быть представлены графически (рис. 3) для наглядного отображения зависимости словесной разборчивости от ОСШ.

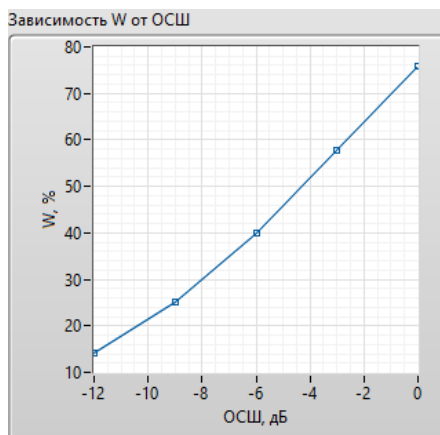


Рис. 3. Программно-установленная зависимость словесной разборчивости от ОСШ для речевого сигнала диктора, смешанного с белым шумом

Разработанный алгоритм может использоваться для проведения артикуляционных испытаний и мероприятий по оценке защищенности речевой информации. Автоматизированный формат экспериментально-расчетной оценки по определению словесной разборчивости при различных показателях зашумленности речи способствует значительному снижению трудоемкости и времязатрат на этапах подготовки банка записей и их прослушивания, получению более подробной информации о степени защищенности объекта, а также снижает риск влияния человеческого фактора на корректность итоговых результатов.

Литература:

1. ГОСТ 16600-72. Передача речи по трактам радиотелефонной связи. Требования к разборчивости речи и методы артикуляционных измерений = Speech transmission over the radio communication. Requirements for speech legibility and methods of articulation measurements. – Введ. 01.01.1974. – М.: Госстандарт СССР, 2021. – 93 с.
2. Железняк В. К., Макаров Ю. К., Хорев А. А. Некоторые методические подходы к оценке эффективности защиты речевой информации // Специальная техника. 2000. № 4. С. 39-45.
3. Покровский Н. Б. Расчет и измерение разборчивости речи. – М.: Связьиздат, 1962. – 392 с.

О ВЛИЯНИИ ТЕХНОЛОГИЙ ИИ НА СФЕРУ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Д. А. Азява

Новосибирский государственный технический университет,

г. Новосибирск, dimulatoraz@gmail.com

Научный руководитель: А.А. Киселев

Искусственный интеллект оказывает все большее влияние на сферу информационной безопасности, одновременно усиливая возможности защиты и, создавая и совершенствуя, новые угрозы. В статье рассматриваются примеры атакующего и оборонительного применения ИИ, а также ключевые риски его использования.

Artificial intelligence is having an increasing impact on the field of information security, while strengthening the capabilities of protection and creating and improving new threats. The article examines examples of the offensive and defensive use of AI, as well as the key risks of its use.

Искусственный интеллект (ИИ) стал важнейшим фактором, трансформирующим технологии информационной безопасности (ИБ). Он используется как злоумышленниками, так и специалистами, обеспечивающими информационную безопасность. Среди прочего ИИ автоматизирует анализ данных, выполнение задач и принятие решений, что одновременно может как усиливать существующие угрозы, так и повышать уровень обеспечиваемой защиты. Это требует переосмысления подходов к обеспечению ИБ и разработки нормативных мер регулирования.

I. Наступательный ИИ

ИИ широко используется для подготовки и реализации атак. Он повышает эффективность фишинга, позволяя генерировать персонализированные письма, тексты, фейковые сайты и сообщения, имитирующие стиль, голос и поведение человека. Это делает атаки социальной инженерии более правдоподобными и затрудняет их распознавание.

Злоумышленники применяют ИИ для автоматизации разработки вредоносного ПО, адаптации эксплойтов, создания копий страниц авторизации и составления сложных сценариев атак. Модели могут анализировать уязвимости, формировать рабочие цепочки эксплуатации и создавать уникальный вредоносный функционал. Появление автогенерируемого кода упрощает создание вредоносных пакетов и снижает технический порог входа для неподготовленных пользователей.

ИИ также ускоряет разведку по открытым источникам, позволяя быстро обрабатывать публичные данные организаций и их сотрудников, формировать профили потенциальных жертв и предложить наиболее уязвимые цели.

Дополнительно ИИ облегчает создание дипфейков — визуальных и голосовых подделок, используемых для мошенничества, подмены личности и эмоциональной манипуляции жертвами. Распространение таких технологий делает социальную инженерию значительно опаснее, чем ранее.

В совокупности эти факторы повышают масштабируемость атак, ускоряют их подготовку и делают их доступными широкому кругу лиц.

II. Оборонительный ИИ

ИИ значительно усиливает возможности киберзащиты. Системы на его базе способны в реальном времени анализировать большие массивы событий, выявлять аномалии, связывать несвязанные признаки атаки и сокращать время реакции. Уже имеются примеры, когда ИИ выявлял уязвимости нулевого дня или предотвращал атаки без участия специалистов.

ИИ активно применяется в динамической аутентификации: анализ поведения пользователя, скорости набора текста, движения компьютерной мышки и последовательности действий позволяет распознавать попытки подмены даже при наличии корректных учетных данных.

ИИ также используется для обнаружения дипфейков, сгенерированного текста, фишинговых сайтов и вредоносных запросов. Разрабатываются комплексные платформы/фреймворки, способные

автоматически устранять уязвимости и предотвращать попытки эксплуатации.

Государства и компании формируют нормативные требования к безопасной разработке продуктов ИИ: ограничения на использование данных для обучения, контроль корректности ответов, маркировку сгенерированного контента и стандарты разработки. В России такие правила разрабатываются для госсектора и предусматривают обязательную защиту данных, исключение нецелевого использования и контроль поведения моделей.

III. Проблемы и риски связанные с использованием ИИ в ИБ

Несмотря на высокую эффективность, использование ИИ связано с серьёзными рисками. Одним из ключевых является непрозрачность моделей: их работа часто представляет собой «чёрный ящик», что усложняет аудит и расследование инцидентов. Ошибочная интерпретация запроса может привести к некорректным или опасным действиям.

Также ИИ подвержен галлюцинациям — генерации недостоверных данных, в том числе ложных отчётов об уязвимостях, что понижает доверие к результатам работы ИИ. Отставание законодательства от темпов развития технологий вызывает неопределённость в вопросах ответственности за действия ИИ и создаёт правовые пробелы.

Серьёзную угрозу представляют утечки данных: ИИ может непреднамеренно раскрывать информацию, использованную при обучении, а использование сотрудниками сторонних ИИ-сервисов повышает риск передачи конфиденциальных данных на внешние ресурсы.

Высока и зависимость от инфраструктуры. ИИ требует больших вычислительных ресурсов, устойчивых каналов связи и стабильной работы систем хранения. Сбой в одной точке может привести к массовым отказам, а атаки на инфраструктуру способны вызвать каскадные последствия.

Отдельную проблему представляет возможность компрометации самих ИИ-моделей. Атаки через «отравление» обучающих данных, внедрение скрытых инструкций, вредоносные подсказки или эксплуатация уязвимостей интерфейсов позволяют злоумышленнику изменить поведение моделей. Появляются новые векторы атак, например, подмена пользовательских запросов через браузерные расширения.

В результате проведенного исследования было установлено, что ИИ однозначно оказывает значительное влияние на сферу ИБ, становясь центральным элементом и трансформируя уже существующую, либо

создавая новую парадигму ИБ. При этом влияние ИИ имеет двойственный характер, позволяющий использовать его и в качестве технологии защиты, и в качестве инструмента для организации и проведения атаки.

Рассмотренные реальные примеры, продемонстрировали, что наступательный потенциал ИИ развивается стремительным образом. Наступательный ИИ автоматизирует и ускоряет кибератаки, делая их более эффективными и персонализированными. Он снижает технический порог для злоумышленников, модернизирует существующие методы (например, дипфейк) и создает новые векторы атак, включая компрометацию ИИ-помощников.

В тоже время механизмы оборонительного ИИ демонстрируют внушительные результаты. Системы мониторинга угроз позволяют непрерывно обрабатывать данные о событиях в системе и своевременно реагировать на них. За счёт обучаемости алгоритмов достигается их высокая точность и даже существуют реальные примеры раскрытия ранее неизвестных уязвимостей. Всё это в дополнении с динамической аутентификацией пользователей позволяет построить высокозащищенную систему.

Однако, применение ИИ даже в качестве инструмента защиты влечет за собой серьезные риски связанных с надежностью и безопасностью систем. Это обусловлено непрозрачностью работы алгоритмов и зависимостью от данных, на которых учится ИИ. Этот аспект вызывает серьезную тревогу у экспертов. Существует риск, что ИИ, работающий, как и ожидалось, может быть скомпрометирован в определенный момент, заранее спланированный злоумышленниками.

Таким образом, можно сказать, что полагаться полностью на ИИ является нецелесообразным и необходим комплексный подход, объединяющий технические, правовые и организационные меры. Также крайне важно, чтобы специалисты, работающие с ИИ, могли разбираться в нем и обладали знаниями в области науки по работе с данными и машинного обучения. К таким же выводам пришла компания IBM и создала новое подразделение “Red Team”, специализирующееся на тестировании ИИ моделей. Помимо этого, следует стараться обеспечивать прозрачность работы ИИ-инструментов (через визуализацию их работы), что уменьшит риск ложных срабатываний.

В перспективе развития данной технологии должно быть создание более надежных ИИ-решений, за счёт повышения безопасности процессов и инструментов разработки и обучения ИИ, опираясь на уже имеющийся опыт расследования подобных инцидентов. Также следует

произвести совершенствование законодательной базы, позволяющее в полной мере разделять правомерные действия с ИИ от злонамеренного использования. Как и при появлении любой новой технологии или угрозы, неотъемлемым аспектом будет повышение осведомленности пользователей по безопасной работе с ИИ-помощниками.

В итоге произведенного исследования было заключено, что ИИ представляет собой мощный инструмент, оказывающий серьезное влияние на сферу ИИ и требующий ответственного и рационального подхода.

Литература:

1. Приказ Федеральной службы по техническому и экспортному контролю от 11.04.2025 № 117 «Об утверждении Требований о защите информации, содержащейся в государственных информационных системах, иных информационных системах государственных органов, государственных унитарных предприятий, государственных учреждений» [Электронный ресурс] // Официальное опубликование правовых актов. — URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202506170011> (дата обращения: 16.07.2025).

2. 70% компаний столкнулись с атаками на LLM — чаще всего фишинг [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.anti-malware.ru/news/2025-08-07-111332/46929> (дата обращения: 06.07.2025).

3. Агенты на основе LLM могут автономно эксплуатировать уязвимости, известные в течение одного дня [Электронный ресурс]. — URL: <https://arxiv.org/pdf/2404.08144> (дата обращения: 06.07.2025).

4. Генеративный ИИ в кибербезопасности: обзор [Электронный ресурс]. — URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10462-025-11219-5> (дата обращения: 15.07.2025).

5. Глубокий анализ возникающего риска: Теневое ИИ [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.gartner.com/en/documents/6714034> (дата обращения: 09.08.2025).

6. Защита критической инфраструктуры в эпоху ИИ [Электронный ресурс]. — URL: <https://cset.georgetown.edu/publication/securing-critical-infrastructure-in-the-age-of-ai/> (дата обращения: 27.08.2025).

7. LLM помогла найти 0-day уязвимость ядра Linux // Anti-Malware.ru [Электронный ресурс]. — URL:

<https://www.anti-malware.ru/news/2025-05-27-121598/46160> (дата обращения: 22.08.2025).

8. Новое семейство малвари LameHug использует LLM для генерации команд [Электронный ресурс] // Хакер.ru. – URL: <https://xakep.ru/2025/07/18/lamehug/> (дата обращения: 07.08.2025).

9. Политические дипфейки — самый популярный способ злоупотребления ИИ [Электронный ресурс] // Ars Technica. – URL: <https://arstechnica.com/ai/2024/06/political-deepfakes-are-the-most-popular-way-to-misuse-ai/> (дата обращения: 27.08.2025).

10. Правительство попросили обязать юрлица в РФ маркировать созданный ИИ контент [Электронный ресурс] // Известия. – URL: <https://iz.ru/1892961/2025-05-27/pravitelstvo-poprosili-obazat-urlica-v-rf-markirovat-sozdannyi-ii-kontent> (дата обращения: 24.07.2025).

11. Трояны внутри ИИ-модели [Электронный ресурс] // Kaspersky. – URL: <https://www.kaspersky.ru/blog/trojans-in-ai-models/38677/> (дата обращения: 11.08.2025).

12. «Человек в промпте» незаметно атакует ИИ-сервисы через обычные браузерные расширения / Литвинов Р. [Электронный ресурс] // infobezopasnost.ru. – URL: <https://infobezopasnost.ru/blog/articles/chelovek-v-prompte-nezametno-ataku-et-ii-servisy-cherez-obychnye-brauzernye-rasshireniya/> (дата обращения: 28.07.2025).

13. Непрерывная аутентификация с использованием комбинации биометрии нажатий клавиш и движений мыши / Mondal S., Bours P. [Электронный ресурс] // Neurocomputing. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925231216314321> (дата обращения: 12.07.2025).

14. Положение о регулировании глубокой синтетики в услугах интернет-информации [Электронный ресурс] // Государственное управление по интернет-информации. – URL: https://www.cac.gov.cn/2022-01/28/c_1644970458520968.htm (дата обращения: 24.07.2025).

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНОГО ПОДХОДА К ОЦЕНКЕ ДАННЫХ ДЛЯ АНТИФРОД-СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ГРАФОВЫХ И ФЕДЕРАТИВНЫХ МЕТОДОВ

В. О. Итегелова

**Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, vv8834480@gmail.com**

Научный руководитель: Бакаев М. А., к.т.н., доцент

В данной статье рассматривается комплексный подход к оценке и повышению качества данных для антифрод-систем на основе графовых и федеративных методов. В статье анализируются ограничения традиционных подходов и показывается, как низкое качество данных снижает точность моделей, увеличивает количество ложных срабатываний и приводит к значительным финансовым потерям. Предлагается гибридная архитектура, объединяющая графовые нейронные сети (GNN) и федеративное обучение (FL). Готовое решение позволяет не только повысить точность обнаружения случаев мошенничества, но и решить критические проблемы конфиденциальности и масштабирования.

This article discusses a comprehensive approach to evaluating and improving the quality of data for anti-fraud systems based on graph and federated methods. The article analyzes the limitations of traditional approaches and demonstrates how poor data quality reduces model accuracy, increases the number of false positives, and leads to significant financial losses. A hybrid architecture combining graph neural networks (GNN) and federated learning (FL) is proposed. The ready-made solution allows you not only to increase the accuracy of fraud detection, but also to solve critical issues of privacy and scaling.

В эпоху стремительной цифровизации финансовых и коммерческих операций антифрод-системы превратились из нишевого инструмента в критически важный компонент, обеспечивающий стабильность и безопасность мировой экономики. Под антифрод-системой понимается программно-аппаратный комплекс, предназначенный для выявления и предотвращения мошеннических операций в различных цифровых каналах, таких как онлайн-платежи, регистрации пользователей и рекламные сети [1]. Масштабы проблемы мошенничества постоянно растут, и финансовый ущерб, наносимый организациям, исчисляется сотнями миллиардов долларов ежегодно.

Традиционные методы обнаружения мошенничества, такие как ручной анализ и системы, основанные на жестких правилах, всё больше утрачивают свою эффективность в борьбе с постоянно усложняющимися и адаптирующимися схемами мошенничества. Эффективность современных систем, основанных на машинном

обучении (ML), напрямую зависит от качества данных, на которых они обучаются и работают. Недостоверные, неполные или устаревшие данные существенно снижают точность моделей, увеличивают количество ложных срабатываний и делают систему уязвимой для новых типов атак.

Для построения эффективной антифрод-системы необходимо обеспечить высокое качество данных. Это достигается за счет мониторинга и соблюдения ряда ключевых метрик:

1. Точность (Accuracy), которая оценивает, насколько данные соответствуют реальным фактам;
2. Полнота (Completeness), где отсутствие ключевой информации может сделать анализ неэффективным;
3. Согласованность (Consistency), при которой данные должны быть унифицированы и не противоречить друг другу;
4. Своевременность (Timeliness), поскольку данные теряют свою ценность, если они устарели.

Для антифрод-системы неполные записи о транзакциях могут скрывать важные признаки мошенничества, что приводит к пропуску подозрительных операций.

Кроме того, в больших и сложных системах могут возникать специфические проблемы, такие как дублирование данных, когда несколько записей в системе относятся к одной и той же сущности, что приводит к искажению аналитических результатов. Несогласованность форматов и схем данных, поступающих из разных источников, может привести к сбоям при интеграции и последующем анализе. Стандартные метрики оценки моделей машинного обучения, такие как Accuracy, оказываются неадекватными для оценки эффективности антифрод-систем, поскольку мошеннические транзакции – это исключительно редкие события в огромном потоке данных. Для адекватной оценки эффективности системы необходимо использовать метрики, которые сфокусированы на миноритарном классе мошенничества. К ним относятся Precision, Recall и F1 Score [4].

Классические ML-модели обычно анализируют транзакции как изолированные события. Однако мошеннические схемы часто представляют собой сложные, многоступенчатые операции, охватывающие множество аккаунтов, устройств и транзакций [2]. В этом контексте графовые нейронные сети (GNNs) предлагают качественно новый подход к анализу данных. GNNs работают с данными, представленными в виде графа, где узлы могут быть аккаунтами или устройствами, а рёбра – транзакциями или другими типами взаимодействий. Применяя GNN, система может анализировать

не только отдельные атрибуты транзакции, но и скрытые связи между сущностями, выявляя аномалии в масштабе всей сети. Преимущества GNNs очевидны: они обеспечивают более высокую точность, существенно снижают количество ложных срабатываний и обладают лучшей масштабируемостью для обработки огромных объемов данных в реальном времени [3].

Переход к графовой структуре данных кардинально меняет саму концепцию качества данных. Если для традиционных моделей качество измеряется полнотой, достоверностью и согласованностью атрибутов отдельных записей, то для GNN к этим метрикам добавляются новые, касающиеся структуры графа, такие как точность связей (EdgeAccuracy) и целостность структуры графа (GraphIntegrity).

В борьбе с глобальными мошенническими сетями сотрудничество между финансовыми институтами является критически важным. Однако прямое объединение данных из разных организаций нарушает принципы конфиденциальности [4]. Федеративное обучение (FL) предлагает элегантное решение этой проблемы. В рамках FL модели обучаются на данных, которые остаются у каждого участника, а обмену подлежат только агрегированные знания – параметры модели, а не сами конфиденциальные данные. Эксперименты, проведенные Swift совместно с 13 крупными финансовыми учреждениями, показали, что объединенная модель, обученная на данных из разных источников с использованием федеративного обучения, была в два раза эффективнее в обнаружении известных мошеннических операций по сравнению с моделью, обученной на данных одной организации [2]. Этот подход значительно ускоряет обнаружение сложных международных преступных сетей, сокращая время реагирования с часов до минут.

Несмотря на очевидные преимущества федеративного обучения, эта технология создает новую и сложную проблему в области качества данных. В рамках FL-фреймворка центральный сервер не имеет прямого доступа к данным клиентов, а значит, не может напрямую проверить их качество и достоверность. Некачественные, неполные или «зашумленные» данные от одного или нескольких клиентов могут «загрязнить» общую модель, снизив её производительность [7]. Этот вызов подчеркивает необходимость разработки новых протоколов и механизмов для оценки и обеспечения качества данных в федеративной среде, например, систем для оценки «ценности данных» (data valuation) от каждого клиента [5].

Для преодоления ограничений существующих методов предлагается гибридная архитектура, которая интегрирует графовые нейронные сети и федеративное обучение. На локальном уровне, внутри каждой

организации, GNNs используются для построения богатых, контекстных представлений данных. На верхнем уровне, федеративное обучение используется для безопасного обмена этими агрегированными знаниями между участниками. Таким образом, каждая организация получает преимущества от знаний, накопленных всей сетью, без компрометации своих конфиденциальных данных. Графовые нейронные сети могут быть использованы не только для обнаружения мошенничества, но и для автоматической валидации и коррекции данных, создавая своего рода «самовосстанавливающуюся» систему, как, например, модель DQuag [6].

Предложенный гибридный подход обладает рядом существенных преимуществ:

1. Повышение точности. Сочетание контекстного анализа GNN с распределенным обучением FL позволяет выявлять сложные глобальные мошеннические схемы с более высокой точностью, чем любой из подходов по отдельности.

2. Снижение ложных срабатываний. Благодаря анализу широкого контекста, модель лучше отличает аномальное, но законное поведение от мошеннического.

3. Обеспечение конфиденциальности. Федеративное обучение позволяет организациям сотрудничать и обмениваться знаниями без нарушения конфиденциальности данных клиентов.

4. Улучшенная масштабируемость. Гибридная модель эффективно справляется с огромными объемами данных из множества распределенных источников.

Таким образом, качество данных является не просто техническим требованием, а фундаментальным фактором, определяющим эффективность современных антифрод-систем. В настоящей работе предложена концепция комплексного подхода, который интегрирует графовые нейронные сети и федеративное обучение. Этот гибридный метод позволяет преодолеть ключевые ограничения, присущие каждому из этих подходов по отдельности: GNNs обеспечивают глубокий контекстный анализ, в то время как FL решает проблемы конфиденциальности и масштабирования. Предложенная методология открывает широкие перспективы для дальнейших исследований в направлениях: разработка протоколов оценки данных в федеративной среде, изучение устойчивости GNN и повышение их интерпретируемости.

Литература:

1. Что такое антифрод-система? [Электронный ресурс] // Securitylab.ru – 2024. – URL: <https://www.securitylab.ru/blog/personal/paragraph/355076.php> (дата обращения: 18.09.2025).
2. Fraud Detection with GNN [Electronic resource] // Kaggle – 2024. – URL: <https://www.kaggle.com/code/jawherjabri/fraud-detection-with-gnn> (accessed: 18.09.2025).
3. Supercharging Fraud Detection in Financial Services with Graph Neural Networks [Electronic resource] // NVIDIA Developer – 2025. – URL: <https://developer.nvidia.com/blog/supercharging-fraud-detection-in-financial-services-with-graph-neural-networks/> (accessed: 18.09.2025).
4. Financial fraud detection with deep learning models [Electronic resource] // arXiv – 2024. – URL: <https://arxiv.org/html/2502.00201v1> (accessed: 18.09.2025).
5. The Impact of Perturbed Features in Training Data on GNN Performance [Electronic resource] // VLDB – 2025. – URL: https://www.vldb.org/2025/Workshops/VLDB-Workshops-2025/LSGDA/LSGDA25_05.pdf (accessed: 18.09.2025).
6. FedDQA (Federated learning via Data Quality-Aware) framework [Electronic resource] // MDPI – 2024. – URL: <https://www.mdpi.com/2227-7390/12/20/3229> (accessed: 18.09.2025).

АДАПТИВНОЕ КВАНТОВАНИЕ В ГЕНЕРАТОРАХ СИГНАЛОВ НА ОСНОВЕ ЦАП С ИЗМЕНЕНИЕМ ВЫХОДНОЙ АМПЛИТУДЫ И ЧАСТОТЫ В ШИРОКИХ ПРЕДЕЛАХ

М. А. Ануфриев

Новосибирский государственный технический университет,

г. Новосибирск, anufrievm151@gmail.com

Научный руководитель: Бабичев М.М., ст. преп.

В работе рассматривается метод адаптивного квантования применительно к цифро-аналоговому преобразованию синусоидальных сигналов в генераторах сигналов. Целью исследования является повышение эффективности использования разрядности ЦАП при широком динамическом диапазоне изменения уровня сигнала. Предложен подход, позволяющий динамически регулировать уровень выходного сигнала и минимизировать влияние шумов и помех, возникающих при работе с низким разрешением.

This paper discusses the method of adaptive quantization as applied to the digital-to-analog conversion of sinusoidal signals in signal generators. The goal of

the study is to increase the efficiency of DAC resolution utilization over a wide dynamic range of signal level changes. An approach is proposed that allows dynamic regulation of the output signal level and minimizes the influence of noise and interference arising from low-resolution operation.

Введение: Современные системы цифро-аналогового преобразования (ЦАП) нередко сталкиваются с проблемой эффективного использования своего разрешения при необходимости обеспечения широкого динамического диапазона выходного сигнала (например, канал тока в генераторе фиктивной мощности [4]). Традиционные методы формирования аналоговых сигналов с использованием многоразрядных ЦАП и ШИМ демонстрируют значительное снижение качества выходного сигнала при работе с низкими уровнями сигналов, что проявляется в относительном увеличении ступенчатости сигналов, роста шумов квантования [2]. Это ограничивает применение таких систем в высокоточном оборудовании, генераторах сигналов с линейными усилителями и усилителями класса D. Решение данной проблемы видится в применении алгоритмов адаптивного квантования [1], позволяющих оптимизировать выбранные параметры сигнала при изменении других его параметров.

Проблема исследования: Основная проблема заключается в неэффективном использовании всего доступного диапазона разрядов ЦАП при значительном снижении уровня сигнала. Например, если сигнал уменьшается в 100 раз, то задействованными остаются лишь около 5 младших разрядов в 12-разрядном АЦП. Это приводит к снижению отношения «сигнал-шум» за счет роста уровня шумов квантования, к увеличению гармонических составляющих, что неприемлемо для качественного формирования аналоговых сигналов. Поэтому существует необходимость применения метода адаптивного квантования к формированию с помощью ЦАП синусоидального сигнала при изменении уровня и частоты сигнала в широких пределах.

Объект исследования: Процесс цифро-аналогового преобразования сигналов, в первую очередь синусоидальных, в многоразрядных ЦАП и ЦАП на основе ШИМ, с использованием алгоритмов адаптивного квантования в генераторах сигналов [3].

Достигнутый уровень процесса исследования: Рассмотрены теоретические основы адаптивного квантования, как метода динамического изменения направления квантования отсчетов сигнала в зависимости от текущего значения критерия оптимальности. Предложена программная реализация, позволяющая микроконтроллеру осуществлять оптимальное формирование отсчетов выходного сигнала с изменяемой амплитудой и частотой.

Научная новизна работы заключается в разработке методики программной реализации алгоритма адаптивного квантования на основе патента [5] с последовательным подбором уровней на базе встраиваемой микроконтроллерной платформы (например, STM32). Будет реализован подход, при котором процесс оптимизации (адаптации) параметров сигнала происходит непосредственно на целевом устройстве в реальном масштабе времени (с однократной кратковременной задержкой), а не на этапе подготовки данных на ЭВМ.

Практическая значимость состоит в дальнейшем создании действующего макета генератора сигналов с цифровым управлением, который обеспечивает плавную регулировку выходного уровня в широком динамическом диапазоне (до 100...1000 раз), используя только микроконтроллер и ЦАП без существенного ухудшения важных параметров сигнала, что позволит отказаться от программируемых усилителей (PGA) и сложных выходных фильтров.

Литература:

1. Бабичев М. М. Адаптивное квантование // Измерения в современном мире – 2009: Сб. научных трудов Второй международной научно-практической конференции. – СПб.: Изд-во Политехнического университета, 2009. – С. 288.
2. Оценки погрешности дискретности при измерении среднеквадратических значений периодических сигналов / М. М. Бабичев, Ю. А. Пасынков // Актуальные проблемы электронного приборостроения (АПЭП-2014) = Actual problems of electronic instrument engineering (APEIE-2014) : тр. 12 междунар. конф., Новосибирск, 2–4 окт. 2014 г. : в 7 т. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2014. – Т. 3. – С. 191–194.
3. Бабичев М. М. Реализация метода адаптивного квантования в измерительных генераторах с цифровым управлением // Системы анализа и обработки данных. – 2021. – Т. 82, № 2. – С. 121–134.
4. ГОСТ 8.584-2004. Счетчики статические активной электрической энергии переменного тока. Методика поверки. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2004.
5. Патент № 2420799 Российская Федерация, МПК G 06 F 17/7. Способ округления кодов функции / М. М. Бабичев, Ю. А. Пасынков. – Заявл. 27.05.2009; опубл. 10.06.2011, Бюл. № 16.

РАЗРАБОТКА КОМПАКТНОГО ПОДЪЕМНОГО МЕХАНИЗМА ДЛЯ АВТОНОМНОГО ЛОГИСТИЧЕСКОГО РОБОТА МАЛОГО КЛАССА

М. Д. Кабелин, Д. А. Моисеев

Новосибирский государственный технический университет,

г. Новосибирск, kabelin_nstu@bk.ru

Научный руководитель: Яковина И. Н., к.т.н.

В работе рассматривается проблема автоматизации складских помещений малого и среднего размера. Предлагается решение в виде автономного логистического робота, ключевым элементом которого является инновационный подъемный механизм. Разработанное устройство позволяет мобильной платформе работать со стандартными паллетами, сохраняя минимальные габариты и высокую маневренность.

The article addresses the problem of automation in small and medium-sized warehouses. A solution is proposed in the form of an autonomous logistics robot, the key element of which is an innovative lifting mechanism. The developed device allows the robot to work with standard pallets while maintaining minimal dimensions and high maneuverability.

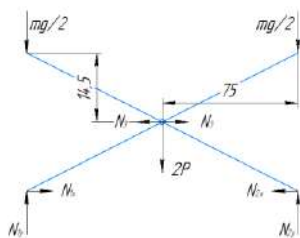
Введение

Современная логистика характеризуется растущими темпами роботизации. Согласно данным International Federation of Robotics (IFR), количество промышленных роботов на 10 000 работников в мире в среднем составляет 141 единицу, в то время как в России этот показатель катастрофически низок – всего 6 единиц. Одним из ключевых направлений является разработка автономных транспортных средств (AGV) для складских помещений. Однако большинство решений на рынке либо не способны к автономной погрузке, либо, обладая такой способностью, имеют крупные габариты, снижающие плотность складирования. Актуальной задачей является создание компактного и маневренного робота, способного самостоятельно работать со стандартными паллетами. Одной из решаемых задач была разработка подъемного механизма, удовлетворяющего следующим требованиям технического задания:

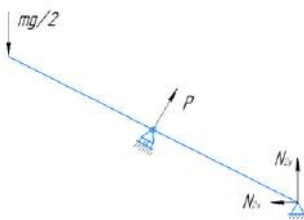
- Грузоподъемность: 20 кг (10 кг на каждую «вилку»).
- Время подъема: 5 с.
- Высота в сложенном состоянии: < 55 мм.
- Высота в поднятом состоянии: > 120 мм.
- Работа с масштабной версией европаллета.

Анализ существующих решений

Анализ различных источников с описанием аналогичных разработок показал, что классические конструкции ножничных подъемников с центральным горизонтальным или вертикальным приводом не удовлетворяют требованиям по габаритам и ходу [2]. Была предложена оригинальная конструкция с использованием пары рычагов и дополнительного толкающего звена (Рис. 1а). Данное решение позволило разместить механизм в ограниченном объеме полости паллета и обеспечить необходимый коэффициент редукции.



а – Кинематическая схема предложенного подъемного механизма



б – Упрощённая схема для расчета сил в механизме

Рис. 1 – Модель разработанной конструкции

Расчеты и проектирование

Для определения нагрузок была составлена расчетная схема (Рис. 1б). Прочностной расчет рычагов, выполненных из алюминия сечением 2х10 мм, показал, что максимальный прогиб под нагрузкой 5 кг составляет 0,045 мм, что допустимо. Мощность привода была рассчитана исходя из максимального усилия на толкателе и требуемой скорости. Была определена необходимая мощность двигателя ~10 Вт и крутящий момент ~0.2 Н·м. На основе расчетов был выбран мотор-редуктор 5840-31ZY с редуктором, обеспечивающий частоту вращения 480 об/мин под нагрузкой [3].

Результаты моделирования и сборки

На основе проведенных расчетов была создана 3D-модель механизма (Рис. 3) и проведено его моделирование для определения переменного коэффициента редукции на разных участках хода. Результаты экспериментов приведены в Таблице 1.

Синтез системы управления

Для управления двигателем подъемного механизма был синтезирован релейный регулятор тока. Моделирование в MATLAB/Simulink (Рис. 4) показало, что система удовлетворяет требованиям качества: время регулирования менее 0.01 с, перерегулирование отсутствует [3].

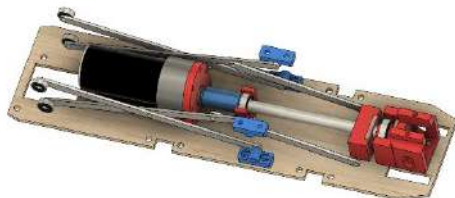


Рис. 2 – 3D-модель подъемного механизма с приводом

Таблица 1 – Результаты экспериментов

Положение толкателя	Положение верха	Коэффициент редукции
0	46	---
5	67.37	4.2
10	81.35	2.8
15	92.06	2.2
20	100.73	1.6
40	123.56	1.15

Заключение

В результате проведенной работы был разработан, рассчитан и смоделирован компактный подъемный механизм для логистического робота. Конструкция механизма позволяет роботу выполнять манипуляции со стандартными паллетами, не выходя за их габариты, что является ключевым преимуществом для работы в стесненных условиях. Подбор комплектующих и синтез системы управления подтвердили соответствие механизма всем требованиям технического задания. Перспективой работы является проведение натурных испытаний собранного прототипа и адаптация конструкции для полноразмерного робота.

Литература:

1. Симаков Г. М. Системы расчета автоматизированного электропривода: учеб. пособие / Г. М. Симаков, Ю. В. Панкрац, Д. А. Котин. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2019. – 146 с.
2. Каталог мотор редукторов для двигателя 5840-31ZY Far Along [Электронный ресурс]. – URL: <https://aliexpress.ru/item/1005003100292785.html> (дата обращения: 05.05.2024).
3. Проектирование приводов. Практика приводной техники [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.deltronix.su/doc/10523057.pdf> (дата обращения: 05.05.2024).

**ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ И КОНТРОЛЯ
АНГЛОЯЗЫЧНЫХ СЛОВ В IT: ПОДХОДЫ И ОЦЕНКА
ЭФФЕКТИВНОСТИ**

М. Е. Величко

**Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, maksim1velichko@gmail.com**

Научный руководитель: Курчиева Г. И., к.э.н., доцент

В статье обосновывается актуальность создания информационной модели обучения англоязычной лексики в IT-сфере на основе микроуроков в мессенджере Телеграм. Рассматриваются современные подходы обучения и применения чат-ботов в изучении иностранного языка, подчёркивается важность специализированной технической лексики для IT-студентов и профессионалов. Отмечается, что приложения с геймификацией и мультимедийными элементами обеспечивают гибкие и эффективные методы усвоения словаря.

This paper substantiates the relevance of developing an information model for teaching English vocabulary in the IT domain based on micro-lessons delivered via the Telegram messenger. It reviews contemporary approaches to language instruction and the use of chatbots in foreign language learning and emphasizes the importance of specialized technical vocabulary for IT students and professionals. The study notes that applications incorporating gamification and multimedia elements offer flexible and effective methods for vocabulary acquisition.

Введение

В современных условиях глобализации IT-индустрии владение английским языком становится необходимым навыком для студентов технических специальностей и начинающих программистов. Обучение технической лексике признано одним из ключевых факторов успешного освоения профессиональной терминологии. В частности, многие исследования подчёркивают, что «обучение технической лексике является одним из наиболее важных факторов для успеха студентов в изучении технического английского». Несмотря на растущую востребованность ESP (англ. English for Specific Purposes — «Английский для специальных целей»), число работ, посвящённых обучению техническому словарю в специализированных областях, остаётся ограниченным [1].

Вместе с тем мобильные технологии и социальные мессенджеры кардинально изменяют подходы к обучению. Исследования

показывают, что студенты предпочитают мобильные приложения для изучения словарного запаса: они обеспечивают доступ «в любое время и в любом месте» и позволяют изучать лексику «гибко и эффективно». Геймификация, аудиовизуальные подсказки и элементы взаимодействия внутри приложений повышают мотивацию и вовлечённость учащихся. Кроме того, платформы, подобные Телеграм, предлагают возможности для создания обучающих ботов и мини-приложений (Telegram Mini-Apps – это веб-приложения, которые работают внутри мессенджера, без необходимости их скачивания и установки), что открывает новые перспективы для обучения. Предполагается, что интеграция микроуроков (когнитивно-оптимизированный учебный паттерн, дозирующий информацию в соответствии с лимитом рабочей памяти для эффективной консолидации знаний.) в среду мессенджера позволит объединить преимущества учебных приложений и привычных средств коммуникации [2].

Таким образом, сочетание микрообучения и мессенджерных технологий представляется многообещающим направлением. Актуальность данной темы обусловлена необходимостью разработки специализированных инструментов для изучения профильной лексики в IT – рынка труда и образования, где английский является основным языком коммуникации и документации.

Обзор литературы

В учебной практике английского языка для технических направлений уже отмечено, что владение терминологией напрямую влияет на академические и профессиональные успехи студентов [1]. В рамках обучения предлагается разнообразные методики представления и практики терминов (например, перевод, ассоциации, контекстные задания), однако их эффективность ограничена традиционными формами обучения и отрывом от реальных рабочих задач.

В последние годы растёт число исследований по мобильному обучению (MALL - Мобильное Обучение Языкам) и микрообучению. Результаты исследования Кауг [2] показывают, что студенты с большой частотой и регулярностью используют мобильные приложения для пополнения словарного запаса. В обзоре отмечено, что преимущества геймификации и мультимедийные элементы в таких приложениях «увеличивают вовлечённость в процесс обучения и эффективность усвоения материала». Кроме того, микроуроки как формат кратких модулей доказали свою способность снижать когнитивную нагрузку и улучшать запоминание информации. Исследования показывают, что микрообучение «последовательно демонстрирует положительные

эффекты на успеваемость обучающихся и их удовлетворённость процессом обучения» [4].

Результаты эмпирических исследований подтверждают практическую эффективность мессенджерных платформ в задачах обучения иностранным языкам. В частности, в экспериментальной работе Словиковой Е. Л. показано, что применение Телеграм в занятиях по английскому языку способствует формированию знаний у студентов и обладает потенциалом «радикально изменить всю систему обучения» за счёт интеграции обучающего контента в повседневную коммуникативную среду учебной группы и индивидуального мобильного использования [6]. Данное заключение согласуется с результатами исследований по мобильному микрообучению и созданию адаптивных уроков: перенос учебных интеракций в мессенджерную среду снижает барьеры доступа к обучению и повышает регулярность контакта учащихся с материалом, что критично для усвоения лексики профильного характера.

Однако специализированных решений именно для англоязычной ИТ-лексики с использованием микроуроков в отечественной науке пока мало. Существующие наработки (например, системы мобильного микрообучения словарю английского языка [7]) фокусируются на общелингвистических курсах. Это подчёркивает необходимость разработки информационной модели, учитывающей особенности технических терминов и привычки целевой аудитории – студентов и специалистов ИТ.

Цели, гипотеза и план исследования

Цели исследования заключаются в разработке и экспериментальной проверке информационной модели обучения и контроля англоязычной ИТ-лексики, интегрированной в мессенджер Телеграм. Основными задачами являются:

1. Разработка информационной модели. Спроектировать структуру микроуроков, систему хранения и генерации заданий для изучения ИТ-лексики на английском языке, интегрированную в Телеграм мини-приложение.

2. Внедрение технологии микрообучения. Определить оптимальную длину и формат микроуроков (с учётом ЦА – студентов и профессионалов ИТ), включая геймифицированные задания, мультимедийные подсказки и адаптивные тесты.

3. Анализ прогресса и вовлечённости. Разработать метрики для отслеживания прогресса пользователей (пройденный материал, результаты тестов) и вовлечённости (частота использования, время в приложении, выполненные задания).

4. Оценка эффективности. Провести пилотное исследование: сравнить успеваемость и мотивацию двух групп (с микроуроками в Телеграм и без) с помощью контрольных тестов и опросов.

Гипотеза исследования заключается в том, что применение разработанной модели приведёт к статистически значимому росту словарного запаса участников и их мотивации по сравнению с традиционными методами. Она основывается на результатах предыдущих работ, которые показали положительное влияние мобильных приложений и микрообучения на изучение лексики. Эмпирические данные Словиковой [6]. служат дополнительной предпосылкой для выдвижения гипотезы данного исследования: интеграция микроуроков технической лексики в мессенджерную среду будет способствовать повышению эффективности усвоения словарного запаса за счёт увеличения частоты контактов с материалом и повышения мотивации пользователей. В методологическом плане это обосновывает включение в эксперимент параметров, отражающих как объективный прогресс (результаты тестирования), так и показатели регулярности и вовлечённости использования платформы.

Исследовательский план включает: аналитическую фазу (обзор существующих решений и концепция модели), этап программной реализации прототипа Мини-приложения, а также экспериментальную часть с привлечением целевой аудитории (ИТ-студентов, начинающих программистов, профессионалов). Будут проведены количественные измерения (тестирование уровня лексики до/после обучения) и опросы для оценки субъективного восприятия инструмента. Используемые методы соответствуют прецедентам в области MALL и EFL (English as a Foreign Language - Английский как иностранный) из литературы.

Практическая значимость и новизна

Практическая значимость предлагаемой модели заключается в интеграции процесса пополнения профильной лексики в повседневную коммуникативную среду пользователей, что повышает доступность обучения и регулярность контактов с материалом; оправданность выбора платформы Телеграм подтверждена эмпирическими данными [6]. Модель предусматривает сбор объективных метрик прогресса и вовлечённости, что делает возможным мониторинг результатов и адаптацию обучения в реальном времени, что востребовано в учебных и корпоративных условиях.

Научная новизна работы состоит в сочетании трёх компонентов: микроуроков как формата подачи, специализированной информационной модели для ИТ-лексики и доставки через мессенджерную среду с встроенной аналитикой. Такое объединение

обеспечивает ориентированность на специфику терминологии и ожидаемо повышает эффективность усвоения по сравнению с традиционными подходами.

Заключение

Проведённый анализ показывает, что изучение англоязычной ИТ-лексики остаётся востребованной задачей, а современные технологии предоставляют для этого новые возможности. Ряд исследований подтверждает значимость технической терминологии для специалистов и эффективность мобильных обучающих приложений [1,2]. В данной статье обоснована актуальность разработки информационной модели обучения с применением микроуроков в мессенджере.

Предложенная модель направлена на решение важной образовательной проблемы – интеграцию обучения профильному английскому в естественную коммуникационную среду ИТ-специалистов. В дальнейшем запланировано внедрение и апробация модели на целевой аудитории для верификации её эффективности. Успешная реализация проекта позволит повысить качество и мотивацию изучения технической лексики, что будет способствовать более быстрому профессиональному росту студентов и сотрудников ИТ-отрасли.

Литература:

1. Ghobadi S., Taki S. The Effect of Telegram on English Vocabulary Learning of Iranian EFL Learners // *Journal of Applied Linguistics and Language Research*. — 2018. — Vol. 5, No. 3. — P. 209–217.
2. Kayra M. M. Investigating the Use of Mobile Applications in English Vocabulary Learning // *Journal of Language and Linguistic Studies*. — 2024. — Vol. 20, No. 1. — P. 65–72.
3. Alqahtani M. The Importance of Vocabulary in Language Learning and How to be Taught // *International Journal of Teaching and Education*. — 2015. — Vol. 3, No. 3. — P. 21–34.
4. Senandheera V. V. et al. Impact of microlearning on academic performance of students in higher education: A systematic review and meta-analysis // *Journal of Multidisciplinary & Translational Research*. — 2024. — Т. 9. — №. 1.
5. Nation I. S. P. *Learning Vocabulary in Another Language*. — Cambridge: Cambridge University Press, 2022.
6. Словикова Е. Л., Белошапкина Н. Г., Каменева А. Д. Использование мобильных приложений и платформ для повышения качества обучения английскому языку у студентов педагогического профиля [Электронный ресурс] // *Наукосфера*. — 2024. — № 10 (2). —

URL: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14006899> (дата обращения: 10.11.2025).

7. Wang W., Gong S. Design of Mobile Micro Learning System for English Words Based on Computer Technology //2022 3rd International Conference on Artificial Intelligence and Education (IC-ICAIE 2022). – Atlantis Press, 2022. – С. 363-369.

ПРОГРАММНЫЙ ПРОТОТИП ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ПРОВЕРКИ ОФОРМЛЕНИЯ СТУДЕНЧЕСКИХ РАБОТ В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Г. В. Глауб, С. Е. Загуменников, А. Д. Зубков
Новосибирский государственный университет
экономики и управления «НИНХ»,
г. Новосибирск, germanglaub06@gmail.com
Научный руководитель: Зубков А. Д., ст. преп.

В работе рассматривается проблема автоматизации проверки форматирования студенческих работ. Предлагается разработка программного прототипа на языке Python, который выполняет анализ документа на соответствие требованиям и автоматически исправляет выявленные ошибки. Описаны основные функции системы, включая анализ структуры, проверку параметров шрифта и интервалов, формирование отчета и возможность настройки через внешний конфигурационный файл. Подчеркивается потенциал инструмента для снижения временных затрат и адаптации под различные образовательные стандарты.

The paper addresses the problem of automating the formatting check of student papers. It proposes the development of a software prototype in Python that analyzes a document for compliance with requirements and automatically corrects identified errors. The core functions of the system are described, including structure analysis, font and spacing checks, report generation, and configuration via an external file. The tool's potential for reducing time costs and adapting to various educational standards is emphasized.

В наши дни невозможно представить образования без использования информационных технологий. Студенты пишут свои работы, используя текстовый редактор Microsoft Word. При выполнении работ возникают ошибки и зачастую они связаны с неверным оформлением, поэтому преподаватели вынуждены отправлять работу на доработку [2].

В связи с этим появляется мысль о возможной программе, которая будет сама проверять оформление или выполнять форматирование

работы, благодаря чему можно сократить время и силы студентов. Также данное приложение может рассматриваться как инструмент для преподавателей, с помощью которого они могут так же выполнять проверку оформления по конкретным требованиям.

Оформление студенческих работ регулируется требованиями учебных организаций, но на практике студенты нередко допускают ошибки при соблюдении стандартов. Не исключено, что человек может попросту не заметить свои недочеты, а поскольку проверка не является интеллектуально сложной задачей, хоть и требует времени, можно автоматизировать этот процесс. Это позволит исключить недочеты при написании работ, снизить нагрузку на студентов и преподавателей [1].

Целью работы становится создание программного прототипа, который будет выполнять автоматическую проверку на основе алгоритма анализа и иметь возможность исправить некорректный документ, соблюдая необходимые требования.

Для достижения цели необходимо поставить задачи:

1. Изучить принципы работы библиотеки `python-docx`, и применить ее для анализа структуры документов.
2. Реализовать систему проверки форматирования.
3. Создать функцию автоматического исправления документа.
4. Разработать графический интерфейс на основе библиотеки `tkinter`.
5. Сформировать отчет пользователю с указанием всех найденных проблем.
6. Внедрить систему рекомендаций по улучшению работы.

Разработку принято проводить на языке программирования Python, поскольку существует большое количество различных библиотек, благодаря которым можно реализовать задумку и с легкостью интегрировать формат документов `docx`, а также создать формат оконного приложения с использованием `tkinter`. Чтобы иметь возможность хранить конфигурационные параметры, был создан отдельный файл с расширением `json`, который будет выполнять данную функцию [4].

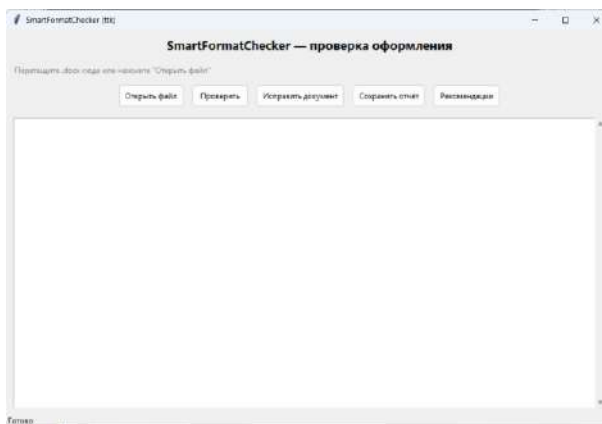


Рис.1 – графический интерфейс программного прототипа для проверки оформления и исправления студенческих работ

Разработанный алгоритм, который реализуется в отдельной функции, последовательно исследует документ, анализируя его форматирование. В прототипе внимание уделяется параметрам шрифта (размер и тип), межстрочному интервалу, отступам, выравниванию. Так же приложение выводит пользователю сообщение о необходимости проверить титульный лист и поля документа, поскольку проверка титульного листа довольно трудно реализуется, она может вызывать ошибки и провоцировать некорректность проверки или исправлении оформления.

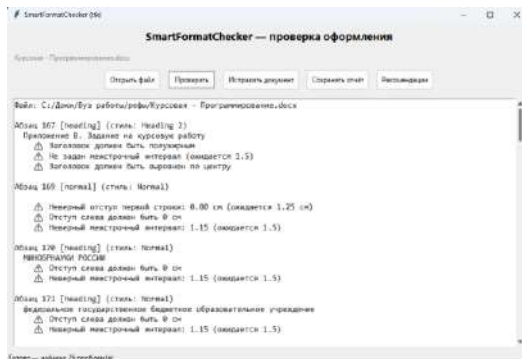


Рис.2 – пример отчета после проверки оформления документа на соответствие стандартам

Создана функция, которая выполняет автоматическое исправление всего документа согласно параметрам конфигурации на основе предоставленной работы. В процессе корректировки программа, следуя требованиям, приводит весь текст к стандартам и создает отдельный файл [3].

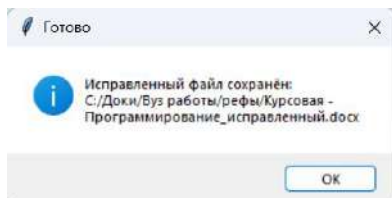


Рис.3 – сообщение об успешном исправлении документа

Разработанный прототип эффективно выявляет ошибки оформления, которые противоречат требованиям. Программа стабильно выполняет проверку и исправление на документах любого уровня сложности.

На основе проделанных тестирований следует, что использование данного инструмента значительно снижает временные и физические затраты при работе с документами. Становится проще привести работу в надлежащий вид и сконцентрироваться на содержании.

Новизной программы является ее универсальность, поскольку она объединяет важные функции в одном инструменте. Приложение не только выполняет проверку и выдает отчет о неверном оформлении, но и автоматически исправляет выявленные нарушения.

В разработке учтена возможность модификации параметров конфигурации через внешний файл, что позволяет заменить его на другой или дополнить существующий, чтобы выполнялась проверка иных требований, благодаря чему инструмент может адаптироваться под различные организации. В дальнейшем не исключено развитие в сторону расширения алгоритма анализа, с целью выявления более узких проблем или выполнения проверки дополнительных элементов. Так же возможна интеграция моделей искусственного интеллекта, способных формировать рекомендации и объяснения.

Прототип демонстрирует реальную возможность автоматизации процесса проверки и исправления работ, значительно снижая вероятность возникновения ошибок, что позволяет экономить время и силы студентов или же преподавателей. Данный проект обладает высоким потенциалом и может быть интегрирован в образовательную среду, что позволит поддерживать развитие прототипа и создать полноценный инструмент.

Литература:

1. Андреев В. И., Демышев Ю. В. Эффективность и качество методика проведения нормоконтроля выпускных квалификационных работ в ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия» // Вестник военного образования. – 2024. – № 1(46). – С. 33-39.
2. Бородина Е. Н. Общие вопросы нормоконтроля при написании выпускной квалификационной работы // Наука ЮУрГУ : Материалы 71-й научной конференции, Челябинск, 10–12 апреля 2019 года / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Южно-Уральский государственный университет. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2019. – С. 582-586.
3. Ритвинский Е. В., Белодед Н. И. Библиотека python-docx языка программирования python как средство автоматизации составления документов в Word // Актуальные проблемы социально-экономического развития современного общества: Материалы V международной научно- практической конференции, Киров, 29 мая 2024 года. – Киров: Кировский государственный медицинский университет, 2024. – С. 496-498.
4. Лаухин В. В. О создании программ на языке Python с помощью графической библиотеки tkinter // Системы управления, технические системы: устойчивость, стабилизация, пути и методы исследования: материалы научно-практического семинара молодых ученых и студентов, Елец, 15–16 декабря 2016 года. – Елец: Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, 2017. – С. 123-128.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ И ИНТЕРАКТИВНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ОБЪЕМНОЙ МОДЕЛИ ГОЛОВНОГО МОЗГА ПО ДАННЫМ МРТ

А. Д. Грищенко

Новосибирский государственный технический университет,

г. Новосибирск, indovver@mail.ru

Научный руководитель: Гужов В. И., д.т.н., профессор

Работа посвящена разработке программного обеспечения для автоматического построения трехмерной модели головного мозга по данным магнитно-резонансной томографии (МРТ). Описан алгоритм сегментации, основанный на деформации поверхностной модели с использованием адаптивного локального порога. Представлено кроссплатформенное приложение, реализующее данный алгоритм и предоставляющее

интерактивные инструменты для визуализации и анализа полученной 3D-модели, включая функцию построения отсекающих плоскостей.

This paper focuses on the development of software for the automatic construction of a 3D brain model from magnetic resonance imaging (MRI) data. A segmentation algorithm based on the deformation of a surface model using an adaptive local threshold is described. A cross-platform application is presented that implements this algorithm and provides interactive tools for the visualization and analysis of the resulting 3D model, including the function of creating clipping planes.

Введение

Анализ данных магнитно-резонансной томографии (МРТ) является неотъемлемой частью современной клинической практики. Разработка программных средств для интерактивной визуализации объемных 3D-моделей головного мозга способна существенно повысить эффективность работы специалистов. Это обуславливает актуальность создания гибкого инструментария для автоматической сегментации и визуализации. Целью работы являлась разработка программного обеспечения, предоставляющего пользователю интерактивные инструменты для анализа 3D-модели мозга, построенной на основе данных МРТ.

Материалы и методы

В качестве исходных данных используются медицинские изображения в форматах DICOM [1] и NIfTI [2]. Основным методом для выделения мозга выбран алгоритм, основанный на деформации поверхностной модели [3]. После предобработки (отсечение шумов, расчет центра масс) в объеме головы инициализируется полигональная модель сферы. Далее следует итеративный процесс деформации (рис. 1), где положение вершин корректируется под действием сил, обеспечивающих гладкость сетки и притяжение к границе мозга. Ключевой особенностью является использование локального адаптивного порога интенсивности, который динамически подстраивается под яркость ткани в окрестности каждой вершины и определяет направление ее смещения (расширение или сжатие).



Рис.1 – Схема итеративного процесса деформации модели

По завершении итераций финальная сетка преобразуется в воксельное представление, и его внутренняя область заполняется для получения сплошной бинарной маски мозга. Программная реализация выполнена на Python с использованием библиотек Nibabel, NumPy и VTK.

Результаты

В результате работы создано кроссплатформенное приложение, выполняющее автоматическую сегментацию мозга и визуализирующее полученную 3D-модель (рис. 2). Разработанное ПО предоставляет пользователю интерактивный функционал, включающий вращение и масштабирование модели. Ключевыми функциями являются инструмент анализа, позволяющий строить отсекающую плоскость по двум точкам для исследования внутренних структур (рис. 3), а также возможность управления отображением окружающих тканей для совместной визуализации с моделью мозга (рис. 4).

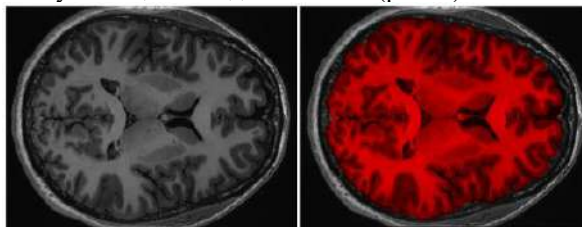


Рис.2 – Результат сегментации на 2D-срезе

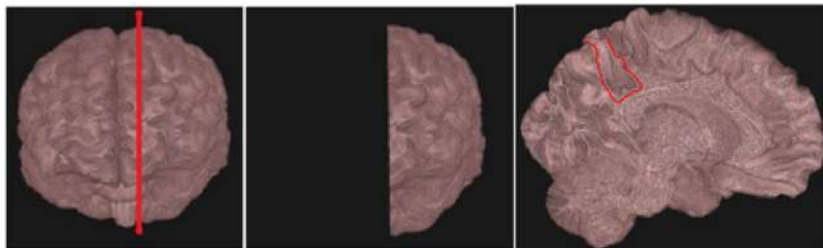


Рис.3 – Демонстрация интерактивного сечения 3D-модели

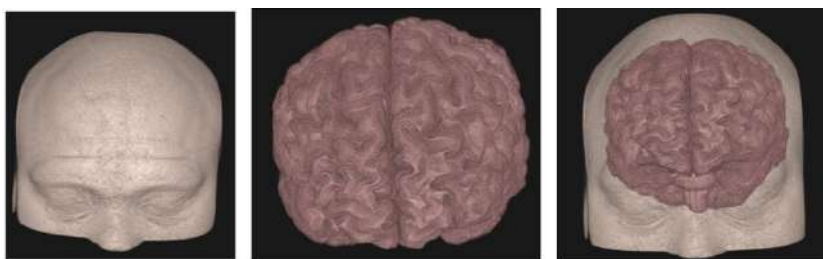


Рис.4 – Демонстрация управления отображением мозга и окружающих тканей

Заключение

Разработанное ПО является функциональным инструментом для автоматизированного построения и интерактивного анализа 3D-моделей головного мозга. Оно может использоваться в образовательном процессе, для предварительного анализа данных в клинической практике и как основа для дальнейших научных исследований в области нейровизуализации.

Литература:

1. DICOM Standard. National Electrical Manufacturers Association. [Electronic resource]. – URL: <https://www.dicomstandard.org> (accessed: 15.11.2025).
2. NIfTI Data Format. Neuroimaging Informatics Technology Initiative. – [Electronic resource]. – URL: <https://nifti.nimh.nih.gov/> (accessed: 15.11.2025).
3. Smith S. M. (2002). Fast robust automated brain extraction. Human brain mapping, 17(3), 143-155.

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ И СРЕДСТВ МОНИТОРИНГА ПРОСТРАНСТВА СТЕКЛОВАРЕННОЙ ПЕЧИ

Н. С. Зайцев

**Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, dannke41@gmail.com**

Научный руководитель: Яковина И. Н., д.т.н.

В работе представлены результаты разработки программного модуля обработки видеопотока для автоматического анализа шихты стекловаренной печи, описаны использованные методы обнаружения и сегментации пятен шихты, способ перспективной коррекции изображения и получаемые характеристики площади шихты с распределением по зонам печи. По результатам анализа формируются графики изменения доли шихты с точностью распознавания 85–90%. Полученное решение может применяться для автоматизированного мониторинга и оптимизации процесса стекловарения.

This paper presents the results of developing a video stream processing software module for the automatic analysis of glass furnace batch. It describes the methods used for batch spot detection and segmentation, a method for prospective image correction, and the resulting batch area characteristics, distributed across furnace zones. Based on the analysis results, graphs of batch share changes are generated with a recognition accuracy of 85–90%. The resulting solution can be used for automated monitoring and optimization of the glass-melting process.

Введение

Целью разработки является создание программного модуля, способного автоматически анализировать шихту по видео с камеры видеонаблюдения за пространством стекловаренной печи.

Разработка программного модуля выполнена на Python с использованием: OpenCV — для захвата, предобработки и выделения контуров; NumPy — для работы с массивами и выполнением векторных вычислений; SciPy — для фильтрации и операций с сигналами; scikit-image — для восстановления изображений; matplotlib — для построения графиков; json — для сохранения конфигураций и метрик.

На текущем этапе разработки реализованы следующие функции:

- 1) распознавание пятен шихты на стекольной массе по выделенным кадрам видео;
- 2) перспективная коррекция изображения, основанная на шести-точечной гексагональной трансформации для получения вида “сверху” для корректировки оптического искажения;

3) адаптивная обработка откорректированного изображения и сегментация пятен шихты;

4) вычисление площади выделенных пятен шихты в пикселях с разделением по зонам печи (ближняя/средняя/дальняя и левая/правая);

5) построение графика изменения распределения шихты по выделенным зонам с привязкой к кадрам видеопотока.

Введение перспективной коррекции позволяет преобразовать вид с камеры в вид “сверху”, устраняя искажения из-за наклона камеры. Сегментация выполняется с помощью адаптивного порогового преобразования, что особенно важно при неравномерном освещении стекольной ванны. После сегментации на бинарном изображении детектируются контуры пятен шихты, фильтруются по площади (удаление шумов) и рассчитывается суммарная площадь шихты в каждой зоне.

Методы обработки изображения

Обработка каждого кадра выполняется последовательно. Сначала применяется шеститочечная перспективная коррекция с разбиением области на треугольники и расчетом аффинных матриц для выравнивания плоскости ванны. Затем изображение переводится в одноканальное представление и приводится к целевому разрешению. Выполняются гистограммная эквализация и подавление шума фильтром Винера, после чего применяется локальное улучшение контраста (CLAHE). Сегментация шихты производится адаптивным пороговым методом с отдельной обработкой ближней и дальней зон. На финальном этапе выполняются морфологическая обработка для очистки маски, выделение контуров и вычисление площадей по заданным зонам печи.

Перспективная коррекция. Для корректировки оптического искажения и получения вида “сверху” на зеркало стекломассы используется шеститочечная схема перспективной коррекции. В этом подходе шесть контурных точек печи задают форму исходного шестиугольника, после чего область разбивается на треугольники, и для каждого треугольника вычисляется собственное аффинное преобразование. Такой метод позволяет более точно компенсировать перспективные искажения сложной формы и фактически «выпрямляет» наклон камеры. В результате поверхность шихты представляется под стабильным и удобным углом, что упрощает последующий анализ и разбиение изображения на зоны.

Сегментация и определение пятен шихты. После коррекции изображения применяется адаптивное пороговое преобразование для

выделения тёмных пятен шихты на фоне более светлой стекольной массы. Адаптивный порог автоматически рассчитывает значение для каждого пикселя исходя из его окрестности, что обеспечивает устойчивость к неравномерному освещению внутри печи. На бинаризованном изображении находятся замкнутые контуры, которые соответствуют скоплениям шихты. Полученные контуры фильтруются по площади (например, исключаются мелкие шумовые фрагменты) и по форме, после чего выделяются области шихты.

Расчет метрик и построение графика. Для каждой выделенной области шихты вычисляется её площадь. Затем все области распределяются по шести зонам печи: «Левая – ближняя», «Левая – средняя», «Левая – дальняя», «Правая – ближняя», «Правая – средняя», «Правая – дальняя». Границы зон задаются в перспективно откорректированной системе координат. По кадрам видео собирается временной ряд: суммарная площадь шихты в каждой зоне для каждого обработанного кадра. На основе этих данных строится диаграмма распределения шихты по зонам во времени.

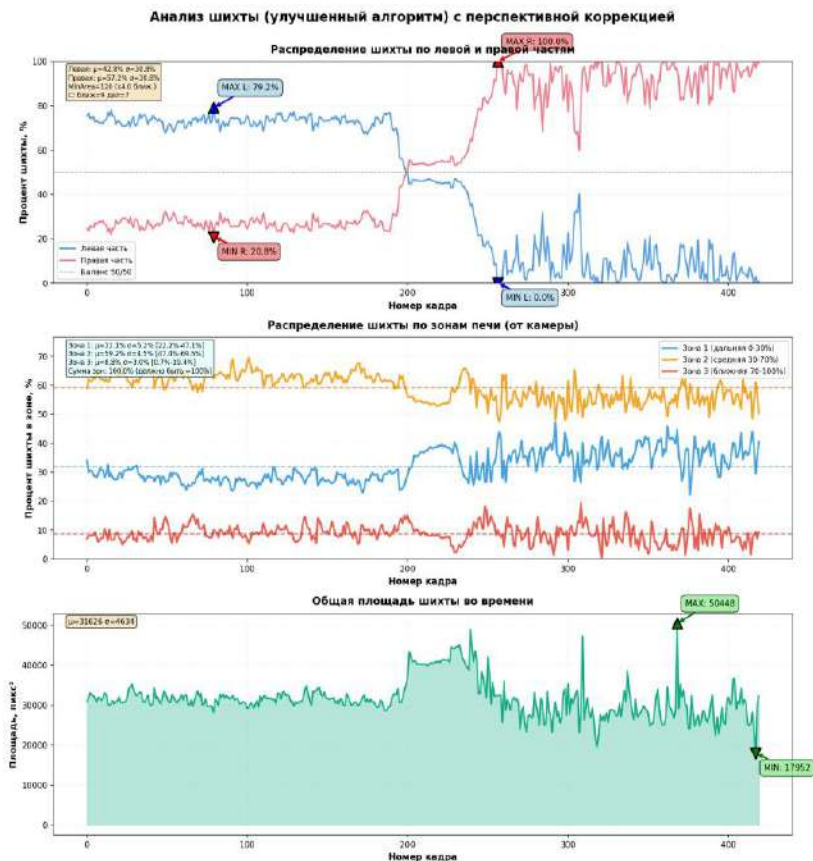


Рис.1. – График распределения шихты по зонам печи

Результаты и точность

Оценка точности выполнена экспериментально: вручную было размечено 20 случайно выбранных кадров, результаты алгоритма сопоставлены с эталонной выполненной вручную разметкой. По этой выборке доля корректных распознаваний составила 85–90%. Некоторая неточность связана с вариативностью фона, а также с низким качеством исходного видео на ряде кадров. Однако, применение адаптивных алгоритмов и очистки (медианный фильтр, морфология) позволяет снижать ложные срабатывания. Графические результаты работы разработанного алгоритма приведены на рисунке 1. Можно наглядно в объективных характеристиках оценить

динамику наблюдаемого процесса: рассчитанные значения площади шихты для каждой зоны иллюстрируют процесс работы печи.

Заключение

Разработанный программный модуль позволяет автоматически оценить динамику процесса и изменение распределения шихты по выделенным зонам с привязкой к кадрам видеопотока, что может повысить оперативность и точность контроля процесса стекловарения. Такой инструмент применим для мониторинга в реальном времени с целью коррекции режима работы печи и повышения качества стекломассы.

Литература:

1. Klemiato M., Rotter P., Skowiniak A. Analysis of batch asymmetry and batch line position for the decision support in the glass melting process //Production Engineering. – 2021. – Т. 15. – №. 5. – С. 725-734.
2. Ryu J., Kwak D. Flame detection using appearance-based pre-processing and convolutional neural network //Applied Sciences. – 2021. – Т. 11. – №. 11. – С. 5138.
3. Garbacz P., Czajka P. Image-Based Monitoring of Glass Melting Process //Conference on Automation. – Cham: Springer International Publishing, 2022. – С. 296-305.
4. Rotter P. Extraction of relevant glass melting parameters based on the pairwise comparisons of sample images from a furnace //Glass Technology-European Journal of Glass Science and Technology Part A. – 2014. – Т. 55. – №. 2. – С. 55-62.

ВЛИЯНИЕ ГЛУБИНЫ НЕЙРОННОЙ СЕТИ НА ТОЧНОСТЬ АППРОКСИМАЦИИ ФУНКЦИЙ

В. М. Захлевный, А. А. Еговцев, А. Д. Зубков
Новосибирский государственный университет
экономики и управления «НИНХ»,
г. Новосибирск, traktorga2@mail.ru
Научный руководитель: Зубков А. Д., ст. преп.

В работе исследуется влияние глубины нейронной сети на точность аппроксимации функций различной сложности. Рассматриваются архитектуры с фиксированной шириной слоев при варьируемой глубине.

Представлены результаты аппроксимации линейной, квадратичной и кубической функций, исследовано влияние глубины сети на показатели ошибки.

The paper investigates how the depth of a neural network affects the accuracy of function approximation. Architectures with constant layer width and varying depth were tested. Results for linear, quadratic, and cubic functions are presented, along with an analysis of depth influence on approximation errors.

Нейронные сети широко применяются для решения задач регрессии, классификации и аппроксимации сложных нелинейных зависимостей. Несмотря на существование универсальной теоремы аппроксимации, согласно которой однослойная сеть с достаточным числом нейронов способна аппроксимировать любую непрерывную функцию, практический вопрос об оптимальном выборе глубины остается открытым [3].

В рамках работы был проведён эксперимент, направленный на оценку влияния глубины сети на точность аппроксимации функций различной сложности. Для исключения влияния посторонних факторов ширина всех скрытых слоёв была зафиксирована на уровне пяти нейронов, а также во всех архитектурах использовались bias-параметры. Рассматривались три архитектуры [1]:

сеть с одним скрытым слоем (1–5–1);

сеть со двумя скрытыми слоями (1–5–5–1);

сеть с тремя скрытыми слоями (1–5–5–5–1).

Для обучения моделей использовалась реализация на базе библиотеки NumPy, функция активации — гиперболический тангенс, шаг обучения — 0.01. Для каждой архитектуры проводилось обучение на 50 точках. В качестве метрик применялись MSE, MAE и максимальная ошибка. Время обучения каждой модели фиксировалось.

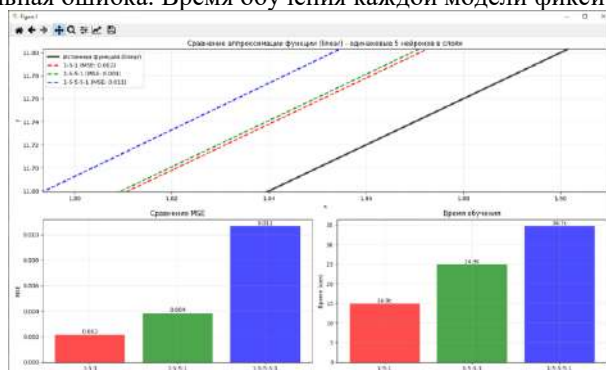


Рис.1 – Аппроксимации линейной функции различными архитектурами нейронных сетей

Для линейной функции

$$y = 2x + 8$$

Все сети показали высокую точность приближения, однако на увеличенных графиках сети большей глубины демонстрировали незначительное ухудшение результата и увеличенное время обучения. Это подтверждает избыточность глубокой архитектуры для простых задач.

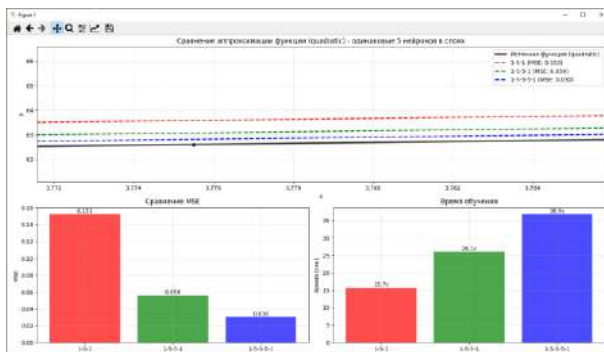


Рис.2 – Аппроксимации квадратичной функции различными архитектурами нейронных сетей

Для квадратичной функции

$$y = 2x^2 + 3x + 5$$

Наблюдалось значительное улучшение аппроксимации при увеличении глубины. Модель 1–5–1 показывала заметные искажения, в то время как архитектуры 1–5–5–1 и 1–5–5–5–1 обеспечивали существенно более точное приближение. Хотя в исследовании использовались сравнительно небольшие модели, и разница во времени их обучения была минимальной, в практических задачах увеличение глубины нейронной сети при работе с крупными наборами данных может приводить к существенному росту вычислительных затрат и значительному увеличению времени обучения [2].

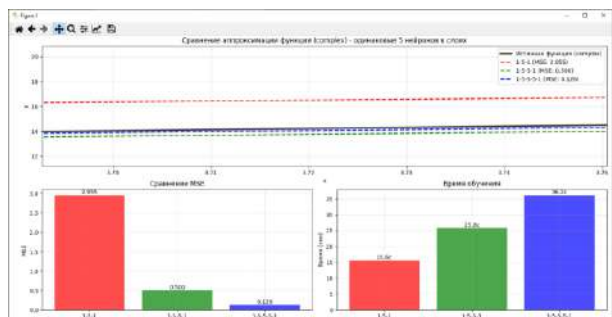


Рис.3 – Аппроксимации кубической функции различными архитектурами нейронных сетей

Для кубической функции

$$y = 0.5x^3 - 3x^2 + 4$$

Влияние глубины оказалось наиболее значимым: сеть 1–5–1 не смогла качественно аппроксимировать сложную S-образную форму, в то время как сеть 1–5–5–5–1 обеспечила минимальные значения ошибок. Но стоит отметить, что время, затраченное на обучение 1–5–5–5–1 сети, превышает время обучения сети 1–5–1 более чем в 2 раза.

Таблица 1 – Сводная таблица результатов аппроксимации

Архитектура	Функция	MSE	MAE	MAX Error	Время (с)
1-5-1	Линейная	0,002	0,038	0,143	14,890
1-5-1	Линейная	0,004	0,051	0,179	24,900
1-5-1	Линейная	0,010	0,087	0,260	34,686
1-5-5-1	Квадратичная	0,152	0,028	0,973	15,727
1-5-5-1	Квадратичная	0,056	0,191	0,554	26,086
1-5-5-1	Квадратичная	0,030	0,137	0,521	36,901
1-5-5-5-1	Кубическая	2,954	1,512	2,983	15,639
1-5-5-5-1	Кубическая	0,500	0,533	3,163	25,845
1-5-5-5-1	Кубическая	0,125	0,258	1,247	36,181

Проведённое исследование показало, что глубина сети существенно влияет на точность аппроксимации нелинейных функций. Для простых зависимостей избыточная глубина не только не улучшает качество, но и приводит к увеличению вычислительных затрат. Для функций повышенной сложности более глубокие архитектуры обеспечивают

заметно лучшие результаты. Результаты могут использоваться при выборе архитектуры нейронной сети для задач регрессии и аппроксимации.

Литература:

1. Галкин В. А., Гавриленко Т. В., Смородинов А. Д. Некоторые аспекты аппроксимации и интерполяции функций искусственными нейронными сетями // Вестник КРАУНЦ. Физ.-мат. науки. 2022. Т. 38. № 1. С. 54-73. DOI: 10.26117/2079- 6641-2022-38-1-54-73 Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. MIT Press, 2016. (дата обращения: 29.10.2025).

2. Беловодский В. Н. Об интерполяции и аппроксимации функций с использованием нейронных сетей // Проблемы искусственного интеллекта. 2024. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ob-interpolyatsii-i-approksimatsii-funktsiy-s-ispolzovaniem-neyronnyh-setey> (дата обращения: 05.11.2025).

3. Агеев В. Н. О применении искусственной нейронной сети для решения задачи аппроксимации нелинейных зависимостей [Электронный ресурс] // Научный вестник МГТУ ГА. 2018. №2. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-primenenii-iskusstvennoy-neyronnoy-seti-dlya-resheniya-zadachi-approksimatsii-nelineynyh-zavisimostey> (дата обращения: 06.11.2025).

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ АППАРАТНОГО УСКОРИТЕЛЯ
ДВОИЧНОГО ТРАНСФОРМЕРНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ
ДЛЯ ВСТРАИВАЕМЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ
НА ПРОГРАММИРУЕМЫХ ЛОГИЧЕСКИХ
ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМАХ**

О. В. Зобов

ООО «Зетмастер», г. Москва

**Научный руководитель: Шахнов В.А., чл.-корр. РАН, д. т. н., проф.,
зав. каф. ИУ4 МГТУ им. Н. Э. Баумана**

Представлена аппаратно-алгоритмическая реализация полностью двоичного BERT-base (W1A1) для краевого инференса на программируемых логических интегральных схемах. Ключевые элементы – многоголовая двоичная матрица внимания с пороговой многопеременной логистической функцией и однобитный умножитель матриц. На выборке GLUE точность сохраняет 98% при 3,5-кратном росте сквозной производительности и 2,2-кратной экономии энергии по сравнению с лучшим открытым ускорителем бинарных

трансформеров. Результаты подтверждают практическую пригодность двоичных трансформерных нейронных сетей на устройствах с энергопотреблением ≤ 5 Вт.

We present a hardware–algorithm co-design of a fully binary BERT-base (W1A1) for edge inference on the Xilinx Zynq UltraScale+ ZCU104 FPGA. The design relies on Shifted Polarized Softmax (SPS) for binary multi-head attention and a 1-bit real binary matrix multiplication engine (RBMM). Experiments on the GLUE benchmark retain 98% of BiT-BERT accuracy while providing a $3.5\times$ end-to-end speed-up and $2.2\times$ energy savings over the best published binary Transformer accelerator. The results demonstrate that binary BERT becomes viable for NLP tasks on devices consuming no more than 5 W.

1. Введение

Трансформерные нейронные сети завоевали широкое применение в обработке естественного языка, однако их вычислительная и энергетическая стоимость затрудняет перенос на краевые устройства. Бинаризация весов и активаций до уровня 1 бита (схема W1A1) устраняет операции умножения с плавающей точкой и теоретически даёт ускорение до 32 раз. На практике узким местом остаётся механизм внимания, базирующийся на многопеременной логистической функции (softmax). В работе предлагается архитектурно-алгоритмический комплекс, включающий:

1) двоичную замену softmax на «сдвинутую поляризованную» функцию SPS;

2) универсальный однобитный умножитель матриц RBMM;

3) оптимальное размещение буферов в память ПЛИС Xilinx ZCU104.

2. Алгоритмическая основа

2.1 Двоичная матрица внимания

Изначальное вещественное скалярное произведение

$$e_{ij} = \frac{q_i \cdot k_j}{\sqrt{d_h}}, q_i, k_j \in \{-1, 1\}^{d_h}, \quad (1)$$

где $d_h = d/h$ – размерность одной головы, заменяется на бинарное значение

$$a_{ij} = SPS(e_{ij}) = \begin{cases} 1, & e_{ij} \geq \lambda_k \\ 0, & e_{ij} < \lambda_k \end{cases} \quad (2)$$

где λ_k – адаптивный порог для k -й головы внимания. Значение λ_k подбирается на 10% выборки минимизацией функции

$$D(\lambda) = \frac{1}{\ell^2} \|A_{soft} - A_{bin}(\lambda)\|_F^2 \quad (3)$$

где ℓ – длина последовательности, $\|\cdot\|_F$ – норма Фробениуса.

2.2. Однобитное умножение матриц

Для векторов $a, b \in \{-1, 0, 1\}^n$ истинное произведение реализуется схемой

$$a \otimes b = 2(popcnt(\bar{a} \oplus b) - n_0) - n, \quad (4)$$

где $\bar{a} \oplus b$ – операция XNOR; $popcnt$ – количество единиц; n_0 – число «нулей-пустышек» в a . Освобождение от знакового бита позволяет хранить веса и активации в тот же 1-битовый формат.

3. Аппаратная реализация на Xilinx ZCU104

3.1. Архитектура

Плата ZCU104 содержит ПЛИС XCZU7EV-FFVC1156-2-е с 600 K LUT, 1 660 K FF и 1 728 блоков DSP48E2. Реализованный модуль включает:

- 32 обработчика RBMM ($N_{[pe]} = 32$), полностью конвейеризованных ($II = 1$);
- LUT-ориентированный счётчик единиц «6:3 компрессор» без привлечения DSP;
- три кольцевых буфера объёмом $\ell \times d$ в BRAM для Q, K, V .

3.2 Ресурсы и энергопотребление

Синтез Vivado 2023.1 (300 МГц) показал использование 42% LUT, 28% FF, 3% DSP и 72% BRAM. Пиковое энергопотребление измерено как 4,8 Вт (питание VCCINT + VCCBRAM).

4. Экспериментальная оценка

4.1 Методика

Обучение двоичного BERT base (12 слоёв, $d = 768$) проводилось на корпусе GLUE; SPS-пороги фиксировались после калибровки. Сравнивалась точность, сквозная производительность (GOPS) и энерго-эффективность (GOPS/Вт) по отношению к:

- а) модели BiT-BERT [6] на GPU RTX 3090;
- б) лучшей опубликованной ПЛИС-версии BAT [5] (W1A2).

4.2. Результаты

Точность: $0,982 \cdot F_{1\{bit\}}$ (среднее по GLUE).

Производительность: 3,6 ТО оп/с – рост $3,5\times$ к BAT и $7,4\times$ к GPU-реализации (с учётом разрядов).

Энергоэффективность: 410 GOPS/Вт – улучшение $2,2\times$ к BAT и $> 280\times$ к GPU.

5. Обсуждение применимости

Полученные цифры означают, что задачи категоризации текста, оценивания тональности и извлечения похожих вопросов могут обрабатываться на автономных устройствах (мобильные шлюзы, промышленные контроллеры) с тепловым бюджетом ≤ 5 Вт. При длине последовательности ≤ 512 токенов задержка полного инференса не превышает 18 мс.

6. Заключение

Благодаря сочетанию SPS и RBMM двоичный BERT реализован на ПЛИС Xilinx ZCU104 без потерь точности, обеспечивая кратный выигрыш по скорости и энергии. Работа демонстрирует, что двоичные трансформеры переходят из разряда исследовательских прототипов в область практических решений для интеллектуальных краевых устройств.

Литература:

1. Martins A. F. T., Astudillo R. F. From Softmax to Sparsemax: A Sparse Model of Attention and Multi-Label Classification // Proc. 33rd Int. Conf. on Machine Learning. – 2016. – P. 1614–1623.
2. Peters M. E., Martins A. F. T., Smith N. A. Sparse Sequence-to-Sequence Models // Trans. ACL. – 2019. – V. 7. – P. 393–408.
3. Zhang Z., Sun Y., Pang H., et al. TernaryBERT: Distillation-Aware Ultra-Low Bit BERT // Proc. AAAI. – 2020. – V. 34, N 5. – P. 9122–9129.
4. Bai N., Fang Y., Shi S., Ren B. BinaryBERT: Pushing the Limit of BERT Quantization. – arXiv:2109.07567, 2021.
5. Qin C., Lin C.-Y., Sun H., et al. BiBERT: Accurate Fully Binarized BERT. – arXiv:2210.03975, 2022.
6. Liu Z., Blalock D., Wen J., Yang H. BiT: Binarized Transformer. – arXiv:2206.13443, 2022.
7. Dao T., Fu T. Y., Ermon S., et al. FlashAttention: Fast and Memory-Efficient Exact Attention with IO-Awareness // Adv. NeurIPS. – 2022. – V. 35. – P. 16438–16453.
8. Kim J., Kim Y.-B. Supervised Domain Enablement Attention for Personalized Domain Classification. – arXiv:1812.07546, 2018.
9. Wiegrefse S., Pinter Y. Attention Is Not Explanation // Proc. EMNLP-IJCNLP. – 2019. – P. 11–20.
10. Serrano S., Smith N.A. Is Attention Interpretable? // Proc. 57th ACL. – 2019. – P. 2931–2951.

СТЕК ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ УЧЁТА СТРОИТЕЛЬНОГО КОНТРОЛЯ

Д. А. Пьянков, Д. Ю. Спиридонова

**Томский государственный университет систем управления
и радиоэлектроники,**

г. Томск, pyankov.danilka13@list.ru

Научный руководитель: Матолыгин А. А., ст. преп. каф. ЭМИС

Данная работа посвящена вопросам цифровизации строительного контроля в нефтегазовой отрасли, где традиционные бумажные методы учета нарушений становятся неэффективными из-за удаленности объектов и сложной логистики. Авторы предлагают решение в виде разработки мобильного приложения на платформе Android, которое позволяет инспекторам оперативно фиксировать дефекты непосредственно на месте их обнаружения, минимизируя временные затраты и риск ошибок. Особое внимание в статье уделено выбору архитектурных решений и стека технологий для реализации локального хранения данных на устройстве.

This paper addresses the digitalization of construction control in the oil and gas industry, where traditional paper-based methods for recording violations are becoming inefficient due to the remoteness of sites and complex logistics. The authors propose a solution involving the development of a mobile application on the Android platform, which allows inspectors to promptly record defects directly at the site of detection, thereby minimizing time costs and the risk of errors. Particular attention is paid to the selection of architectural solutions and the technology stack for implementing local data storage on the device.

В современной экономике, ориентированной на программу «Цифровая экономика Российской Федерации», наблюдается активный процесс внедрения цифровых технологий в хозяйственно-экономическую деятельность субъектов экономики. Одной из ключевых тенденций становится поэтапная трансформация традиционного документооборота посредством перехода на цифровые технологии [1]. Использование электронных форматов хранения и обработки документов обладает значительными преимуществами, такими как повышение эффективности поиска необходимой информации, оптимизация расходов на хранение больших объемов данных, значительное упрощение процессов передачи данных внутри организаций и между ними.

Примером сектора, где компании сталкиваются с трудностями с цифровизацией документооборота выступает строительство нефтегазовых комплексов, где оно отличается высокими затратами и

высоким уровнем риска, связанным с возможностью временных задержек и перерасхода ресурсов. Поэтому важным аспектом выступает фиксация возможных отклонений и нарушений на каждом этапе строительства. Так как архивирование и обработка основной массы документов осуществляется централизованно, тогда как инспекторские службы действуют непосредственно на удаленных объектах, возникают значительные препятствия, вызванные ограниченным доступом к средствам коммуникации, препятствующим оперативной передаче актуальной информации. Предложенное технологическое решение предусматривает применение мобильных устройств сотрудниками контрольных органов, обеспечивающих мгновенную регистрацию обнаруживаемых дефектов непосредственно на территории стройплощадок.

Аппаратной платформой для построения предлагаемой информационной системы выступают мобильные устройства в связи с их распространённостью и соответствием вышеуказанным требованиям [2], предпочтительно работающие на операционной системе Android. Такой выбор обоснован широкой распространённостью смартфонов с указанной ОС, что повышает доступность решения и открывает возможность интеграции личного оборудования сотрудников, снижая издержки на внедрение инновационных решений.

Архитектура приложения строится на взаимодействии с централизованной информационной системой, специально созданной под особенности предприятия. Мобильное приложение выступает в роли инструмента для инспекторов, обеспечивая полную совместимость с архитектурой основной системы. Программное ядро реализует специальные структуры данных («сущности») для хранения сведений о нарушениях в локальной базе данных устройства перед их отправкой в центральную систему. Для снижения количества ошибок ввода в интерфейсе пользователя применяются выпадающие списки вместо ручного набора часто повторяющихся данных.

Ключевым элементом технологического стека является реализация локального хранения данных. К базе данных предъявляются требования обеспечения целостности, безопасности информации и высокой производительности операций добавления и поиска. В ходе анализа технологий было установлено, что прямое использование стандартной для Android встроенной базы данных SQLite имеет ряд недостатков. К ним относятся необходимость написания большого объема шаблонного кода, высокий риск синтаксических ошибок и уязвимость к SQL-инъекциям.

Для решения проблем хранения данных выбрана технология ORM (Object-Relational Mapping), создающая промежуточный слой между базой данных и объектно-ориентированным кодом. Это позволяет взаимодействовать с данными на уровне объектной модели, исключая необходимость прямого написания SQL-запросов. В качестве конкретной библиотеки для реализации выбрана Sugar ORM.

Выбор Sugar ORM обоснован высокой скоростью прототипирования и минимальными требованиями к конфигурации: для начала работы достаточно наследовать класс модели от SugarRecord и добавить одну строку в манифест приложения. Данная библиотека позволяет выполнять основные CRUD-операции (сохранение, обновление, выборку, удаление), используя интуитивно понятный синтаксис, что критически важно для создания MVP и быстрой проверки гипотез. Кроме того, использование ORM повышает читаемость кода и уровень безопасности приложения.

Несмотря на то, что технология ORM может уступать в производительности оптимизированным вручную SQL-запросам в особо сложных сценариях, для задач строительного контроля её преимущества перевешивают недостатки. Использование выбранного стека технологий (Android + Sugar ORM) позволяет значительно ускорить процесс разработки, минимизировать количество ошибок и обеспечить создание надежного инструмента для оперативного управления качеством строительства.

Разработано мобильное приложение для оперативного мониторинга состояния строительной площадки, функционирующее на платформе Android. Приложение поддерживает беспроводной обмен данными с центральной информационной системой, обеспечивая быструю отправку отчетов и фотографий зафиксированных нарушений. Благодаря этому достигается сокращение сроков реагирования на отклонения от нормативных требований и повышение общей управляемости процессом строительства.

Литература:

1. Постановление Правительства РФ от 2 марта 2019 г. N 234 «О системе управления реализацией национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» (с изменениями и дополнениями от 1 августа 2024 г.).
2. Статистические таблицы 2020 г.: сайт Федеральной службы государственной статистики [Электронный ресурс]. - URL: https://rosstat.gov.ru/free_doc/new_site/business/it/ikt20/Статистические%20таблицы%202020%20г.html (дата обращения: 14.11.2025).

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ TEMPLATE MATCHING И ИХ ИНТЕГРАЦИИ С СОВРЕМЕННЫМИ АЛГОРИТМАМИ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ И РАСПОЗНАВАНИЯ ОБЪЕКТОВ

А. А. Любимый

Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, a.lyubolov@mail.ru

Научный руководитель: Алетдинова А. А., д.э.н, доцент

В данной статье рассматриваются теоретические основы сопоставления с шаблоном (Template Matching, далее ТМ) и пути улучшения его устойчивости к некачественным изображениям за счёт предобработки, пирамидальных стратегий, контурных представлений и интеграции с обучаемыми сопоставителями. Обсуждаются методы NCC/SQDIFF/CCOEFF, фазовая корреляция и лог-полярные преобразования. Сформулированы рекомендации по гибридным схемам ТМ с учётом ограничений по латентности и вычислительным ресурсам.

This article examines the theoretical foundations of template matching (TM) and ways to improve its robustness to low-quality images through preprocessing, pyramid strategies, edge representations, and integration with trainable matchers. The methods NCC/SQDIFF/CCOEFF, phase correlation, and log-polar transformations are discussed. Recommendations for hybrid TM schemes are formulated, taking into account latency and computational resource constraints.

Введение

Одним из подходов к решению задачи точного обнаружения и распознавания объектов на изображениях является метод сопоставления с шаблоном (Template Matching, ТМ), который сохраняет высокую актуальность в таких областях, как промышленная автоматизация, системы видеонаблюдения, робототехника и другие. Метод ТМ можно объяснить как процедуру поиска координаты заданного образца – шаблона, на данном изображении используя методы оптимизации мер сходства в скользящем окне. Однако, классический ТМ имеет ряд недостатков и ограничений – высокая чувствительность к изменениям освещённости, масштаба, поворота и окклюзии объекта. Цель данного исследования – анализ методов повышения устойчивости ТМ, используя предобработку и интеграцию с современными алгоритмами компьютерного зрения для дальнейшего создания и изучения эффективных гибридных конверторов.

Основные проблемы метода сопоставления с шаблоном и способы его улучшения

На практике существуют методы, которые играют важную роль для частичной компенсации аддитивности и мультипликативных фотометрических искажений, такие как нормализованная кросс-корреляция (Normalized Cross-Correlation, NCC), её zero-mean вариант (ZNCC) и центрированная корреляция (CCOEFF). Для ускорения этих методов часто используют преобразования Фурье (FFT), но чувствительность ТМ к изменениям условий, требует перехода к более сложным методам и гибридным конвейерам [1, 2, 3].

Для повышения фотометрической устойчивости используют различные метрики и метод предобработки. Нормализованная кросс-корреляция эффективно снижает аддитивный сдвиг яркости и контраста. Также для выравнивания освещенности и подавления бликов широко используют такие техники, как выравнивание гистограмм, использование ретинекс-фильтров, сглаживание и переход в цветовые пространства, которые менее зависимы от освещения (LAB, HSV). Для снижения зависимости от яркости и цвета при сопоставлении изображения с бинарной маской (кросс-модальные данные), эффективным решением будет использовать контуризацию (edge-translation) – переход в формо-центричную модель. На слаботекстурных сценах уместны дистанционно-трансформные методы такие, как Chamfer Matching, ориентированные и обучаемые варианты, использующие карты расстояний до границ и ориентационную информацию, что снижает ложные совпадения и повышает устойчивость к небольшой окклюзии [4, 5].

Если при работе с ТМ есть сдвиг шаблона, то он наиболее точно восстанавливается при помощи фазовой корреляции (Phase-Only Correlation, POC), которая помогает в обеспечении субпиксельной точности локализации. Для уменьшения влияния масштаба и поворота применяются пирамидальные стратегии с дискретизацией угла и лог-полярные преобразования в связке с другими методами, где размер и угол сводятся к сдвигам в пространстве.

Для повышения скорости работы ТМ применяются интегральные изображения, что ускоряет вычисление признаков, и методы раннего отсеивания неперспективных областей поиска, благодаря строгим верхним и нижним границам [6, 7].

Одним из лучших вариантов для уменьшения ограничений работы с ТМ является его интеграция с алгоритмами SIFT, SURF и ORB, которые способны обеспечить устойчивое начальное приближение, резко сужая окно поиска, после чего локально сопоставляет с шаблоном и дает точную позицию объекта [8, 3].

Сравнительный анализ методов и методология выбора алгоритмов Template Matching

Проведённый обзор методов сопоставления с шаблоном показывает, что их разумно сравнивать по четырём ключевым критериям: фотометрическая устойчивость, инвариантность к геометрическим преобразованиям, устойчивость к окклюзии и вычислительная эффективность. Такое сравнение поможет выстроить понятную практическую методику выбора под конкретные условия задачи.

Оптимальный выбор стоит делать по двухэтапной схеме. Сначала оцениваем характеристики сцены – освещённость, диапазон масштабов и поворотов, вероятность окклюзии. Далее под эти условия подбираем подходящий алгоритм или их сочетание из рассмотренных выше. Такой системный подход снимает главный практический недостаток ТМ – перебор по пространству и позволяет держать баланс между точностью, устойчивостью и вычислительной эффективностью в реальных условиях.

Выводы

Приведенный обзор позволяет провести сравнительный анализ методов ТМ по критериям, которые приведены выше. Классическими корреляционные меры оптимальны для сцен с минимальными изменениями условий и высокими требованиями к задержке. Фазовая корреляция крайне важна для точного определения сдвига. Компенсация масштаба и поворота сцен происходит благодаря лог-полярного преобразования и преобразования Фурье, которые требуют больших вычислительных мощностей. В условиях плохой и нестабильной освещенности или при работе с разномодальными данными лучше использовать формо-центрические методы. В более сложных сценах с вариантами масштаба, поворота и частичными перекрытиями наиболее применяемым будет гибридный способ, который содержит в себе грубую оценку сдвигов и точное уточнение средствами ТМ.

Литература:

1. Brunelli R. Template Matching Techniques in Computer Vision: Theory and Practice. – Hoboken: John Wiley & Sons, 2009. – 352 p.
2. Tsai D.-M., Lin C.-T. Fast Normalized Cross Correlation for Defect Detection // Pattern Recognition Letters. – 2003. – Vol. 24, No. 15. – 2625 p.
3. Ma J., Jiang X., Fan A., Jiang J., Yan J. Image Matching from Handcrafted to Deep Features: A Survey // International Journal of Computer Vision. – 2021. – Vol. 129, No. 1. – 57 p.

4. Lewis J. P. Fast Normalized Cross-Correlation // Vision Interface. – 1995. – 7 p.
5. Reddy B. S., Chatterji B. N. An FFT-Based Technique for Translation, Rotation, and Scale-Invariant Image Registration // IEEE Transactions on Image Processing. – 1996. – 1266 p.
6. Szeliski R. Computer Vision: Algorithms and Applications. – London: Springer, 2010. – 812 p.
7. Gao Z., Yi R., Qin Z., Ye Y., Zhu C., Xu K. Learning Accurate Template Matching with Differentiable Coarse-to-Fine Correspondence Refinement // Computational Visual Media. – 2024. – Vol. 10, No. 2. – 309 p.
8. Liu M.-Y., Tuzel O., Veeraraghavan A., Chellappa R. Fast Directional Chamfer Matching // Proc. IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). – 2010. – 10 p.

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОБНАРУЖЕНИЯ ВРЕДОНОСНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ В БАЗАХ ДАННЫХ

М. С. Дьячкова, И. В. Нечта

**Сибирский государственный университет телекоммуникаций
и информатики,**

г. Новосибирск, dyach_m@mail.ru

Научный руководитель: Нечта И. В., д.т.н., профессор

В работе предложен метод обнаружения вмешательства в записи базы данных с минимальным числом дополнительных хранимых значений. Рассмотрена возможность отслеживания несанкционированных операций обновления, удаления и вставки записей.

The paper proposes a method for detecting tampering with database records while minimizing the number of additional stored values. The possibility of tracking unauthorized update, deletion, and insertion operations is explored.

Введение. Одной из современных областей, требующих разработки и применения различных методов защиты конфиденциальных данных, являются реляционные базы данных [1]. В базах данных возможны два вида атак – внутренние и внешние [2]. В данной работе рассматриваются методы защиты от внутренних атак, которые относятся к злонамеренному и незаконному вмешательству в базы данных авторизованными пользователями или даже администраторами. Внутренние атаки производятся посредством изменения содержимого файлов базы данных и СУБД не способна контролировать такие

изменения. В работе предлагается новый метод для отслеживания изменений, внесенных злоумышленником в физические файлы базы.

Обзор существующих методов. Наиболее простым из современных методов обнаружения несанкционированных изменений записей БД является сравнение хеш-значений строки (рассчитанных, например, с помощью SHA256 [3]) до ее изменения и после [4], [5]. Если с записью базы не производилось зафиксированных действий, а новое рассчитанное значение хеша отличается от сохраненного изначально, то запись была подвержена вмешательству. Такой метод обладает очень большой избыточностью, так как для n записей необходимо хранить еще столько же дополнительных значений хеша, причем независимо от того, сохраняются ли эти значения в самой базе или в другом месте, например, в блокчейне [2]. Кроме того, возможен метод сравнения индексных таблиц базы [6], где несоответствие значений в индексной и исходной таблице указывают на вмешательство. В таком методе не хранится много дополнительной информации, однако он требует создания масштабного и алгоритмически сложного ПО, включающего инструмент для вырезания страниц памяти, в которых хранятся индексы.

Описание предлагаемого метода. Основной идеей является создание простого решения для контроля изменений и отказ от хранения хеш-значений каждой записи. Вместо этого предлагается сохранять несколько дополнительных значений, изменение которых будет указывать на факт вмешательства. Пусть имеется некоторая база данных, состоящая из n записей. Для расчетов выбрано $n \leq 1024 * 1024 = 1048576$, но метод может использоваться и для базы другого размера.

От каждой записи вычисляется хеш-значение по формуле:

$$hash(a_i) = SHA_{512}(i + a_{i1} + a_{i2} + \dots + a_{il} + k), \quad (1)$$

где SHA_{512} – алгоритм расчета хеша, i – порядковый номер записи,

$i = \overline{1, 1024 * 1024}$, l – количество полей в записи, ‘+’ – символ конкатенации, k – некоторое случайное секретное число, $0 < k < 2^{64}$.

Несмотря на то, что, есть необходимость единоразово рассчитать хеш-значения для каждой строки, последующее их хранение не требуется, и они применяются только для вычисления дополнительных значений. Хранятся только три дополнительных вычисляемых записи $\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3$. Их длина совпадает с длиной хеш-значений строк и равна 64

байта. Каждый байт Δ представляет собой сумму байтов хеш-значений из определенной группы записей по модулю 256. Для $\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3$ эти группы суммируемых записей различны, однако их размер одинаков и равен $h = \frac{n}{64} = 16384$.

Принцип формирования записи Δ_1 приведен на рисунке 1:

Номер записи (хеш-значения)	Байт 1	Байт 2	...	Байт 64
1	202	100	...	303
...	...	...	...	...
16384	128	56	...	200
16385	19	170	...	80
...	...	...	...	...
32768	49	56	...	43
...	...	...	...	...
1032192	34	120	...	39
...	...	...	...	...
1048576	158	190	...	245
Δ_1	$\sum_{i=1}^h hash(a_i)_1$	$\sum_{i=h+1}^{2*h} hash(a_i)_2$	...	$\sum_{i=63*h+1}^n hash(a_i)_{64}$

Рис. 1 – принцип формирования байтов дополнительной записи Δ_1

Первый байт дополнительной записи представляет собой сумму первых байтов хеш-значений строк от 1 до h, второй байт – сумму вторых байтов хеш-значений строк от h+1 до 2*h – и так далее. Дополнительные значения Δ_2, Δ_3 формируются схожим образом. Отличие составляют группы строк, влияющих на каждый байт записи. Обозначим $h_2 = \frac{h}{64} = \frac{n}{64*64} = 256$ и $h_3 = \frac{h_2}{64} = \frac{n}{64*64*64} = 4$. На каждый байт Δ_2 влияют хеш-значения строк из 64 групп по h_2 строк в каждой, на каждый байт Δ_3 – 4096 групп по h_3 строк. На рисунке 2 показано, какие строки составляют сумму для каждого байта $\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3$ на примере первых $h_1 = 16384$ строк:

Номер записи (хеш-значения)	Байт 1	Байт 2	...	Байт 64	Байт 1	Байт 2	...	Байт 64	Байт 1	Байт 2	...	Байт 64
1-4	■				■				■			
5-8	■				■					■		
...	■				■						■	
253-256	■				■							■
257-260	■				■				■			
261-264	■				■					■		
...	■				■						■	
509-512	■				■							■
...	■	...			■		...					■
16128-16132	■							■	■			
16133-16136	■							■		■		
...	■							■			■	
16381-16384	■							■				■
		■										
			...									
				■								
Δ_1												
Δ_2												
Δ_3												

Рис. 2 – принцип формирования байтов записей Δ_1 , Δ_2 , Δ_3

Проверка факта вмешательства. Для необходимости проверить, были ли совершены какие-либо изменения в базе данных, необходимо заново пересчитать $\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3$ и сравнить их с хранимыми. Любые изменения значений записей базы гарантированно внесут изменения в каждую из дополнительных записей Δ .

Пусть изменена запись 5. Гарантированно изменится первый байт записи Δ_1 , первый байт Δ_2 и второй байт Δ_3 , что показано на рисунке 3. Такие изменения в дополнительных записях однозначно указывают, что была изменена какая-либо из записей с номерами 5,6,7 или 8. То

есть при изменении одной записи метод позволяет установить место вторжения с точностью до группы из четырех записей. Метод позволяет локализовать место вмешательства с высокой точностью, а каждую из подозреваемых записей затем следует отдельно проверить на факт подмены вручную. В реальных базах, например, финансовых, имеются бумажные дублирующие записи.

Номер записи (хеш-значения)	Байт 1	Байт 2	...	Байт 64	Байт 1	Байт 2	...	Байт 64	Байт 1	Байт 2	...	Байт 64
...												
Запись 5	X	X	...	X	X	X	...	X	X	X	X	X
...											...	
Δ_1	X		...									
Δ_2					X		...					
Δ_3										X	...	

Рис. 3 – влияние измененной записи на значения байтов $\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3$

Если же изменения произошли более, чем в одной строке, то также можно найти некоторую подозреваемую группу записей размером не более $4 * m^2$, где m – число измененных записей, $m \ll n$. Вероятность того, что сумма каких-либо байтов двух измененных записи будет равна их же сумме до изменения, очень мала (0.4%), то есть любые изменения одной или нескольких записей будут заметны в $\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3$.

Заключение. Описанный метод позволяет обнаружить факт изменения записи базы данных и локализовать место вмешательства. Метод также применим для отслеживания удаления и вставки записей: вставка обрабатывается как изменение ранее «пустой» записи, а удаление – как появление «пустой» записи. Метод прост в реализации и требует хранения только трех дополнительных записей длиной 64 байт каждая.

Литература:

1. Mehta B., Aswar H. D. Watermarking for security in database: A review // Conference on IT in Business, Industry and Government, CSIBIG 2014: Conference proceeding. – Indore, 2014. – P. 1-6.
2. TDRB: An Efficient Tamper-Proof Detection Middleware for Relational Database Based on Blockchain Technology / J. Lian, S. Wang, Y.

Xie // IEEE Access. – 2021. – Vol. 9 – P. 66707-66722. – doi: 10.1109/ACCESS.2021.3076235.

3. Dobraunig C., Eichlseder M., Mendel F. Analysis of SHA-512/224 and SHA-512/256 // Advances in Cryptology, ASIACRYPT: Conference proceeding. – Berlin, 2015. – P. 612–630.

4. Lin J., Huang Q. S. Method of Data Tamper Detection by Using Improved MD5 Algorithm (In Chinese) // Computer Engineering & Applications. – 2008. – Vol. 44, N 33. – P. 148-150.

5. Approach of Tamper Detection for Sensitive Data based on Negotiable Hash Algorithm / J. Lin, C. Mi, Y. Shi // Int J Performability Eng. – 2017. – Vol 13, N 5. – P. 711 -720. – doi: 10.23940/ijpe.17.05.p14.711720

6. Wagner J., Rasin A., Malik T., Heart K., Furst J., Grier J. Detecting Database File Tampering through Page Carving // 21st International Conference on Extending Database Technology, EDBT 2018: Conference proceeding. – Vienna, 2018. – P. 121-131.

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ И СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПОЛА ЦЫПЛЯТ

С. С. Семенова

**Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, sophiasemenova28@gmail.com**

Научный руководитель: Яковина И. Н., к.т.н., доцент

В статье рассматривается прототип разработанной информационной системы с веб-интерфейсом, обеспечивающей автоматизированный анализ изображений яиц птиц. Разработанная система направлена на упрощение и ускорение проведения экспериментов, а также на обеспечение точности и воспроизводимости результатов.

This article discusses a prototype of a developed information system with a web interface that enables automated analysis of bird egg images. The developed system is designed to simplify and accelerate experiments, as well as ensure the accuracy and reproducibility of results.

Современное птицеводство требует точной, быстрой и качественной оценки инкубационных яиц. Традиционные методы визуальной и ручной оценки уступают место автоматизированным системам, обеспечивающим высокую производительность и надежность [1]. Автоматизация оценки формы, размера, цвета и поверхности яиц становится всё более актуальной как в промышленности, так и в научных исследованиях, связанных с селекцией и биомониторингом [2]. Разработанный прототип информационной системы с веб-интерфейсом

позволяет автоматизировать анализ изображений яиц с помощью разработанных алгоритмов. Эта система упрощает и ускоряет проведение экспериментов, повышая их точность и воспроизводимость. Решение ориентировано на научные и промышленные применения, требующие надежности, удобства и интеграции с этапами исследований.

В качестве исходных данных использовались яйца Hisex White. На разных стадиях инкубации получались изображения яиц с помощью разработанной установки (рис. 1 а)). [9] [10] [11]. После инкубации определяли пол цыпленка. Для анализа формы использовались два метода - метод поперечных сечений (Метод 1) и метод радиус-векторов (Метод 2). На рисунке 2 приведено графическое представление разработанных алгоритмов расчета геометрических свойств. Для повышения контрастности изображений применялась обработка через HSV-фильтр.

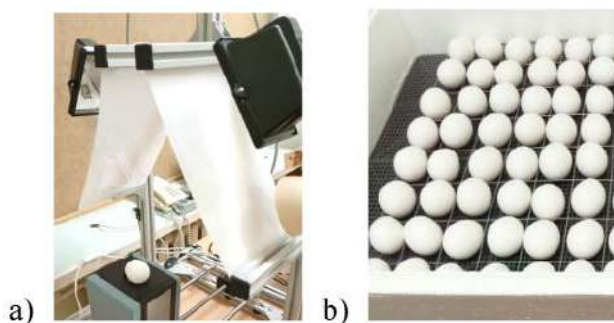


Рис.1 – Автоматизируемый проект реализуется в Сибирском федеральном научном центре агробιοтехнологий РАН

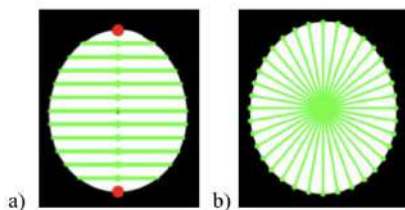


Рис.2 – Графическое представление разработанных алгоритмов расчета геометрических свойств: а) Метод 1, б) Метод 2.

Разработанная веб-система для анализа изображений яиц обеспечивает доступность на всех устройствах без дополнительного

ПО, многопользовательский режим и централизованное хранилище. Для обработки изображений использована библиотека OpenCV. В базе данных применена PostgreSQL с ORM SQLAlchemy для удобного взаимодействия. Система — веб-приложение с клиент-серверной архитектурой, состоящее из трёх уровней: пользовательский интерфейс, серверная логика и база данных. Архитектура приложения приведена на рисунке 3.

В системе есть две основные роли: пользователь и администратор. Пользовательский интерфейс состоит из девяти окон. Первое окно предназначено для авторизации пользователя. Второе окно является главным меню и позволяет перейти в различные функциональные окна (Рис. 4а).

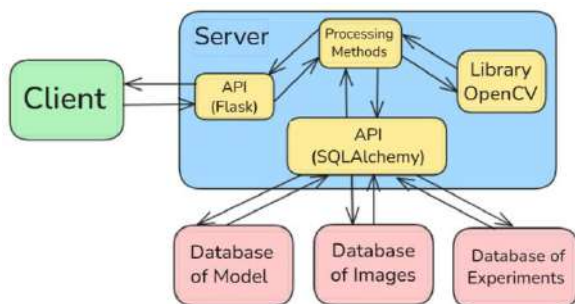


Рис.3 – Архитектура приложения

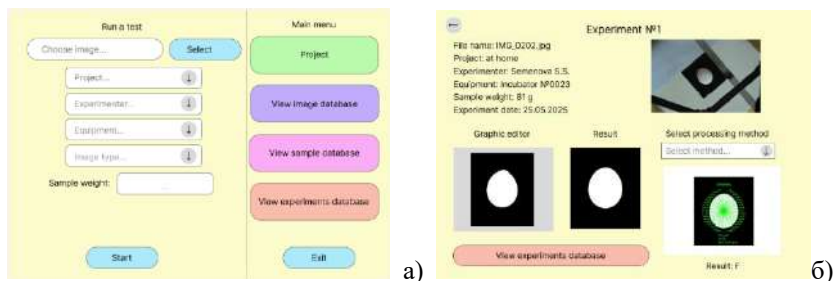


Рис.4 – Окна приложения: а) главное окно, б) эксперименты.

Основные пользовательские функции составляют: загрузка изображений яиц через веб-интерфейс, автоматизированная обработка изображений с использованием алгоритмов компьютерного зрения, выбор и анализ геометрических характеристик, визуализация обработки, ручная коррекция изображений во встроенном графическом редакторе, сохранение результатов в базе данных, управление проектами, группировка данных по образцам и экспериментам, поиск,

фильтрация и просмотр результатов экспериментов, импорт и экспорт результатов экспериментов.

Разработанная система автоматизированного анализа изображений инкубируемых яиц использует инструменты компьютерного зрения, обработки изображений и пользовательский интерфейс. Она включает предварительную обработку, извлечение признаков, хранение данных и расчет характеристик, обеспечивая полный цикл от загрузки изображения до интерпретации результатов. Эта система способствует развитию неинвазивных методов анализа яиц и потенциалу автоматизированной сортировки, показывая, что простые методы анализа формы могут решать сложные задачи в агропромышленности при ограниченных ресурсах и высоких требованиях.

Литература:

1. Ширманова Г. С., Воронина Н. А., Трофимов А. Ю. «Применение интеллектуальных систем технического зрения в птицеводстве», «Использование интеллектуальных систем технического зрения в птицеводстве» // Аграрная наука Евро-Северо-Востока, № 1 (90), с. 120–128, 2024.

2. Toksoz C., Albayrak M., Yasar H. Определение пола куриных яиц с использованием процесса интеллектуального анализа данных // Fresenius Environ. Bull., т. 30, № 2, с. 1373–1381, 2021.

3. Алейников А. Ф., Алейников И. В., Осипенко А. Ф., Чешкова Е. С., Смирнов И. В. Возможности метода спектрометрии при определении пола эмбрионов инкубационных яиц // Достижения науки и техники АПК, № 3, с. 57–62, 2023.

4. Алейников А. Ф., Яковина И. Н., Осипенко И. В. Снижение воздействия на окружающую среду в инкубаториях за счет нового подхода к определению пола яиц птиц // E3S Web of Conferences, т. 417, 2023, с. 02002.

5. Алейников А. Ф., Осипенко И. В. Информационная технология отбора яиц птицы перед инкубацией по половому признаку // E3S Web of Conferences, т. 390, AGRITECH–8, 2023, с. 03005. DOI: 10.1051/e3sconf/202339003005.

СИСТЕМА ЗАЩИТЫ АВТОРСКИХ ПРАВ ДЛЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ВЕБ-ПЛАТФОРМАХ: АРХИТЕКТУРЫ, МЕХАНИЗМЫ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ

Е. П. Яковлев

Новосибирский государственный технический университет,

г. Новосибирск, хаеiiika@bk.ru

Научный руководитель: Курчеева Г. И., к.э.н., доцент

В статье обосновывается актуальность разработки универсальной DRM-системы для веб-изображений с использованием многоуровневых архитектур (шифрование + водяной знак + стеганографическая маркировка) и проводится обзор современных подходов. Показана необходимость такого исследования: помимо классической защиты контента важно встраивать скрытые метки для отслеживания несанкционированного распространения. Представленные аргументы основываются на анализе авторитетных публикаций в области защиты изображений и контента на веб-платформах

This paper argues for the necessity of developing a universal DRM framework for web images based on multi-layer architectures (encryption + watermarking + steganographic marking) and provides a survey of contemporary methods. We demonstrate the importance of such research: beyond conventional content protection, embedding covert markers is essential for tracing and attributing unauthorized distribution. The arguments presented are grounded in an analysis of authoritative publications on image and content protection for web platforms.

Введение

Цифровые изображения в интернете широко используются в электронном бизнесе, медиа и социальной сети, при этом они легко скачиваются и тиражируются без разрешения правообладателя [0]. Такая ситуация приводит к массовым нарушениям авторских прав и значительным экономическим потерям, поэтому, как подчеркивают исследователи, создание надёжной DRM-системы (Управление цифровыми правами) для управления правами на изображения стало критически важным [2]. Стандартные технологии защиты (шифрование, метаданные, простые водяные знаки) часто недостаточны: например, традиционные цифровые водяные знаки легко устраняются или искажаются при агрессивной обработке изображения [4]. В веб-среде ситуация осложняется отсутствием единых стандартов DRM для изображений – в то время как для аудио/видео применяется W3C EME (Международная организация, разрабатывающая стандарты для веб) и коммерческие платформы (Widevine, PlayReady, FairPlay) [7], аналогичные механизмы для картинок на веб-страницах не разработаны. Как отмечается в литературе, большинство существующих решений

ориентировано на локальные файлы или потоковое видео, тогда как веб-изображения остаются «слабо защищенными». В частности, для веб-изображений некорректно работает подход «шифровать и стримить», а попытки блокировать простые действия пользователя (правый клик, горячая клавиша PrintScreen) легко обходятся. Следовательно, требуется исследование архитектур DRM, специально заточенных под онлайн-изображения, включая не только шифрование и водяные знаки, но и методы распределенного хранения ключей и скрытой маркировки.

Обзор литературы

В литературе по защите мультимедийного контента цифровое водяное клеймо и стеганография (методы сокрытия сообщения/маркировки внутри носителя) рассматриваются как основные подходы к встраиванию скрытой информации. Как отмечают Luo [4], «в цифровую эпоху защита авторства и целостности изображений стала критически важной задачей», для которой и была предложена технология цифрового водяного клейма. По их словам, «в отличие от стеганографии, ядро технологии водяного клейма состоит в предоставлении технической поддержки для защиты авторских прав, аутентификации контента и верификации его целостности». Это означает, что водяные знаки специально создаются для доказательства авторства изображения, тогда как стеганография обычно ориентирована на сокрытие самого факта передачи информации. В то же время стеганографические (невидимая метка, встроенная в изображение) методы позволяют персонализировать изображение (например, проставить уникальный невидимый «отпечаток» для каждого пользователя), что важно для форензной маркировки и выявления утечек.

В последние годы активизировался интерес к интеграции современных технологий в DRM-системы для изображений. Например, Yun [0] описали систему DRPChain, основанную на блокчейн-консенсусе и «криптохешировании» (использование криптографических хэш-функций для получения короткого «отпечатка» данных) изображений: их алгоритм устойчив к обрезке и другим трансформациям, обеспечивая успешность 85% извлечения скрытого водяного знака (что на 10% выше, чем у базовой схемы). Кроме того, они предложили новый протокол консенсуса (K-Raft), оптимизированный для управляемого масштабирования и высокой пропускной способности системы защиты контента. Подобные работы демонстрируют возможности использования распределенного реестра для регистрации прав и верификации оригинальности изображений. Xu

et al [2]. предложили подход, комбинирующий перцептуальные хэш-функции, блокчейн и глубокое обучение для регистрации и проверки подлинности изображений. Они отмечают, что в условиях современных сетей традиционные методы (например, MD5/ SHA) плохо работают из-за незначительных искажений изображений, и поэтому предлагают улучшенные перцептуальные хеши и модель оригинальности на основе нейросети. Оба этих исследования подчеркивают актуальность гибридных архитектур DRM с распределенным хранением и интеллектуальным распознаванием атак.

Стоит также упомянуть новые направления: на стыке защиты авторства и ИИ возникла концепция создания «необучаемых» изображений. Wang [3] предлагают добавлять специально рассчитанные шумы искажения, чтобы обученные на таких изображениях модели машинного обучения не могли извлечь из них полезную информацию. Эта работа объясняет растущую озабоченность по поводу «утечки» изображений в публичные датасеты и необходимости охраны интеллектуальной собственности против «нежелательного обучения» искусственного интеллекта. Такой подход пока на стадии научного исследования, но он указывает на новую грань проблемы: интернет-контент может быть защищен математической гарантирующей схемой, что расширяет инструментарий помимо обычной DRM.

Таким образом, обзоры литературы показывают, что традиционные методы (одномерные водяные знаки, шифрование) уже не удовлетворяют современным требованиям. Авторы последних лет фокусируются на гибридных архитектурах: они включают перцептуальное хеширование и глубинные модели, механизмы блокчейна, а также комбинированное применение водяных знаков и стеганографии. Эти работы подтверждают, что задача защиты веб-изображений находится на острие современных исследований в области мультимедиа-безопасности.

Цели, гипотеза и план исследования

Цель исследования: разработать универсальную архитектуру DRM для веб-изображений, объединяющую шифрование, устойчивые водяные знаки и стеганографическую маркировку, а также оценить её эффективность. Предполагается учитывать особенности веб-среды (работа в браузере, защита от перехвата сетевого трафика, контроль доступа).

Гипотеза: интеграция стеганографических меток в DRM позволит не только затруднить несанкционированный просмотр (через шифрование и управление лицензиями), но и выявлять тех, кто распространяет

копии. При этом использование адаптивных алгоритмов (например, с глубоким обучением для внедрения знаков) сохраняет качество изображений на приемлемом уровне. Полагаю, что такой комплексный подход обеспечит более высокую надежность и отслеживаемость утечек, чем существующие решения, ориентированные только на видео или локальные файлы.

План исследования:

1. Анализ и формализация требований к DRM-системе для веб-изображений (учет браузерных ограничений, кроссплатформенности, возможных атак).

2. Проектирование архитектуры системы: выбор методов шифрования контента (например, стандартные криптосистемы), разработка схемы внедрения цифровых водяных знаков с высокой устойчивостью к трансформациям, а также формализация стеганографического протокола для внедрения скрытых идентификаторов.

3. Реализация прототипа и экспериментальная оценка: внедрение заглушки DRM в веб-приложение или симуляторах, измерение производительности (задержка декодирования, нагрузка CPU/GPU) и надежности защиты (успешность извлечения маркеров после различных атак).

4. Сравнительный анализ: сопоставление предложенной схемы с существующими решениями (на основе протоколов для видео, а также простыми водяными знаками), с расчетом метрик «доля выживания» знака после атак и «время обработки». Это позволит подтвердить или опровергнуть гипотезу о преимуществе комплексной защиты.

Практическая значимость

Практическая значимость работы обусловлена тем, что охрана прав на цифровые изображения становится критическим элементом защиты интеллектуальной собственности в интернете. Возможность эффективно защищать фотографии, схематические изображения, произведения искусства и брендированные картинки важна для фотографов, СМИ, дизайнеров и коммерческих сайтов. Предложенная система сможет обеспечить: а) управление доступом – только авторизованные пользователи получают возможность просмотра высокого качества (шифрование/DRM-лицензия), б) контроль распространения – каждый скачанный объект будет содержать невидимый штрихкод (стегометка) с уникальной информацией о получателе, что позволит выявить источник утечки. Такой подход дополняет существующие практики, например внедрение водяных знаков в изображения СМИ [5].

Научная новизна

Новизна исследования состоит в объединении нескольких компонентов защиты специально для веб-контента. В литературе отсутствует интегрированное решение для изображений в браузере: в то время как сторонние продукты (например, ArtistScope CopySafe) использовали плагины и активные элементы по установке, система будет принципиально платформонезависимой и ориентированной на современные веб-стандарты. Кроме того, особое внимание уделяется стеганографии: как показано в обзорах, она традиционно применялась для защищенного канала связи [4], но её возможности мало исследованы в рамках DRM веб-контента. Внедряя стегометки, повышается уровень ответственности пользователей и вводим биометрическую гарантию к результату (при утечке можно будет «расследовать» по метке). Также планируется оценивать эффективность систем за счет современных методик тестирования устойчивости знаков (метрики robustness и saracity), что является новой оценкой применительно к веб-домену. Таким образом, результатом станет универсальная модель DRM, способная работать на любом сайте без дополнительного софта и эффективно противостоять угрозам копирования и пересылки изображений.

Заключение

В настоящей работе обоснована актуальность создания специализированной DRM-системы для защиты изображений в веб-среде. Проведенный анализ литературы показывает, что простой подход «шифровать картинку в браузере» не решает задачи полностью: необходим комплекс методов, включающий шифрование, устойчивые к искажениям водяные знаки и стеганографическую маркировку пользователей. Существующие исследования (блокчейн-DRM [0,6], глубокие водяные знаки [4], «необучаемые» изображения [3]), подтверждают востребованность гибридных решений. Предлагаемый нами подход универсален и нацелен именно на онлайн-контент, в отличие от большинства существующих систем для видео или локальных медиа. В дальнейшем планируется разработка прототипа и эмпирическая оценка эффективности предложенных механизмов, что позволит перейти от теоретического обоснования к конкретным рекомендациям для разработчиков веб-платформ.

Литература:

1. Yun J., Liu X., Lu Y., Guan J., Liu X. DRPCChain: A new blockchain-based trusted DRM scheme for image content protection // PLoS

One. — 2024. — Vol. 19, No. 9. — e0309743. — DOI: 10.1371/journal.pone.0309743.

2. Xu J., Zhang J., Wang J. Digital Image Copyright Protection and Management Approach — Based on Artificial Intelligence and Blockchain Technology // J. Theor. Appl. Electron. Commer. Res. — 2025. — Vol. 20, No. 2, art. 76. — DOI: 10.3390/jtaer20020076.

3. Wang D., Xue M., Li B., Camtepe S., Zhu L. Provably Unlearnable Data Examples // Proc. NDSS Symposium 2025. — San Diego (CA), USA: NDSS, 2025. — DOI: 10.14722/ndss.2025.240886. — [Electronic resource] <https://www.ndss-symposium.org/> (accessed: 14.11.2025).

4. Luo Y., Tan X., Cai Z., Cai Z. Robust Deep Image Watermarking: A Survey // Computers, Materials & Continua. — 2024. — T. 81, № 1. — C. 133–160. — DOI: 10.32604/cmc.2024.055150.

5. Chen H.-Y., Wang H.-A., Lin C.-L. Using watermarks and offline DRM to protect digital images in DIAS // Research and Advanced Technology for Digital Libraries. ECDL 2007. — Lecture Notes in Computer Science, vol. 4675. — Berlin; Heidelberg: Springer, 2007. — P. 529–531. — DOI: 10.1007/978-3-540-74851-9_60.

6. Luo H., Li L., Li J. Digital Watermarking Technology for AI-Generated Images: A Survey // Mathematics. — 2025. — Vol. 13, No. 4, art. 651. — DOI: 10.3390/math13040651.

7. Encrypted Media Extensions. W3C Recommendation, 18 Sept. 2017. — [Electronic resource]. — URL: <https://www.w3.org/TR/encrypted-media-2/> (accessed: 14.11.2025).

ОСОБЕННОСТИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ КЛАСТЕРИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Н. М. Сизых

**Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, nikitasizyh03@gmail.com**

Научный руководитель: Яковина И. Н., к.т.н., доцент

В работе рассматривается особенность решения задачи кластеризации с возможностью выделения штатных, предаварийных и аварийных режимов работы оборудования без предварительной разметки выборки на примере данных функционирования индивидуального теплового пункта.

The paper considers the peculiarity of solving the clustering problem with the possibility of allocating regular, pre-emergency and emergency modes of equipment operation without pre-marking the sample using the example of data on the functioning of an individual heating point.

Актуальность использования методов машинного обучения для интеллектуализации систем теплоснабжения подтверждается растущим интересом к моделям, разработанным на основе собираемых данных, не только в России, но и за рубежом. Инженерные системы теплоснабжения характеризуются большим числом датчиков и меняющимися режимами работы оборудования, что затрудняет ручной анализ и своевременное обнаружение технических коллизий.

Использование кластеризации как метода обучения без учителя позволяет выполнять автоматическую группировку диапазонов параметров функционирования индивидуальных тепловых пунктов (ИТП) с возможностью более точного выделения штатных, предаварийных и аварийных режимов работы без предварительной разметки выборки.

Для решения задачи кластеризации был разработан программный модуль анализа данных ИТП [1]. Модуль включает компоненты загрузки, предобработки, кластеризации, регрессии, классификации и визуализации. Разработка была выполнена на языке R с использованием фреймворка Shiny, набора пакетов tidymodels, stats и dbscan [2, 3].

Задача кластеризации в контексте анализа технологических данных ИТП имеет свою специфику. Данные, поступающие с датчиков температуры и давления образуют многомерные временные ряды. Ключевым этапом является предобработка, которая включает очистку от пропущенных и аномальных значений, а также генерацию производных признаков (например, разницы температур между подающим и обратным трубопроводами и т.п.). Качество предобработки данных напрямую влияет на результативность последующих методов машинного обучения [4]. Перед кластеризацией необходимо применить нормализацию или стандартизацию данных. После этапа предобработки данные представляют собой набор признаков, описывающих состояние ИТП в моменты времени. Этот набор данных используется в процедуре кластерного анализа.

Алгоритм К-средних (K-means) является одним из наиболее популярных методов кластерного анализа для разделения набора данных на несколько кластеров [5]. Алгоритм К-средних состоит из следующих этапов:

- Разбиение выборки на начальные группы с помощью начальных точек (центроид). Ближайшие к этим начальным точкам выборки образуют начальные кластеры.
- Вычисление расстояний выборок до центральных точек (центроидов) групп и назначение ближайших выборок их кластеру.

- Вычисление вновь созданных (обновлённых) центроидов кластера.
- Повторение шагов 2 и 3 до тех пор, пока алгоритм не сойдётся.

В общем случае исследователю при использовании алгоритма К-средних требуется определить три основных параметра:

- Критерии инициализации (начальные значения центроид).
- Количество кластеров (одним из самых популярных методов является метод локтя).
- Метрику расстояний (обычно используется Евклидова).

Определение оптимального числа кластеров является критически важным этапом для алгоритма К-средних. В модуле для решения этой задачи применяются два визуальных метода: метод локтя и анализ силуэтов. Метод локтя основан на анализе зависимости функции ошибки (внутригрупповой суммы квадратов) от числа кластеров. В качестве исходных данных рассматриваются измерения по ИТП «Лицей НГТУ» за январь 2025 года. Вектор признаков включает измеренную температуру наружного воздуха, температуру и давление прямой и обратной сетевой воды, а также температуру смеси для обеспечения системы отопления. На примере рисунка 1 можно увидеть, что в данном случае будет принято число кластеров равное 4. На рисунке 2 показаны результаты работы алгоритма кластеризации.

Кратко поясним полученные результаты.

Кластер 1 (красный): характеризуется средними значениями давлений и температур, диапазоны достаточно широкие, что указывает на типичный рабочий режим ИТП.

Кластер 2 (синий): демонстрирует минимальные значения по части показателей и заметные выбросы; такой профиль подходит под потенциально предаварийные, где параметры выходят на нижние границы значений.

Кластер 3 (зелёный): имеет пониженные значения давлений, при той же температуре, что красный кластер, можно интерпретировать как устойчивый, но «ослабленный» режим.

Кластер 4 (фиолетовый): отличается наибольшими медианами температур подачи при наименьшей температуре улицы, это режим повышенных нагрузок (пиковый отопительный период) с устойчиво высокими параметрами системы.

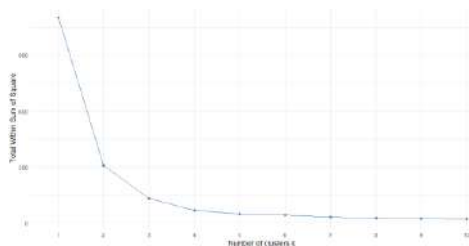


Рис. 1 – Результат кластеризации по методу локтя.

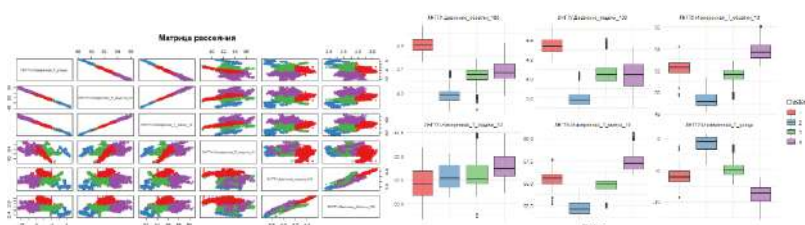


Рис. 2 – Матрица рассеяния по параметрам (слева) и диаграмма сравнения значений по кластерам (справа)

Другой алгоритм кластеризации, реализованный в разработанном модуле – DBSCAN – пространственная кластеризация приложений с шумом на основе плотности [6]. Его идея основана на концепции плотных областей. Предполагается, что естественные кластеры состоят из точек, расположенных близко друг к другу. Для этого необходимо определить понятие «плотной области». В алгоритме используются параметры Eps (ϵ) — расстояние и minPts — минимальное количество точек в пределах расстояния Eps. «Плотная область» формируется минимальным количеством точек на определённом расстоянии между ними, обозначенном как Eps. Точки, находящиеся в пределах этого расстояния, но не являющиеся ближайшими к минимальному количеству других точек, считаются «пограничными». Остальные точки рассматриваются как шум или выбросы.

Преимуществом данного алгоритма является самостоятельное определение количества кластеров, возможность различать вытянутые кластеры и кластеры, окружённые другими кластерами, в отличие от К-средних, где кластеры всегда выпуклые. В алгоритме DBSCAN также существует способность выявлять точки, не относящиеся ни к одному кластеру, то есть обнаруживать выбросы. Недостатком является вычислительная сложность $O(n \log n)$ и низкая эффективность при идентификации кластеров с различной плотностью.

Применяя алгоритм кластеризации DBSCAN с параметрами радиуса окрестности равным 0.64 и минимальным количеством точек равным 26, получим результаты, изображенные на рисунке 3. Больше всего точек вошло в основной режим работы, также имеются выбросы, которые не принадлежат к кластерам.

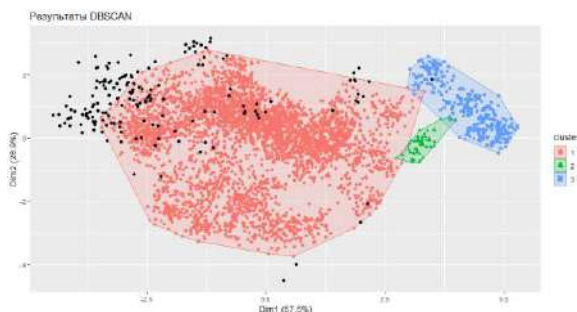


Рис. 3 – График (PCA) с выделенными кластерами.

Применение методов кластеризации позволяет выявлять различные режимы функционирования индивидуальных тепловых пунктов. Данный подход может быть применён для других технологических систем, требующих мониторинга и анализа многомерных данных временных рядов. В частности, методология может быть адаптирована для анализа систем водоснабжения, электроснабжения, систем вентиляции и кондиционирования, где требуется выявление различных режимов функционирования и обнаружение аномалий.

В среде разработанного модуля для каждого из выделенных кластеров используется коллекция методов машинного обучения для построения диагностических и прогнозных моделей [1]. Введение этапа кластеризации, как показали проведенные эксперименты, позволяет значительно улучшить качество получаемых моделей.

Литература:

1. Сизых Н. М. Разработка программного модуля для анализа данных о функционировании индивидуальных тепловых пунктов / Н. М. Сизых; науч. рук. И. Н. Яковина. - Текст: непосредственный // Дни науки НГТУ–2025: материалы науч. студен. конф., итоги науч. работы студентов за 2024–2025 гг. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2025. – С. 105–109.
2. Официальный сайт фреймворка Shiny [Электронный ресурс]. – URL: <https://shiny.posit.co/> (дата обращения: 29.11.2025).

3. Официальный сайт фреймворка tidymodels [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.tidymodels.org/> (дата обращения: 29.11.2025).
4. Брюс П. Практическая статистика для специалистов Data Science: Пер. с англ. / П. Брюс, Э. Брюс. – СПб.: БХВ-Петербург, 2018. – 304 с.: ил.
5. Gianniou P., Liu X., Heller A., Nielsen P. S., Rode C. Clustering-based analysis for residential district heating data // Energy Conversion and Management. 2018. Vol. 165. pp. 840–850.
6. Кластеризация [Электронный ресурс] // Учебник по машинному обучению – Яндекс Образование. – URL: <https://education.yandex.ru/handbook/ml/article/klasterizaciya> (дата обращения: 29.11.2025).

МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ПРОГНОЗА СОСТОЯНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Н. Г. Бурлаков, В. В. Еремеева

**Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, burlacov-nik@mail.ru**

**Научный руководитель: Яковина И. Н., к.т.н., доцент кафедры
ВТ НГТУ**

В работе приведены результаты анализа данных мониторинга двух промышленных трансформаторов Омской ТЭЦ-5 и результаты разработки моделей прогноза с использованием различных методов машинного обучения. При создании прогнозных моделей были использованы мульти-выходные версии регрессоров, позволяющие получать набор выходных характеристик и оценку общего статуса технического состояния. В ходе сравнительного анализа результатов для прогнозирования параметров трансформаторов были отобраны лучшие модели.

This study presents the results of an analysis of monitoring data from two industrial transformers at Omsk TPP-5 and the development of predictive models using various machine learning methods. Multi-output regressors were used to create the models, which provide a set of output characteristics and an assessment of the overall technical condition. A comparative analysis of the results identified the best-performing models for predicting transformer parameters.

Введение

Промышленные трансформаторы являются критически важными элементами энергосистем, требующими постоянного мониторинга и диагностики. Современные системы мониторинга генерируют значительные объемы данных, что создает предпосылки для применения

методов машинного обучения для прогнозирования состояния оборудования и предотвращения аварийных ситуаций.

В рамках проведенного исследования выполнен анализ данных мониторинга за период с 16 июля по 03 сентября 2020 года двух трансформаторов (4Т и 5Т) и разработаны модели прогноза ключевых параметров их функционирования с оценкой общего статуса технического состояния.

Определение пороговых значений и статусов оборудования

Для анализа состояния трансформаторов были использованы пороговые значения ключевых параметров (Таблица 1). На основе этих пороговых значений разработан алгоритм оценки технического состояния по наихудшему параметру: если хотя бы один параметр находится в состоянии "alarm" - общий статус "alarm"; если нет "alarm", но есть "warning" - общий статус "warning"; иначе - "normal".

Анализ распределения статусов показал существенные различия в состоянии двух трансформаторов (Рис. 1): трансформатор 4Т находится преимущественно в состояниях warning и alarm (73%), тогда как трансформатор 5Т - преимущественно в нормальном состоянии (69%).

Таблица 1 – Пороговые значения параметров трансформаторов

Параметр	Warning уровень	Alarm уровень	Ед. измерения
H ₂	65	70	мг/л
H ₂ O	15	16	мг/л
ГГ	340	360	мг/л
ЧР	1000	3000	пКл

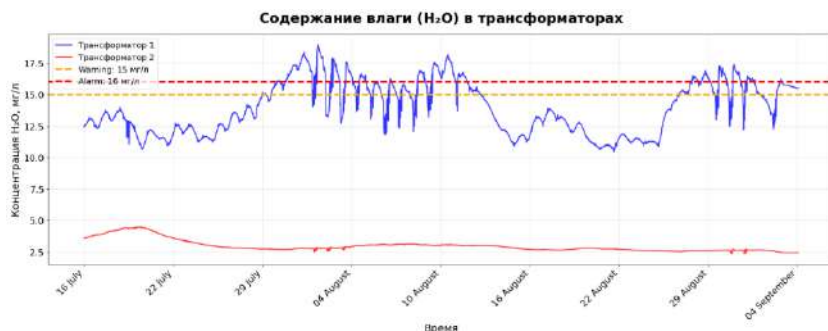


Рис. 1 – Динамика параметра «Содержание влаги» для 4Т и 5Т

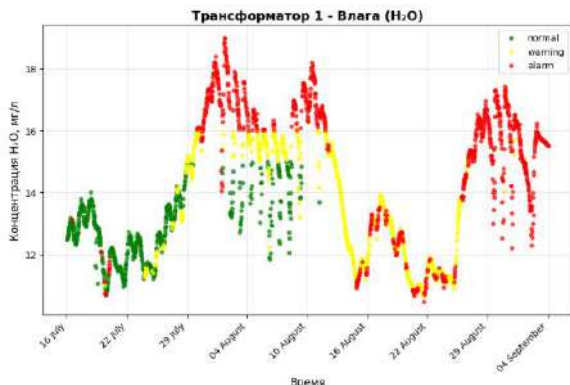


Рис. 2 – Динамика параметра «Содержание влаги» для 4Т с метками статуса технического состояния

Подготовка данных и результаты прогнозирования

Для преобразования временных рядов в формат, пригодный для обучения моделей, применен метод создания лаговых признаков. Для каждого из 14 целевых параметров (включая закодированные статусы) создано по 12 предыдущих значений, что составило 168 признаков для прогнозирования следующего временного шага. Для решения задачи многомерного прогнозирования использованы мульти-выходные версии регрессоров (MultiOutputRegressor). Для разработки моделей прогноза были использованы шесть моделей машинного обучения, представленные в таблице 2.

Таблица 2 – Сравнительный анализ моделей машинного обучения

Трансформатор 4Т:			
Модель	Avg MSE	Avg MAE	Status Accuracy
Random Forest	17397.76	38.38	0.975
Gradient Boosting	58287.48	62.08	0.975
Ridge Regression	14419.08	49.90	0.975
Improved Random Forest	19305.42	41.29	0.975
Lasso Regression	8771.63	43.15	0.975
ElasticNet	10829.42	46.96	0.975
Трансформатор 5Т:			

Модель	Avg MSE	Avg MAE	Status Accuracy
Random Forest	118087.95	211.37	0.387
Gradient Boosting	234649.33	281.38	0.378
Ridge Regression	34858.18	76.13	0.983
Improved Random Forest	122142.33	216.24	0.391
Lasso Regression	35641.79	87.44	0.975
ElasticNet	32574.86	73.93	0.975

Для построения моделей данные были разделены следующим образом: первые 90% временного ряда (с 16 июля по 30 августа 2020 года) использованы для обучения, последние 10% (с 30 августа по 3 сентября) - для тестирования. Такой подход обеспечил корректную оценку прогностической способности моделей.

Результаты и обсуждение

Сравнительный анализ моделей показал существенные различия в их результатах для разных трансформаторов и параметров. Наилучшие результаты для трансформатора 4Т показала модель Lasso Regression, для трансформатора 5Т - ElasticNet. Линейные модели (Ridge, Lasso, ElasticNet) продемонстрировали лучшее качество по сравнению с ансамблевыми методами, особенно в прогнозировании статусов технического состояния (точность до 0.983). Качество прогнозирования существенно различается по типам параметров: для оценки статуса технического состояния трансформаторов модели показывают высокую точность (accuracy 0,975-0,983) и для оценки параметров анализа горючих газов MAE < 1,0. На Рис. 3 представлен пример результата прогноза с использованием модели Lasso Regression для трансформатора 4Т. Визуальный анализ подтверждает достаточно высокую точность предсказанных значений по отношению к фактическим данным.

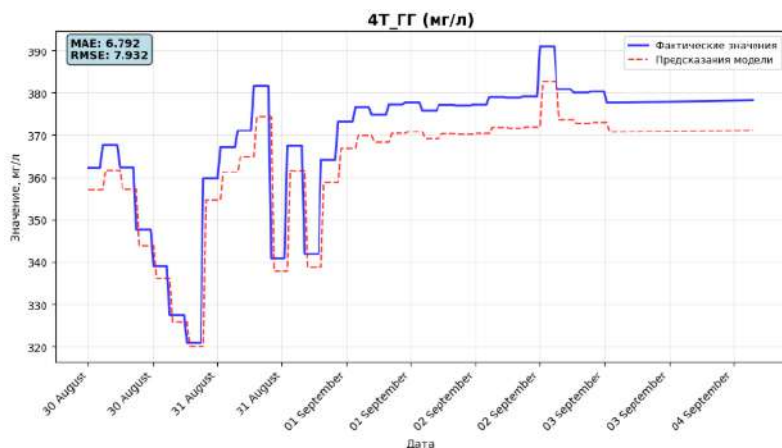


Рис. 3 – Пример прогнозирования модели Lasso Regression

Литература:

1. Lyutikova M. N, Korobeynikov S. M., Ridel A. V. Method for Reducing Sediment Formation in Transformer Oil // IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, vol. 31, no. 4, pp. 2208–2215, 2024.
2. Khalyasmaa A. I., Matrenin P. V., Eroshenko S. A. Assessment of Power Transformer Technical State Using Explainable Artificial Intelligence // Problemele Energeticii Regionale, vol. 4, no. 64, pp. 9, 2024.
3. Korobeynikov S. M., Ridel A. V., Ovsyannikov A. G. et al. Streamers in transformer oil initiated by partial discharge in a bubble at low AC electric fields // Electr Eng 106, 5219–5228 2024.

СОЗДАНИЕ МЕТОДОВ ГРАФИЧЕСКОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Е. Д. Смыков

**Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, stakov.evgeni15@gmail.com**

Научный руководитель: Достовалов Д. Н., к.т.н.

В статье обоснована актуальность разработки новых методов графической интерпретации данных, полученных в ходе масштабных вычислительных экспериментов. Проведен анализ существующих подходов (Scientific Visualization), выявлены их недостатки, в частности: проблема «бутылочного горлышка» ввода-вывода при работе с большими данными и

сложность восприятия многомерных структур. На основе когнитивного подхода предложены направления для создания адаптивных методов визуализации, включая использование технологий in-situ (визуализация на месте расчетов) и VR/AR интерфейсов.

The article substantiates the relevance of developing new methods for graphical interpretation of data obtained during large-scale computational experiments. The analysis of existing approaches (Scientific Visualization) is carried out, their shortcomings are identified, in particular: the I/O bottleneck problem when dealing with big data and the complexity of perceiving multidimensional structures. Based on the cognitive approach, directions for developing adaptive visualization methods are proposed, including the use of in-situ technologies and VR/AR interfaces.

Введение

Вычислительный эксперимент утвердился в качестве фундаментального метода научного познания, обеспечивающего верификацию теоретических моделей в условиях, когда натурный эксперимент невозможен или экономически нецелесообразен. Однако переход к эксафлопсным вычислениям и рост размерности сеточных моделей привели к возникновению парадокса «аналитического разрыва»: скорость генерации сырых данных (raw data) существенно превышает возможности оператора по их когнитивной обработке и интерпретации.

Актуальность исследования обусловлена критической необходимостью повышения информационной емкости визуальных моделей. Традиционные методы растровой визуализации и статического постпроцессинга демонстрируют низкую эффективность при работе с нестационарными процессами, где объем данных может достигать петабайтных величин.

Цель работы — формализация ключевых ограничений существующих систем научной визуализации (Scientific Visualization) и определение методологического базиса для создания алгоритмов интерпретации нового поколения.

Анализ существующих разработок

В современной практике визуализации данных доминируют два архитектурных подхода. Первый — классическая схема постпроцессинга, предполагающая сериализацию результатов расчета на дисковые накопители для последующей обработки. Второй — парадигма in-situ (визуализация «на месте»), при которой рендеринг или редукция данных осуществляются непосредственно в оперативной памяти вычислительного кластера синхронно с расчетом.

Несмотря на развитие in-situ подходов [3], сохраняется проблема семантического разрыва: математические абстракции высокой размерности ($N > 3$) при проекции на двумерные плоскости дисплеев

подвергаются неизбежным искажениям. Существующие исследования [1, 4] указывают на недостаточность применения стандартных методов снижения размерности (PCA, t-SNE) для задач, требующих сохранения топологической связности данных, что критично для газодинамики и физики плазмы.

Ключевые проблемы

На основе анализа выделены следующие проблемы:

1. Ограничения подсистемы ввода-вывода (I/O Bottleneck). Асинхронность роста вычислительной мощности процессоров и скоростей записи на системы хранения данных приводит к невозможности сохранения полной истории эксперимента. Дискретизация по времени при записи («прореживание» шагов) ведет к потере информации о высокочастотных флуктуациях процесса [3].

2. Перцептивная перегруженность (Visual Clutter). При визуализации многофакторных моделей (например, в задачах обучения глубоких нейросетей) возникает эффект визуальной окклюзии (перекрытия). Одновременное отображение более 7–10 переменных на одной сцене снижает точность принятия решений оператором до уровня статистической погрешности [5].

3. Отсутствие визуализации стохастичности (Uncertainty Visualization). Результаты численного моделирования всегда содержат погрешность (ошибки дискретизации, неточности граничных условий). Традиционные изоповерхности и линии тока отображаются как детерминированные объекты, создавая ложное ощущение абсолютной точности и скрывая зоны неустойчивости решения [6].

Направления для разработки новой модели

В качестве решения предлагается разработка программного комплекса, основанного на следующих принципах:

1. Гибридная архитектура обработки (In-transit Analysis). Внедрение промежуточного слоя узлов визуализации, позволяющего выполнять асинхронную редукцию данных (построение индексов, выделение признаков) без остановки основного решателя.

2. Топологический анализ данных (Topological Data Analysis — TDA). Использование персистентных гомологий для автоматического выделения значимых структур (вихрей, кластеров) и отсеивания шума до этапа визуализации, что позволит работать не с сырыми данными, а с их семантическими абстракциями.

3. Иммерсивная аналитика. Применение VR/AR-интерфейсов для работы с пространственными данными, что обеспечивает естественное восприятие трехмерных векторных полей и тензорных структур за счет бинокулярного зрения и проприоцепции.

4. Адаптивная детализация (LOD). Разработка алгоритмов, динамически изменяющих уровень детализации визуализации в зависимости от «интересности» области (наличие градиентов, аномалий) и текущего фокуса внимания исследователя [8].

Заключение

Проведенное исследование позволяет сделать вывод, что экстенсивное развитие средств визуализации (увеличение разрешения, трассировка лучей) исчерпало свой потенциал в контексте задач High Performance Computing (HPC). Необходим переход к интеллектуальным методам интерпретации, где ключевую роль играют алгоритмы автоматического извлечения знаний (feature extraction) и визуализация неопределенностей. Реализация предложенных подходов позволит минимизировать потери информации и повысить валидность выводов, делаемых на основе вычислительных экспериментов.

Литература:

1. Liu S. High-dimensional data visualization in the era of big data: A survey / S. Liu [et al.] // *Visual Informatics*. — 2023. — Vol. 7, № 1. — P. 1–16.
2. Childs H. A Terminology for In Situ Visualization and Analysis Systems / H. Childs [et al.] // *International Journal of High Performance Computing Applications*. — 2020. — Vol. 34, № 6. — P. 676–691.
3. Bauer A. C. In Situ Methods, Infrastructures, and Applications on High Performance Computing Platforms / A. C. Bauer [et al.] // *Computer Graphics Forum*. — 2021. — Vol. 40, № 3. — P. 577–604.
4. Nonato L. G. Multidimensional Projection for Visual Analytics: Linking Perception with Algorithms / L. G. Nonato, M. Aupetit // *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*. — 2019. — Vol. 25, № 1. — P. 2650–2670.
5. Padilla L. Decision making with uncertainty visualization: A brief review / L. Padilla [et al.] // *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*. — 2023. — Vol. 381, № 2250. — Art. 20220145.
6. Wang Y. AI4VIS: Survey on Artificial Intelligence Approaches for Data Visualization / Y. Wang [et al.] // *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*. — 2022. — Vol. 28, № 12. — P. 4034–4054.
7. Васенин В. А. Методы визуального анализа данных в задачах мониторинга вычислительных систем / В. А. Васенин, А. С. Шундеев, А. В. Зенков // *Программная инженерия*. — 2021. — Т. 12, № 4. — С. 195–206.

8. Бондарев А. Е. Проблемы визуализации в задачах вычислительной физики: анализ и перспективы / А. Е. Бондарев // Препринты ИПМ им. М.В. Келдыша. — 2020. — № 45. — С. 1–32.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОДХОДОВ К АВТОМАТИЗАЦИИ РЕКЛАМНЫХ ПРОЦЕССОВ: РОССИЙСКИЙ И ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ

К. Д. Ревединский

Новосибирский государственный технический университет,

г. Новосибирск, s.revedinky@yandex.ru

Научный руководитель: Курчеева Г. И., к.э.н., доцент

В этом тезисе описываются анализ подходов к автоматизации процессов продвижения рекламных компаний в России и за рубежом. Рассматриваются основные проблемы использования современных инструментов, такие как высокая сложность и стоимость. На основе анализа источников предложен шаблон, интегрирующий языковую модель, для создания персонализированных рекомендаций предприятиям. Обсуждается теоретическая и практическая значимость предложенного подхода.

This thesis describes the analysis of approaches to automating advertising campaign processes in Russia and abroad. Key issues of using modern tools, such as complexity and high costs, are considered. Based on the analysis of sources, a template integrating a language model for creating personalized recommendations for businesses in proposed. The theoretical and practical significance of the proposed approach in discussed.

Автоматизация рекламных процессов является важным инструментом повышения эффективности маркетинговых кампаний [1]. Однако современные решения часто характеризуются высокой сложностью и стоимостью, что затрудняет их применение для малого бизнеса.

Целью данной работы является проведение сравнительного анализа подходов к автоматизации рекламы, применяемых в России и за рубежом, с акцентом на их адаптивность и доступность для малого бизнеса. Кроме того, в работе предлагается концепция инструмента, основанного на интеграции языковой модели, который позволяет предприятиям создавать персонализированные стратегии продвижения.

В России популярны платформы Яндекс.Директ и VK Ads [2]. Эти инструменты предлагают широкие возможности таргетинга и анализа кампаний, однако их функциональность часто ограничена рамками локального рынка. Исследования показывают, что российские компании

сталкиваются с проблемами, связанными с недостаточной автоматизацией процессов настройки и анализа рекламы, но из-за низкой стоимости такие инструменты становятся доступными для малого бизнеса.

На международном уровне популярен Google Ads [3]. Эта платформа использует передовые технологии машинного обучения, такие как модели прогнозирования кликов (Click-Through Rate) и оптимизации бюджета [4]. Но высокая стоимость делает их недоступными для малых компаний.

Современные предприятия, особенно малые и средние, нуждаются в инструментах, которые упрощают процесс планирования и оптимизации рекламных кампаний [5]. В ответ на эти вызовы разработан концепт инструмента — шаблона, основанного на языковой модели, который предоставляет персонализированные рекомендации для улучшения рекламных стратегий.

Предлагаемый инструмент состоит из нескольких ключевых компонентов:

- 1) Языковая модель (например GPT), обученная на маркетинговых данных, для генерации рекомендаций и анализа контекста [6].
- 2) Веб-интерфейс для ввода информации о бизнесе, целевой аудитории, бюджете и целях кампании [7].
- 3) База знаний, которая включает успешные кейсы из различных отраслей, анализ конкурентов, обзор актуальных рекламных форматов и платформ.
- 4) Модуль обработки данных, интегрирующийся с API популярных платформ (Google Ads, Яндекс.Директ), для анализа бюджета и эффективности стратегий [8][9].

Такой инструмент имеет ряд преимуществ:

- 1) Доступность: не требует специальных знаний в маркетинге.
- 2) Персонализация: адаптация рекомендаций под локальные рынки.
- 3) Экономия ресурсов: снижение затрат на автоматизацию рекламы и увеличение ROI.

В качестве примера можно рассмотреть работу инструмента для онлайн-магазина спортивного оборудования. Основной проблемой бизнеса была низкая конверсия из-за некорректного выбора рекламных каналов. Инструмент предложил сегментировать аудиторию по интересам, перенести 30% бюджета на YouTube-рекламу с видеообзорами товаров и добавить акцент на сезонные скидки. Эти изменения привели к увеличению CTR на 20% и росту продаж на 15%.

Результаты исследования, направленного на разработку и тестирование предложенного инструмента, подтверждают его высокую

эффективность в решении задач автоматизации и персонализации рекламных кампаний.

Научная новизна исследования заключается в разработке инструмента, который впервые совмещает возможности языковых моделей с процессами анализа и оптимизации рекламных кампаний. Практическая значимость заключается в создании доступного решения для широкого круга пользователей, особенно для малого и среднего бизнеса, которому важно экономить ресурсы и получать высокие результаты от рекламы. Инструмент может быть внедрен в различных отраслях, что делает его универсальным и перспективным.

Одной из наиболее значимых характеристик инструмента является его способность адаптироваться к особенностям локальных рынков. Например, российский рынок имеет свои специфические особенности, такие как популярность платформ ВКонтакте и Яндекс.Директ, которые часто игнорируются зарубежными решениями. Инструмент учитывает эти факторы, что делает его особенно ценным для отечественного бизнеса. Кроме того, он предлагает возможность интеграции с международными платформами, такими как Google Ads, что открывает возможности для работы на глобальных рынках.

Таким образом, предложенный инструмент демонстрирует высокий потенциал для повышения эффективности рекламных кампаний малого и среднего бизнеса. Его уникальность заключается в сочетании языковых моделей с анализом данных, что упрощает процессы и снижает затраты. Дальнейшие исследования могут быть направлены на тестирование инструмента в реальных условиях и расширение его функциональности, что укрепит его позиции на рынке и сделает востребованным решением для различных отраслей [10].

Литература:

1. Kotler P., Keller K. L. Marketing management //Jakarta: Erlangga. – 2009.
2. Ягодкин Д. А., Трухин А. Е., Жилина Д. Е. Обзор специализированных сервисов для организации поисковой рекламы // Интеграция науки, общества, производства и промышленности: проблемы и перспективы. – 2020. – С. 105-110.
3. Geddes B. Advanced Google AdWords. – John Wiley & Sons, 2014.
4. Chen J. et al. Глубокое прогнозирование ctr в медийной рекламе //Материалы 24-й международной конференции ACM по мультимедиа. – 2016. – С. 811-820.
5. Chaffey D., Ellis-Chadwick F. Digital marketing: strategy //Implementation and. – 2012.

6. Vaswani A. Attention is all you need //Advances in Neural Information Processing Systems. – 2017.
7. Mykola K. Development of User Interfaces for Marketing Funnel Platforms Builder. – 2024.
8. Google Ads API [Электронный ресурс] // developers google URL: <https://developers.google.com/google-ads/api> (дата обращения: 24.11.2024).
9. Яндекс Директ API [Электронный ресурс] // yandex URL: <https://yandex.ru/dev/direct/doc/ru/dg/concepts/overview.html> (дата обращения: 24.11.2024).
10. Kumar V., Ashraf A. R., Nadeem W. AI-powered marketing: What, where, and how? //International Journal of Information Management. – 2024. – Т. 77. – С. 102783.

ГИБРИДНАЯ СИСТЕМА КОНТЕКСТУАЛИЗАЦИИ И ДИНАМИЧЕСКОЙ ПАМЯТИ ДЛЯ БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ (DCME-RAG): АРХИТЕКТУРА И ПЛАН ОЦЕНКИ

Г. М. Секачёв

Новосибирский государственный технический университет,

г. Новосибирск, sekachevgleb385@gmail.com

Научный руководитель: Бакаев М. А. к.т.н., доцент

*В статье представлен обзор современных подходов к памяти и контекстуализации в больших языковых моделях (LLM) и предложена практическая гибридная архитектура DCME-RAG – интеграция механизмов динамической контекстной памяти (DCME) и retrieval-ориентированного компонента (RAG), дополненная модулями cross-attention (ACAN-style) для ранжирования и валидации извлечённых фрагментов и **contextual compression** IACC, а также план экспериментов и критерии оценки. Кроме того, разработан и протестирован RAG-модуль. Предполагаемая система сочетает сильные стороны статичных retrieval-решений и динамической адаптации памяти, что делает её пригодной для персонализированных и длительных интеракций.*

The article provides an overview of modern approaches to memory and contextualization in large language models (LLM) and suggests a practical DCME-RAG hybrid architecture – integration of dynamic contextual memory (DCME) and retrieval-oriented component (RAG) mechanisms, complemented by cross-attention (ACAN-style) modules for ranking and validating extracted fragments and The IACC contextual compression, as well as the experimental plan and evaluation criteria. In addition, a RAG module has been developed and tested. The

proposed system combines the strengths of static retrieval solutions and dynamic memory adaptation, making it suitable for personalized and long-term interactions.

Dynamic Memory Mechanisms, Contextualization in Large Language Models, Hybrid Memory Architecture, Retrieval-Augmented Generation (RAG), Adaptive Memory Retrieval, Explicit Memory in LLMs, Semantic Context Compression.

1. Введение и мотивация

Современные LLM ограничены объёмом контекста и долговременной памятью. Существующие подходы делятся на retrieval-ориентированные (RAG, MLP Memory, Memory3) и динамическую память (DCME, CADMF, DMP, Pref-LSTM). Комбинирование обеих парадигм открывает перспективы для гибридных архитектур.

2. Обзор инструментов и подходов

- DCME – динамическое кодирование памяти, выделение релевантных элементов и предотвращение забывания. [1]
- ACAN – cross-attention для ранжирования и фильтрации релевантных retrieved-фрагментов. [2]
- IACC – контекстное сжатие под конкретные инструкции, уменьшение токен-бюджета без потери информации. [5]
- Memory3 / MLP Memory / Pref-LSTM – структурированная, явная память для долговременных предпочтений и персонализации. [4]
- DMP – долговременная адаптивная память для сохранения истории взаимодействий. [3]
- **MLP Memory** гибридная архитектура с memory-модулем, но без внешнего retrieval, ACAN-ранжирования и контекстного компрессора её качество ограничено. [6]

3. Проблемы существующих подходов

- Retrieval-only системы не сохраняют долговременную память.
- Compression-only методы зависят от качества retrieved-данных.
- Explicit memory ограничена пространством и гибкостью.
- Dynamic memory без retrieval плохо обрабатывает длинные последовательности.
- MLP Memory без фильтрации и сжатия ограничена по качеству.

4. Предлагаемая гибридная архитектура DCME-RAG

Комбинация RAG + ACAN + IACC + DCME + explicit memory (Memory3). Обеспечивает релевантное извлечение, фильтрацию, сжатие контекста и динамическое обновление памяти.

Цели: устранение ограничений по контексту, долговременной памяти и персонализации.

5. Сценарии применения

- Многошаговые задачи с длительным контекстом (аналитика, разработка ПО).
- Персонализированные ассистенты (учёт предпочтений, стиля, истории).
- Обработка больших корпоративных баз знаний (техническая и юридическая документация).
- Системы с ограниченным токен-бюджетом (мобильные устройства, real-time агенты).

6. Экспериментальный план

Тест 1: retrieval – Precision, Recall, MRR; ACAN улучшает релевантность.

Тест 2: генерация – ROUGE-L, Semantic similarity / Embedding similarity (cosine между ответом и эталоном).

Тест 3: контекстуальная связность – Task Success Rate (TSR).

Тест 4: персонализация – Preference Alignment Score.

Тест 5: системные метрики – latency, throughput, memory footprint; влияние IACC на производительность.

Тест 6: отключение отдельных модулей для анализа влияния каждого компонента.

7. Результаты первых тестов

- RAG-baseline демонстрирует низкий precision (0.1–0.2) и средний recall (0.25–0.5), но высокий MRR для ключевых фрагментов.
- Средняя latency ~3.3 сек, memory usage ~0.43 MB, throughput ~0.3 req/sec.

Вывод: фильтрация и сжатие контекста необходимы для повышения точности и производительности.

8. Этические и практические соображения

- Контроль утечек приватной информации и возможность удаления long-term memory.
- Анализ предвзятости и bias amplification в памяти модели.

9. Заключение

- Разработана и протестирована RAG-архитектура.
- Представлена модель гибридной DCME-RAG архитектуры для объединения retrieval и динамической памяти.
- Предложена методология тестирования и набор метрик для оценки качества retrieval, генерации и персонализации.
- Архитектура готова к практическому внедрению, с перспективой улучшения тестов, фильтрации, сжатия контекста и управления памятью.

Литература:

1. Dakat I., Langley I., Montgomery L., Bennett R., Blackwood L. Enhancing Large Language Models through Dynamic Contextual Memory Embedding: A Technical Evaluation [Electronic resource] // Authorea Preprints. 2024. - URL: <https://www.techrxiv.org/doi/full/10.36227/techrxiv.172978236.68956715> (accessed: 18.10.2025). DOI: 10.36227/techrxiv.172978236.68956715/v1.
2. Hong C., He Q. Enhancing memory retrieval in generative agents through LLM-trained cross attention networks [Electronic resource] // Frontiers in Artificial Intelligence. – Front. Psychol., 07 May 2025. - URL: <https://www.frontiersin.org/journals/psychology/articles/10.3389/fpsyg.2025.1591618/full> (accessed: 18.10.2025). DOI: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2025.1591618>.
3. Bernar B., Winters H., Fischer L., Meyer B., Gyllenborg M. Exploring the Concept of Dynamic Memory Persistence in Large Language Models for Optimized Contextual Comprehension [Electronic resource] // Authorea. - URL: <https://www.authorea.com/users/852953/articles/1238675-exploring-the-concept-of-dynamic-memory-persistence-in-large-language-models-for-optimized-contextual-comprehension> (accessed: 18.10.2025). DOI: 10.22541/au.173101368.88048313/v1.
4. Yang H., Lin Z., Wang W., Wu H., Li Z., Tang B., Wei W., Wang J., Tang Z., Song S., Xi C., Yu Y., Chen K., Xiong F., Tang L., E W. Language Modeling with Explicit Memory [Electronic resource] // arXiv preprint arXiv:2407.01178. 2024. - URL: https://www.researchgate.net/profile/Hongkang-Yang-2/publication/381886079_Memory3_Language_Modeling_with_Explicit_Memory/links/6683be4d2aa57f3b8265ac1e/Memory3-Language-Modeling-with-Explicit-Memory.pdf (accessed: 19.10.2025).
5. Hou H., Ma F., Bai B., Zhu X., Yu F. Enhancing and Accelerating Large Language Models via Instruction-Aware Contextual Compression [Electronic resource] // arXiv preprint arXiv:2408.15491. 2024. - URL: <https://arxiv.org/abs/2408.15491> (accessed: 22.10.2025).
6. Lou E., Li C. Dynamic LSTM-based Memory Encoder For Long-term LLM Interactions [Electronic resource] // arXiv preprint arXiv:2507.03042. 2025. - URL: <https://arxiv.org/abs/2507.03042> (accessed: 25.10.2025).
7. Wei R., Cao J., Wang J., Kai J., Guo Q., Zhou B., Lin Z. MLP Memory: A Retriever-Pretrained Memory For Large Language Models [Electronic resource] // arXiv preprint arXiv:2508.01832. 2025. URL: <https://arxiv.org/abs/2508.01832> (accessed: 27.10.2025).

ПОВЫШЕНИЕ ИНФОРМАТИВНОСТИ МРТ-ИЗОБРАЖЕНИЙ ГОЛОВНОГО МОЗГА МЕТОДАМИ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ЗАДАЧИ СЕМАНТИЧЕСКОЙ СЕГМЕНТАЦИИ

П. Д. Соколов

Новосибирский государственный технический университет,

г. Новосибирск, p.sokolov.2021@stud.nstu.ru

Научный руководитель: Лихачев А.В., д.т.н., к.ф.-м.н.

Рассматривается теоретический подход к повышению информативности МРТ-изображений головного мозга для задачи семантической сегментации опухолей методами глубокого обучения. Предлагается каскадная архитектура «надразрешение + U-Net-сегментация» и обсуждаются ключевые метрики и функции потерь, задающие требования к дальнейшей реализации.

A theoretical approach to increasing the informativeness of brain MRI for semantic tumor segmentation using deep learning is considered. A cascaded “super-resolution + U-Net segmentation” architecture is proposed, and key quality metrics and loss functions defining requirements for further implementation are discussed.

Введение. Магнитно-резонансная томография (МРТ) является одним из основных методов визуализации при диагностике опухолей головного мозга благодаря высокой мягкотканной контрастности и отсутствию ионизирующего излучения [1]. Для поддержки принятия врачебных решений важны не только качественный визуальный анализ изображений, но и количественные показатели: объём и структура опухоли, динамика очага в процессе лечения, эффективность проводимой терапии.

Эти задачи сводятся к семантической сегментации МРТ-объёмов, то есть к разбиению набора вокселей на классы «нормальная ткань», «опухолевое ядро», «отёк», «контрастно-накапливающая часть» и т.п. [1–3]. Наиболее распространённые подходы к семантической сегментации медицинских изображений базируются на архитектурах глубокого обучения, прежде всего на сверточных нейронных сетях типа U-Net и их модификациях [2,3].

Качество работы таких моделей существенно зависит от свойств исходных данных: пространственного разрешения, отношения сигнал/шум (SNR), наличия артефактов движения и неоднородностей поля. В клинической практике ради уменьшения времени исследования часто применяются ускоренные протоколы с увеличенной толщиной среза и разреженной выборкой в k-пространстве. Это приводит к снижению детализации и размытию границ структур, то есть к

уменьшению информативности данных для задач автоматической сегментации.

В связи с этим актуальна разработка подходов, позволяющих повышать информативность МРТ-изображений до этапа сегментации. В работе предлагается каскадная архитектура, сочетающая модуль надразрешения (super-resolution, SR) и U-Net-подобную сегментационную сеть, и обсуждаются её ключевые элементы — метрики качества и функции потерь.

Теоретические основы подхода. Рассмотрим упрощённую модель формирования МР-изображения. Пусть истинное высокоразрешённое изображение описывается вектором x , а наблюдаемое изображение y задаётся оператором

$$y = Ax + n, \quad (1)$$

где A — оператор, объединяющий свёртку с точечной характеристикой системы и дискретизацию, n — шум. Задача надразрешения заключается в восстановлении оценки $\hat{x}$ по наблюдению y , причём $\hat{x}$ должна быть как можно ближе к x .

Задача семантической сегментации формулируется как отображение

$$Y = g_{\phi}(u), u \in R^m, \quad (2)$$

где g_{ϕ} — сегментационная модель с параметрами ϕ , u — входное изображение (исходное или улучшенное), Y — предсказанная маска классов. Истинная разметка обозначается через $\hat{Y}$.

Для количественной оценки качества сегментации используют, в частности, коэффициент Dice (DSC) и индекс Жаккара (IoU) [1–3]. Для одного класса имеют место выражения

$$DSC = \frac{2|Y \cap \hat{Y}|}{|Y| + |\hat{Y}|}, \quad (3)$$

$$IoU = \frac{|Y \cap \hat{Y}|}{|Y \cup \hat{Y}|}, \quad (4)$$

Чем ближе значения DSC и IoU к единице, тем лучше совпадение сегментации с разметкой эксперта. В широком смысле под информативностью набора изображений здесь будем понимать способность обеспечивать высокие значения метрик (3, 4) при фиксированной архитектуре модели.

Каскадная архитектура и функции потерь. Предлагается использовать каскад из трёх модулей: предобработки h , надразрешения f_θ и сегментации g_ϕ :

$$\hat{Y} = g_\phi(f_\theta(h(y))). \quad (5)$$

1. Предобработка включает приведение модальностей к единому пространству, вычитание черепа (skull stripping), нормализацию интенсивностей и аугментацию данных [3–5]. Результат обозначается как $z = h(y)$. Модуль надразрешения f_θ (архитектуры SRResNet/ESRGAN и их аналоги [6,7]) восстанавливает высокодетализированное изображение $\tilde{x} = f_\theta(z)$. Сегментационная сеть g_ϕ на основе U-Net-подобной архитектуры [2,3] получает на вход многоканальное изображение $\tilde{x}$ и формирует вероятностные карты классов, которые порождают маску $\hat{Y}$.

Обобщённая структурная схема каскада может быть представлена в виде блок-схемы:



Рис. 1 – Входные мультимодальные МРТ-данные → предобработка → модуль надразрешения → U-Net-подобная сегментационная сеть → маска опухоли и метрики качества

При реализации модуль надразрешения обучается по комбинированной функции потерь

$$L_{SR} = \alpha L_{MSE}(x, \hat{x}) + \beta L_{perc}(x, \hat{x}) + \gamma(1 - SSIM(x, \hat{x})), \quad (6)$$

где L_{MSE} — среднеквадратичная ошибка, L_{perc} — перцептивная потеря, рассчитываемая в пространстве признаков предобученной сети, SSIM — структурный индекс сходства, $\alpha, \beta, \gamma \geq 0$ — весовые коэффициенты [4,6–8].

Сегментационная сеть оптимизируется по функции потерь

$$L_{seg} = \lambda_{CE} L_{CE}(Y, \hat{Y}) + \lambda_{Dice}(1 - DSC(Y, \hat{Y})), \quad (7)$$

где L_{CE} — категориальная кросс-энтропия, $\lambda_{CE}, \lambda_{Dice} \geq 0$ — веса. Такая комбинация позволяет одновременно учитывать пиксельную точность и

перекрытие масок, а также частично компенсировать дисбаланс классов (малый объём опухоли по сравнению с нормальной тканью).

При совместном обучении каскада можно рассматривать суммарный функционал

$$L = L_{SR} + \mu L_{seg}, \quad (8)$$

где μ задаёт относительную важность задач восстановления и сегментации. На практике часто используют поэтапное обучение: сначала настраивается SR-модуль, затем — сегментационная сеть, далее возможно тонкое совместное дообучение.

Типичный вид зависимостей функции потерь и метрик качества от номера эпохи обучения иллюстрируется графиками: по мере обучения значение L_{seg} снижается, а коэффициент Dice возрастает и выходит на плато.

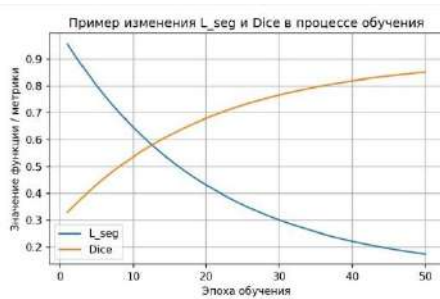


Рис. 2 – Пример изменения функции потерь L_{seg} и коэффициента Dice в процессе обучения U-Net-подобной модели

Качественно влияние SR-модуля на сегментацию можно описать следующим образом. Пусть $\epsilon = x - \hat{x}$ — ошибка восстановления, а $\hat{Y}_0 = g_\Phi(x)$ — результат сегментации при идеальном входе. Если сеть Липшиц-непрерывна с константой L_g , то отклонение выхода оценивается как

$$\|\hat{Y} - \hat{Y}_0\| \leq L_g \|\epsilon\|.$$

(9)

Небольшое изменение маски $\hat{Y}$ приводит к ограниченному изменению метрик (3)–(4), поэтому улучшение качества работы SR-модуля (уменьшение $\|\epsilon\|$, рост SSIM) должно приводить к уменьшению отклонения DSC и IoU от значений, достижимых для данной архитектуры сегментационной сети. Тем самым каскадная архитектура (5) теоретически обосновывает использование

надразрешения как способа повышения информативности данных для последующей сегментации.

Заключение. В работе рассмотрен подход к повышению информативности МРТ-изображений головного мозга для задачи семантической сегментации опухолей на основе каскадной архитектуры, включающей предобработку, модуль надразрешения и U-Net-подобную сегментационную сеть. Сформулированы основные элементы такой архитектуры, приведены выражения для ключевых метрик качества и функций потерь, показано, как характеристики SR-модуля связаны с ожидаемым изменением коэффициента Dice и индекса Жаккара.

Предложенные теоретические соображения могут служить основой для дальнейшей реализации программного комплекса обработки МРТ-изображений и проведения вычислительных экспериментов на открытых и локальных наборах данных. В дальнейшем планируется реализовать и исследовать описанный каскад на реальных данных, а также сравнить фактически достигаемые значения метрик с ожидаемыми на основе изложенной модели.

Литература:

1. Menze B. H. et al. The Multimodal Brain Tumor Image Segmentation Benchmark (BRATS) // IEEE Trans. Med. Imaging. – 2015. – Vol. 34, № 10. – P. 1993–2024.
2. Ronneberger O., Fischer P., Brox T. U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation // MICCAI. – 2015. – P. 234–241.
3. Isensee F. et al. nnU-Net: A Self-Configuring Method for Deep Learning-Based Biomedical Image Segmentation // Nature Methods. – 2021. – Vol. 18. – P. 203–211.
4. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. – М.: Техносфера, 2012. – 1104 с.
5. Козарь Р. В. Методы распознавания медицинских изображений в клинической диагностике. – Минск: БГУИР, 2020. – 184 с.
6. Ledig C. et al. Photo-Realistic Single Image Super-Resolution Using a Generative Adversarial Network // CVPR. – 2017. – P. 4681–4690.
7. Wang X. et al. ESRGAN: Enhanced Super-Resolution Generative Adversarial Networks // ECCV Workshops. – 2018. – P. 63–79.
8. Li B. M. et al. Deep Attention Super-Resolution of Brain Magnetic Resonance Images // Frontiers in Computational Neuroscience. – 2022. – Vol. 16. – P. 1–12.

СРАВНЕНИЕ МОДЕЛЕЙ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СТОИМОСТИ ЦЕННЫХ БУМАГ

Ю. М. Шишкин

Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, yustinianshishkin@yandex.ru

Научный руководитель: Алетдинова А.А., д.э.н., к.т.н., доцент

В статье проводится исследование современных моделей машинного обучения (ML) и глубокого обучения (DL) для прогнозирования цен на акции. В сравнении эффективности участвуют такие модели как: модель временных рядов (ARIMA), Random Forest, метод опорных векторов SVM и рекуррентные нейронные сети (LSTM, GRU).

The article examines modern machine learning (ML) and deep learning (DL) models for stock price forecasting. Such models as the time series model (ARIMA), Random Forest, SVM support vector machine, and recurrent neural networks (LSTM, GRU) are involved in the efficiency comparison.

Актуальность статьи обусловлена тем, что современные модели машинного обучения позволяют выявить сложные и нелинейные зависимости между данными, анализировать большие исторические данные, при этом учитывать сезонности, кризисы и так далее.

Предметной областью исследования является сравнение моделей машинного обучения для прогнозирования стоимости акции.

Цель работы – провести сравнительный анализ моделей машинного обучения, чтобы выявить самую лучшую, которая сможет с большой долей вероятности рассчитывать правильные предсказания цены акций.

Для проведения анализа использованы исторические данные по акциям компании Apple. Они загружены с помощью библиотеки `ufinance` и включают в себя ежедневные цены закрытия с 2020 по 2024 года. После нормализации данных с помощью `MinMaxScaler` были сформированы специальные датафреймы, в которые входили данные за 50 дней, чтобы обучить рекуррентные нейронные сети.

Выбор моделей для исследования был основан на анализе публикаций [1]:

- модель временных рядов ARIMA (классическая статистическая модель для анализа временных рядов);
- деревья решения Random Forest (ансамблевая модель, которая работает при помощи построения множества решений);
- метод опорных векторов SVM (модель, для работы в высокоразмерных пространствах признаков);

- рекуррентные нейронные сети LSTM и GRU (специализированные архитектуры нейронных сетей, которые разработаны для работы с последовательными данными).

Выбор именно этих моделей позволяет нам провести полноценное сравнение моделей для прогнозирования. Начинаем от классических моделей и заканчиваем современными архитектурами глубокого обучения. Это позволит нам сделать выводы о эффективности каждой модели на реальных рыночных данных.

Для оценки качества моделей, мы выбрали следующие метрики: MAE (средняя абсолютная ошибка), RMSE (корень из средней квадратичной ошибки), MAPE (средняя абсолютная процентная ошибка), R^2 (коэффициент детерминации).

Для обучения моделей был осуществлен сбор данных через открытую api библиотеку ufinance, проведена нормализация для того, чтобы привести числовые данные к единому диапазону от нуля к единице для более стабильного и эффективного обучения моделей. Объем выборки 1257 значений. Также данные были разделены на обучающую и тренировочную выборки в соотношении 80/20, где 80% уходит на обучение, а 20% для тестирования.

Это позволило нам создать классические модели ARIMA, SVM и Random Forest.

Предварительный анализ данных показал, что временные ряды цен на акции обладают сезонностью и нелинейностью. Как говорилось в статье [2], это дает нам дополнительные сложности для классических моделей, но эта проблема решается при помощи нейронных сетей.

Кроме того, нами было построено две модели LSTM и GRU. Мы передали нейросетям нормализованные последовательности ценовых данных в формате [количество примеров, 50 временных шагов, 1 признак] и соответствующие им цены закрытия акций.

Оценка качества полученных моделей представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение результатов метрик по моделям

Модель	MAE	RMSE	MAPE (%)	R^2
ARIMA	28.0100	33.8099	12.75	-0.7540
Random Forest	20.8132	27.7177	9.17	-0.1788
SVM	52.7181	66.0479	23.54	-5.6935
LSTM	4.5883	5.4921	2.26	0.9537
GRU	2.9732	3.7458	1.42	0.9785

Модель GRU показала лучшие результаты с $MAE = 2.97$, $RMSE = 3.75$, $MAPE = 1.42\%$ и коэффициентом детерминации $R^2 = 0.9785$, что указывает на высокую точность аппроксимации. В то же время модели ARIMA и SVM показали отрицательные значения R^2 , что свидетельствует об их неэффективности для решения данной задачи. Эти результаты подтверждаются и графически на рисунке 1.

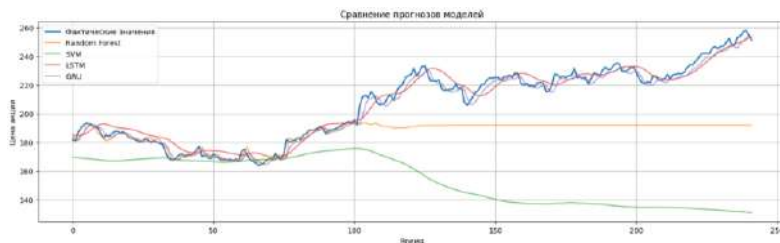


Рис. 1 – График аппроксимации моделей

Глубокое обучение показало отличные результаты: GRU и LSTM достигли $MAPE$ 1.42% и 2.26% соответственно. Это подтверждает выводы исследований, которые говорят о высокой эффективности рекуррентных сетей для анализа финансовых временных рядов.

Гибридные подходы также оказались успешными. Однако в нашем случае чистая GRU продемонстрировала немного лучшие результаты, чем гибридные ансамбли.

Традиционные методы машинного обучения (Random Forest, SVM) показали ограниченную эффективность. Это согласуется с выводами [4], которые указывают на необходимость специализированных подходов для работы с финансовыми данными.

Модель ARIMA оказалась наименее эффективной. Это объясняется ее неспособностью учитывать сложные нелинейные зависимости, как отметили в [5].

Полученные результаты совпадают с современными исследованиями в области прогнозирования финансовых временных рядов. Как отмечается в [5], ключевыми факторами успеха являются:

Способность моделировать временные зависимости – LSTM и GRU эффективно сохраняют долгосрочные зависимости, что крайне важно для анализа финансовых данных.

Устойчивость к шумам – методы ансамблевого обучения и глубокого обучения демонстрируют высокую устойчивость к рыночному шуму.

Адаптация к нестационарным данным – нейронные сети обладают способностью адаптироваться к меняющимся рыночным условиям.

Проведенное исследование позволяет сказать, что модели машинного обучения показывают самые разные результаты при аппроксимации цен на акции. Сравнительный анализ пяти моделей на исторических данных акций компании Apple за период с 2020 по 2024 года дал нам понятный ответ: модели глубокого обучения кратно превосходят классические модели по всем метрикам.

Самые лучшие результаты показали рекуррентные нейронные сети, что полностью согласуется с современными научными исследованиями в области анализа финансовых временных рядов. Модель GRU показала лучшую точность предсказания с MAPE 1,42% и $R^2 = 0,9785$. LSTM также показала впечатляющие результаты с MAPE 2,26% и $R^2 = 0,9537$.

Классические модели машинного обучения показали себя достаточно слабо на фоне нейронных сетей. Но все же Random Forest показал MAPE 9,17%, можно сказать, что модель справилось достаточно неплохо. В то время как SVM и ARIMA показали самую низкую эффективность в предсказании цен, при этом все 3 модели показали R^2 отрицательным, что указывает на их неприменимость для прогнозирования нелинейных временных рядов.

Полученные результаты крайне важны и имеют практическое значение для участников финансового рынка. Модели глубокого обучения крайне хорошо себя показали и их можно рекомендовать для внедрения в инвестиционные решения.

Заметны перспективы в создании гибридных моделей, которые сочетают в себе преимущества различных архитектур, а также в адаптации рассмотренных подходов к прогнозированию других классов финансовых инструментов с учетом их специфических особенностей и рыночной динамики.

Литература:

1. Stock Selection Using Machine Learning Based on Financial Ratios // Mathematics (MDPI). – 2023. – Vol. 11, No 23. – DOI: 10.3390/math11234758.
2. Machine learning, stock market forecasting, and market efficiency: a comparative study // International Journal of Data Science and Analytics. – 2025. – DOI: 10.1007/s41060-025-00854-4.
3. Stock Market Prediction Using Machine Learning and Deep Learning Techniques: A Review // AppliedMath (MDPI). – 2025. – Vol. 5, No 3. – DOI: 10.3390/appliedmath5030076.
4. Stock price prediction based on deep learning // Academic Journal of Computing & Information Science. – 2024. – URL: <https://francis-press.com/papers/15469>.

5. Stock Market Index Prediction Using Machine Learning and Deep Learning Techniques // Intelligent Automation & Soft Computing. – 2023. – Vol. 37, No 2. – DOI: 10.32604/iasc.2023.053230.

СРАВНЕНИЕ КОМПЕТЕНТНОСТНОГО ПОДХОДА В ЭКСПЕРТНО-ЭВРИСТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКЕ ИНТЕРФЕЙСОВ С ДРУГИМИ МЕТОДАМИ ОЦЕНКИ ЮЗАБИЛИТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

У. И. Халеева

**Нижегородский государственный технический университет
им. Р. Е.Алексеева,**

г. Нижний Новгород, u.gulyaeva@nntu.ru

Научный руководитель: Филинских А.Д., к.т.н., доцент

В статье проводится систематизация современных методов оценки пользовательских интерфейсов (UI) и пользовательского опыта (UX). Предложена комплексная система критериев для сравнительного анализа методов, включающая такие параметры, как операционализируемые метрики, трудоемкость, возможность автоматизации и применимость на различных стадиях жизненного цикла продукта. Работа демонстрирует преимущества нового комплексного метода оценки интерфейсов по сравнению с другими наиболее распространенными на текущий момент методами.

This article systematizes modern methods for evaluating user interfaces (UI) and user experience (UX). It proposes a comprehensive framework of criteria for the comparative analysis of these methods, encompassing parameters such as operationalized metrics, resource intensity, potential for automation, and applicability across various stages of the product lifecycle. The work demonstrates the advantages of a novel, comprehensive interface evaluation method in comparison to other currently prevalent methodologies.

Стремительный прогресс в области информационных технологий диктует новые правила взаимодействия пользователя с электронными устройствами, способы визуализации данных [1] и параметры удобства их отображения [2]. Существующие методы оценки интерфейсов являются несостоятельными в текущих условиях и требуют модернизации, поэтому было принято решение о разработке нового метода [3-6] оценки интерфейсов, сочетающего в себе как техническую оценку параметров быстродействия и кода информационной системы, так и мнение потенциальных пользователей об удобстве и привлекательности интерфейсов.

В работе приводится сравнение нового метода, опирающегося на экспертную, эвристическую и компетентностную оценку в «качественной» составляющей комплексной оценки и технические параметры быстродействия и СЕО-оптимизации в «количественной». Эмпирическая часть содержит результаты сравнения эффективности методов наиболее популярных на текущий момент [7-8].

Производилось сравнение следующих методов оценки интерфейса:

1. Комплексная оценка юзабилити (новый метод) [3-6];
2. Юзабилити-тестирование [9];
3. Анализ данных и метрик:
 - А/В-тестирование [10];
 - Тепловые карты [11];
 - Анализ поведения пользователей [12];
4. Качественные методы исследования:
 - Глубинные интервью [13];
 - Опросы и анкетирование [14];
 - Дневниковые исследования [15];
5. Экспертная оценка:
 - Эвристическая оценка [16];
 - Когнитивный обход [17];
6. Прогнозная аналитика (в том числе ИИ) [18].

Для проведения системного сравнения методов оценки пользовательских интерфейсов была разработана система из семи ключевых критериев. Данные критерии позволяют объективно оценить применимость, ресурсоемкость и информационную ценность каждого метода в контексте конкретных исследовательских или проектных задач.

1. Простота применения [19]:
 - Уровень экспертизы, необходимый для реализации метода
 - Показатель доступности метода для непрофессионалов
2. Трудоемкость [20]:
 - Временные затраты: продолжительность полного цикла исследования;
 - Трудовые затраты: объем человеческих ресурсов и их квалификация;
3. Потенциал автоматизации [21]:
 - Степень возможности автоматизации сбора данных и расчета метрик;
 - Способность к непрерывному мониторингу;
4. Тип генерируемых данных:

- Качественные: данные о мотивации и причинах поведения;
 - Количественные: числовые метрики и поведенческие паттерны;
5. Стадия применения [22]:
 - Релевантность метода для конкретных фаз жизненного цикла продукта;
 - Соответствие исследовательским целям на разных этапах разработки;
 6. Широта охвата оцениваемых критериев:
 - Высокий уровень (5+ критериев): комплексная оценка эффективности, продуктивности, ошибок, удовлетворенности;
 - Средний уровень (2-4 критерия): фокус на ограниченном наборе аспектов взаимодействия;
 - Низкий уровень (1-2 критерия): валидация узких гипотез;
 - Вариативный уровень: зависимость от структуры исследования;

Ниже в Таблице 1 приведены результаты сравнения нового метода с другими методами из перечня выше. Графа «Количество оцениваемых критериев» отражает широту охвата различных аспектов методом за одну процедуру применения.

Проведенный анализ демонстрирует, что не существует универсального метода, оптимального по всем исследуемым критериям сравнения. Однако, полученные результаты наглядно демонстрируют преимущества предложенного комплексного метода на основе экспертно-эвристической оценки с применением компетентностного подхода в части охвата (количества и типов) различных критериев и характеристик, что может говорить об эффективности нового метода с точки зрения полноты. Также следует отметить относительную простоту применения нового метода, которая достигается путем автоматизации вычислений, однако данная характеристика является субъективной оценкой. Неоспоримым достоинством нового метода является возможность его использования на различных этапах ЖЦ продукта, что свидетельствует о его универсальности.

**Таблица 1. Сравнительные характеристики методов оценки
пользовательских интерфейсов**

Метод	Просто та применения	Трудоем кость (время/т руд)	Возмож ность автомати зации	Количес тво оценива емых критери ев	Тип дан ных	Стадия примене ния
Комплексная оценка юзабилити (нов.)	Ср.-Выс.	Выс. / Выс.	Частич.	Выс. (5+)	Смеш.	Прото-тип, релиз, итоговая оценка
Юзабилити-тестирование	Ср.	Ср.-Выс. / Ср.-Выс.	Низ.	Выс. (5+)	Кач.	Прото-тип, релиз
А/В-тестирование	Ср.	Ср. / Низ.	Выс.	Низ. (1-2)	Кол.	Релиз
Тепловые карты	Выс.	Низ. / Низ.	Выс.	Ср. (2-3)	Кол.	Релиз
Анализ поведения	Ср.	Низ. / Ср.	Выс.	Выс. (4+)	Кол.	Релиз
Глубинные интервью	Ср.	Выс. / Выс.	Низ.	Выс. (5+)	Кач.	Исследование, концепция
Опросы	Выс.	Низ.-Ср. / Низ.	Выс.	Зависит от целей	Кол.	Любая
Дневниковые исследования	Низ.	Выс. / Выс.	Низ.	Выс. (5+)	Кач.	Лонгитюдное иссл.
Эвристическая оценка	Выс.	Низ. / Низ.	Низ.	Фикс. (10)	Кач.	Прото-тип, релиз
Когнитивный обход	Ср.	Ср. / Ср.	Низ.	Сфокус. (1-2)	Кач.	Прото-тип, релиз
Прогноз-ная аналитика	Низ.	Выс. / Выс.	Выс.	Сфокус. (1-2)	Кол.	Релиз (с истор.. данными)

Литература:

1. Куркин А. А. К вопросу визуализации географического распределения коренных малочисленных народов России / А. А. Куркин, С. А. Епифанов // Экономическая безопасность России: проблемы и перспективы: Материалы XII Международной научно-практической конференции, Нижний Новгород, 29 мая 2024 года. – Нижний Новгород: Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, 2024. – С. 247-251. – EDN WSJGWE.
2. Куркин А. А. Опыт применения современных инструментов геоинформационного картографирования для составления этнографической карты коренных малочисленных народов России / А. А. Куркин, С. А. Епифанов // Будущее технической науки : сборник материалов XXIII Всероссийской молодежной научно-технической конференции, Нижний Новгород, 31 мая 2024 года. – Нижний Новгород: Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, 2024. – С. 778-779. – EDN VGAPLE.
3. Гуляева У. И. Вычисление оценки интерфейса при помощи экспертно-эвристического метода / У. И. Гуляева // XXVI Нижегородская сессия молодых ученых (технические, естественные науки) : Материалы конференции, Нижний Новгород, 25–28 мая 2021 года. – Нижний Новгород: Издательство "Перо", 2021. – С. 54-57. – EDN DXKANO.
4. Khaleeva, U. Evaluating the interface using expert-heuristic method / U. Khaleeva // CEUR Workshop Proceedings : 31, Nizhny Novgorod, 27–30 сентября 2021 года. – Nizhny Novgorod, 2021. – P. 1114-1124. – EDN SMVQXH.
5. Халеева, У. И. Экспертно-эвристический метод оценки интерфейсов. Формирование группы экспертов и расчет их весовых коэффициентов / У. И. Халеева // Информационные технологии. – 2022. – Т. 28, № 1. – С. 3-8. – DOI 10.17587/it.28.3-8. – EDN LTZHDD.
6. Халеева, У. И. Компетентностный подход в экспертно-эвристической оценке графических пользовательских интерфейсов / У. И. Халеева // Труды Международной конференции по компьютерной графике и зрению "Графикон". – 2022. – № 32. – С. 1175-1185. – DOI 10.20948/graphicon-2022-1175-1185. – EDN BCHJDD.
7. Rajat, B. 11 Best UX Research Methods for 2025 [Electronic resource] / B. Rajat. — PRO CREATOR, 2025. — February 22. — URL: <https://procreator.design/blog/best-ux-research-methods/> (date of access: 10.11.2025).

8. 10 UX/UI Best Practices for Modern Digital Products in 2025 [Electronic resource]. — devPulse, 2025. — March 19. — URL: <https://devpulse.com/insights/ux-ui-design-best-practices-2025-enterprise-applications/> (date of access: 10.11.2025).
9. Nielsen, J. Usability 101: Introduction to Usability [Electronic resource] / J. Nielsen. — Nielsen Norman Group, 2012. — January 3. — URL: <https://www.nngroup.com/articles/usability-101-introduction-to-usability/> (date of access: 11.11.2025).
10. Neusser, Tim A/B Testing 101 [Electronic resource] / J. Nielsen. — Nielsen Norman Group, 2024. — August 30. — URL: <https://www.nngroup.com/articles/ab-testing/> (date of access: 11.11.2025).
11. Nielsen, J. Eyetracking Web Usability [Text] / J. Nielsen, K. Pernice. — Berkeley, CA : New Riders, 2010. — 450 p.
12. Garvin, L. Researching UX: Analytics [Text] / L. Garvin. — Collingwood : SitePoint Pty. Ltd., 2017. — 150 p.
13. Maynard, A. A Practical Introduction to In-depth Interviewing [Text] / A. Maynard. — Chennai : C&M Digitals (P) Ltd., 2015. — 210 p.
14. Brodie, J. SUS — A quick and dirty usability scale [Electronic resource] / J. Brodie. — Redhatch Consulting Ltd., Earley. — URL: <https://hell.meiert.org/core/pdf/sus.pdf> (date of access: 11.11.2025).
15. Flanders, K. Diary Studies: Understanding Long-Term User Behavior and Experiences [Electronic resource] / K. Flanders. — Nielsen Norman Group, 2024. — March 29. — URL: <https://www.nngroup.com/articles/diary-studies/> (date of access: 11.11.2025).
16. Heuristic evaluation [Electronic resource]. — Wikimedia Foundation, Inc., 2019. — URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Heuristic_evaluation (date of access: 11.11.2025).
17. Wharton, C. The Cognitive Walkthrough Method: A Practitioner's Guide [Text] / Wharton, Rieman, Lewis, and Polson // Institute of Cognitive Science, Colorado. — 1994.
18. Siegel, E. Predictive Analytics: The Power to Predict Who Will Click, Buy, Lie, or Die [Text] / E. Siegel. — Hoboken : John Wiley & Sons, 2016. — 320 p.
19. Nielsen, J. Usability Engineering [Text] / J. Nielsen. — Mountain View : Academic Press, Inc., 1994. — 362 p.
20. Rubin, J. Handbook of Usability Testing: How to Plan, Design, and Conduct Effective Tests [Text] / J. Rubin, D. Chisnell. — 2nd ed. — Indianapolis : Wiley Publishing, Inc, 2008. — 384 p.

21. Hornbæk, K. Current practice in measuring usability: Challenges to usability studies and research [Text] / K. Hornbæk // International Journal of Human-Computer Studies. — 2006. — Vol. 64, No. 2. — P. 79–102.

22. ГОСТ Р ИСО 9241-210-2016 Эргономика взаимодействия человек-система. Часть 210. Человеко-ориентированное проектирование интерактивных систем [Текст] : ГОСТ Р ИСО 9241-210-2016. — Введ. 2017-12-01. — М. : Стандартинформ, 2016. — 40 с.

РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ ВЫРАВНИВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ СТЕКЛОВАРЕННОЙ ПЕЧИ ПО ТОЧКАМ ПОДАЧИ ШИХТЫ

А. С. Фисенко

Новосибирский государственный технический университет,

г. Новосибирск, fisenko.2019@corp.nstu.ru

Научный руководитель: Яковина И. Н., к.т.н.

В работе представлен разработанный программный модуль, реализующий алгоритм автоматического выравнивания видеок кадров системы наблюдения за пламенным пространством стекловаренной печи по контрольным точкам – местам подачи шихты. Разработка выполнена на языке Python с использованием библиотеки OpenCV и включает этапы предварительной обработки, детекции ключевых точек методом SIFT и аффинного поворота. Предложенный подход обеспечивает стабильность анализа кадров в условиях задымленности, неравномерного освещения и загрязнения камеры.

The paper presents a developed software module that implements an algorithm for automatically aligning video frames of a system for monitoring the flame space of a glass furnace according to control points – charge feed sites. The development is performed in Python using the OpenCV library and includes the stages of preprocessing, key point detection using SIFT and affine rotation. The proposed approach ensures the stability of the analysis of consecutive frames in conditions of smoke, uneven lighting and contamination of the camera.

Введение. Разработка проводилась в рамках проектирования решения для автоматизации процесса наблюдения за непрерывным циклом варки стекломассы Система промышленного программного обеспечения для наблюдения за стекловаренной печью включает подсистемы сбора видеоданных, предварительной обработки, анализа и визуализации результатов (рис. 1). Разрабатываемый модуль выравнивания изображения интегрируется в цепочку обработки на этапе настройки, где используется для автоматической корректировки положения кадров по точкам подачи шихты, облегчая оператору выделение рабочих областей.

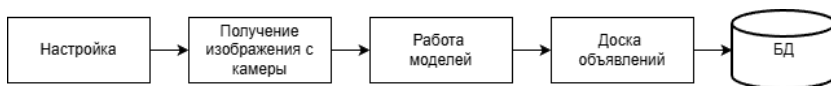


Рис.1 – Алгоритм работы программного обеспечения

Контроль за распределением шихты в стекловаренной печи является ключевым фактором стабильности технологического процесса [4]. Места подачи шихты (две симметричные точки на верхней границе пламенного пространства) служат естественными опорными ориентирами. Однако изображения, полученные с камер наблюдения, подвержены смещению, наклону и искажениям из-за вибраций, тепловых деформаций и загрязнения объектива [3].

Существующие системы видеонаблюдения в стекольной промышленности [2, 5] не предусматривают автоматической корректировки ориентации изображения по технологическим ориентирам. В данной работе представлен результат разработки алгоритма выравнивания изображения по точкам подачи шихты, обеспечивающего корректное положение эталонного кадра для последующего анализа.

Методы и материалы. Разработка модуля основана на методах компьютерного зрения из библиотеки OpenCV и включает этапы предварительной обработки, сегментации и выравнивания. Предварительная обработка видеок кадров включает перевод в оттенки серого, подавление шума, повышение резкости и контраста. Это готовит данные к дальнейшему анализу, минимизируя влияние визуальных помех [1]. Сегментация нерасплавленных фрагментов шихты осуществляется с помощью адаптивной пороговой обработки и морфологических операций. Адаптивный порог выделяет темные области на светлом фоне расплава, а морфология сглаживает контуры и удаляет шум. Результат – выделенные контуры объектов на изображении (рис. 2).

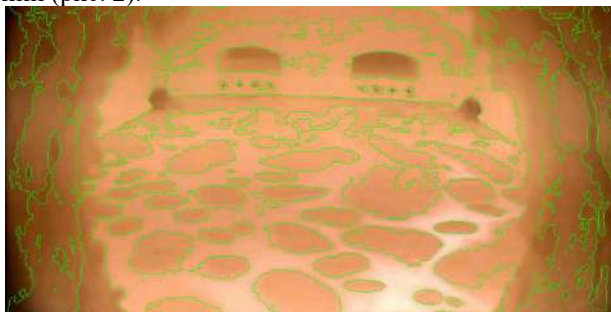


Рис.2 – Выделение контуров на поверхности шихты

Выравнивание изображений выполняется по контрольным точкам – местам подачи шихты. Используется метод SIFT для детекции ключевых точек в маскированных областях, с отбором темных дескрипторов. По двум точкам рассчитывается угол наклона, и применяется аффинное преобразование для коррекции. Это обеспечивает горизонтальность кадров и сопоставимость изображений (рис. 3).

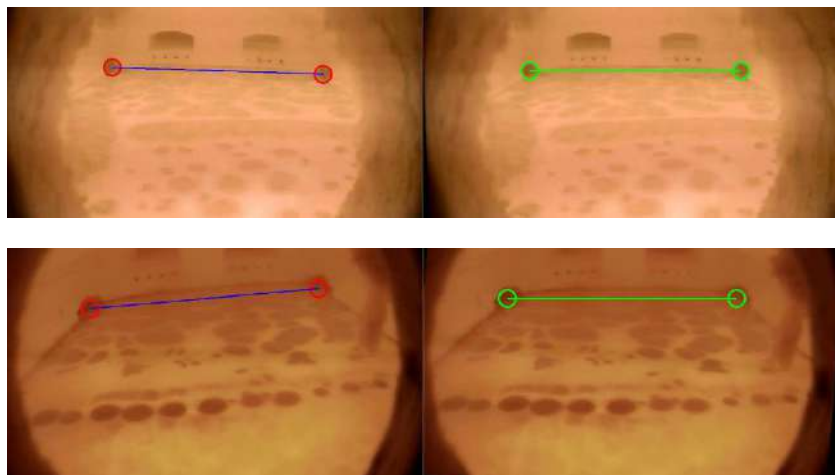


Рис.4 – Результат выравнивания изображений

Результаты. Разработанный алгоритм обеспечивает устойчивое определение контрольных точек и корректное выравнивание изображения в условиях неравномерного освещения, задымлённости и оптических искажений. Это позволяет оператору значительно быстрее и точнее выполнять настройку системы: после выравнивания зоны технологического контроля фиксируются корректно, и последующие этапы анализа выполняются в согласованной системе координат.

Таким образом, модуль выравнивания снижает нагрузку на оператора и повышает надёжность работы всего программного комплекса.

Заключение. Разработанный алгоритм позволяет автоматически выравнивать видеокadres системы наблюдения за стекловаренной печью по технологически значимым ориентирам – точкам подачи шихты. Дальнейшее развитие включает интеграцию алгоритма в промышленную систему мониторинга пространства печи.

Литература:

1. Czajka P., Mizak W. A method for monitoring glass melt surface in a glass furnace // Journal of Machine Construction and Maintenance. – 2019. – № 115. – С. 37–48.
2. Garbacz P., Czajka P. Image-Based Monitoring of Glass Melting Process // Automation 2022. – Warsaw: Advances in Intelligent Systems and Computing, 2022. – С. 296–305.
3. Abbassi A., Khoshmanesh Kh. Numerical simulation and experimental analysis of an industrial glass melting furnace // Applied Thermal Engineering. – 2008. – № 28. – С. 450–459.
4. Rotter P. Extraction of relevant glass melting parameters based on the pairwise comparisons of sample images from a furnace // Glass Technology: European Journal of Glass Science and Technology Part A. – 2014. – № 55(2). – С. 55–62.
5. Garbacz P., Czajka P., Giesko T., Mazurkiewicz A. Vision System for Inspection of Glass Furnace Structure // Automation 2017. – Warsaw: Advances in Intelligent Systems and Computing, 2017. – С. 408–417.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ВЕРИФИКАЦИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ТРЕБОВАНИЙ ЧЕРЕЗ СИНТАКСИЧЕСКИЙ И СЕМАНТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

К. Д. Овсяников

Новосибирский государственный технический университет,

г. Новосибирск, kirill54ko@gmail.com

Научный руководитель: Курчеева Г. И., к.э.н., доцент

В статье рассматривается задача повышения качества спецификации функциональных требований посредством автоматизированной верификации на ранних этапах разработки. Предлагается подход, сочетающий синтаксический разбор текстовых требований и их семантическое моделирование в виде ориентированного графа зависимостей. Такой подход направлен на выявление как явных логических противоречий, так и скрытых конфликтов, возникающих при пересечении условий и состояний системы. Разработка включает формализацию типовых ошибок непротиворечивости (конфликт действий, конфликт условий, неполнота переходов) и алгоритм их обнаружения. Актуальность темы обусловлена тем, что неэффективная спецификация требований приводит к дорогостоящей доработке. Представленный подход открывает перспективы для раннего обнаружения противоречивых формулировок и повышения качества программных проектов.

This paper addresses the problem of improving the quality of functional requirements specifications by means of automated verification at early stages of

development. We propose an approach that combines syntactic parsing of textual requirements with their semantic modeling as a directed dependency graph. The approach is intended to reveal both explicit logical contradictions and latent conflicts that arise from intersections of system conditions and states. The work includes a formalization of common inconsistency types (action conflicts, condition conflicts, and incomplete or missing transitions) and an algorithm for their detection. The topic is relevant because ineffective requirement specifications lead to costly rework; The presented approach offers prospects for early identification of conflicting formulations and for enhancing the overall quality of software projects.

Введение

Процесс выдвижения и документирования требований является ключевым этапом разработки сложных программных систем. Эмпирические исследования показывают, что некачественно сформулированные требования остаются одной из главных причин провалов ИТ-проектов [3]. При этом подавляющая часть требований описывается в естественном языке [3], который, будучи удобен для человека, характеризуется неоднозначностью и низкой формализацией. В результате многие требования могут оказаться противоречивыми, неполными или двусмысленными, что заметно повышает риски проекта. С известным закономерным ростом затрат, чем позднее обнаружены ошибки требований, тем выше стоимость их устранения [2]. В этой ситуации особую важность приобретает автоматизация поддержки процессов верификации требований.

Наряду с традиционными методами (ручной анализ, применение матриц трассировки) в литературе активно развиваются формальные и инструментальные подходы к проверке требований. Систематический обзор Umar и Lano [4] подчёркивает важность автоматизированной поддержки. Она позволяет сократить цикл разработки и снизить связанные с ним затраты. Во многих современных инструментах используются технологии обработки естественного языка для анализа текстовых требований. Однако чисто NLP-ориентированные решения (Natural Language Processing — обработка естественного языка компьютером) обычно требуют обширных наборов данных для обучения и могут не обеспечивать должной точности при отсутствии формальной структуры требований.

В настоящем исследовании предлагается развивать методы автоматизированной верификации функциональных требований, опираясь на их строго структурированное представление и графовую (структура, в которой узлы представляют элементы требований) семантическую модель. Цель заключается в том, чтобы уже на этапе спецификации выявлять не только прямые логические противоречия, но

и скрытые конфликты, которые обусловлены пересечением условий, действий и состояний в требованиях. Гипотеза состоит в том, что применение синтаксического анализа текста (процесс выявления грамматической структуры предложения) требований с последующим семантическим (процесс определения значений и отношений между извлечёнными элементами) отображением в ориентированный граф позволит с высокой точностью обнаруживать различные классы непротиворечивости без необходимости масштабного машинного обучения. Верификация требований на основе графов ориентирована на конкретную грамматику и семантику предметной области, что контрастирует с универсальными NLP-решениями.

Обзор литературы

В настоящее время существует ряд подходов к проверке корректности требований. Так, Хаусманн с соавторами [1] предложили формализацию моделей прецедентов (use-case — описание взаимодействия акторов и системы в типичных сценариях использования) с помощью теории графовых преобразований, позволяющую точно определить конфликты и зависимости между функциональными требованиями. Их метод статического анализа UML-диаграмм (стандартизованный язык моделирования программных систем) поддерживает инженеров без дополнительного ввода формализма, автоматически выделяя конфликты. Кроха и соавторы [Ошибка! Источник ссылки не найден.] исследовали использование с семантических онтологий: они преобразуют UML-модель требований в OWL-онтологию (стандартный формальный язык описания онтологий, поддерживающий логический вывод) и с помощью логического выводчика обнаруживают несогласованности. Этот подход уделяет внимание привязке требований к доменной модели, но ограничен анализом статических аспектов спецификации.

Другие исследования также делают упор на семантический анализ текста. Гуо и коллеги [2] разработали FSARC — метод на основе семантического анализа функциональных требований, в котором текст переводится в восьмиточечные семантические кортежи, после чего детектируется семь типов конфликтов. Авторы добились практически 100% полноты обнаружения конфликтов на выборках требований. FSARC ориентирован на требования в свободной форме и использует эвристические правила, что может требовать ручной настройки для каждой предметной области. Также обсуждаются контролируемые языки (CNL) для требований. Например, Вейзага [3] разработали язык Rimaу для финансовых требований, призванный убрать двусмысленность NL-описаний.

Обзор существующих методов показывает, что хотя автоматизированные инструменты облегчают выявление некоторых видов ошибок (например, неполноты или несоответствий формату), они часто не рассматривают комплексные сочетания условий и состояний. Разработанные ранее подходы либо зависят от введения формальных ограничений на этапах моделирования, либо не ориентированы на исследование скрытых логических пересечений, возникающих на стыках сценариев и состояний.

Цели, гипотеза и план исследования

Целью исследования является разработка научно-обоснованного метода автоматизированной верификации функциональных требований на основе синтаксического и семантического анализа. Основные задачи включают: 1) формализацию структуры функционального требования в терминах акторов, действий, условий и ответов системы; 2) построение ориентированного графа зависимостей, отражающего семантические связи между элементами требований; 3) определение и формализация типовых ошибок непротиворечивости: конфликт действий (несовместимые действия в одних и тех же обстоятельствах), конфликт условий (противоречивые пред- или постусловия), а также неполнота переходов состояний; 4) разработка алгоритмов анализа графовой модели на предмет выявления указанных ошибок.

Гипотеза исследования состоит в том, что при строгом шаблонном подходе к описанию требований и анализе их синтаксиса возможно построить компактную семантическую модель, достаточную для обнаружения скрытых конфликтов. Это позволит обойтись без больших обучающих выборок: алгоритм опирается на заранее заданные правила анализа структуры требований. Мы полагаем, что предложенное сочетание синтаксического разбора и графовой семантики обеспечит высокую точность обнаружения логических противоречий уже на ранних этапах разработки, что в свою очередь повысит надёжность спецификации требований.

План исследования включает следующие этапы:

1. **Синтаксический анализ.** Из текста формализованных функциональных требований извлекаются ключевые структуры (акторы, действия, объекты, условные конструкции) с помощью морфологического и синтаксического парсера.

2. **Семантическое моделирование.** На основе разобранных элементов строится ориентированный граф зависимостей, где узлы соответствуют событиям системы, а рёбра отражают причинно-следственные и условно-логические связи.

3. **Формализация конфликтов.** Определяются формальные критерии обнаружения конфликтов: например, если два требования предусматривают противоположные действия при пересекающихся условиях или не учитывают некоторые переходы состояний.

4. **Алгоритм верификации.** Разрабатывается алгоритм обхода и анализа графа, который по заданным шаблонам находит ситуации конфликта. Паттерны обнаружения строятся на семантических связях между узлами графа.

5. **Формальная обоснованность.** Предполагается проведение теоретического анализа корректности алгоритма и оценка его сложности.

Практическая значимость и новизна

Научная новизна предлагаемого подхода заключается в синтезе методов синтаксического анализа текста требований и семантического моделирования в виде ориентированного графа зависимостей. В отличие от существующих исследований, акцент делается на строго структурированные формулировки требований, что обеспечивает высокую точность обработки без обучения на объемных данных. Предлагаемый алгоритм позволяет выявлять прямые противоречия, возникающие при наложении условий и состояний системы. Кроме того, формализуются типичные ошибки непротиворечивости требований — конфликт действий, конфликт условий, неполнота переходов — и разрабатываются методы их автоматического обнаружения на графовой модели. Такой системный подход к анализу требований с использованием графовых структур и паттернов семантического анализа не имеет прямых аналогов в литературе.

Практическая значимость результатов исследования проявляется в повышении эффективности процессов сбора и анализа требований. Для бизнеса и системных аналитиков это означает значительное снижение затрат: раннее выявление неточностей и конфликтов в техническом задании сокращает затраты на их устранение в поздних фазах проекта [2]. Автоматизированная проверка требований снижает влияние «человеческого фактора» и способствует формированию более полного и непротиворечивого ТЗ. Кроме того, разгрузка аналитиков от рутинной проверки логики позволяет ускорить процесс проработки требований и повысить качество взаимодействия с заказчиком. Для проектных команд (разработчиков, тестировщиков) это выражается в уменьшении числа уточняющих вопросов и неясностей: четко сформулированные и согласованные требования позволяют точнее планировать сроки и ресурсы разработки, повышая предсказуемость процесса. В сумме эти

эффекты ведут к улучшению качества продукта и уменьшению рисков перерасхода бюджета и сроков.

Заключение

Проведённый анализ актуальности темы показывает, что автоматизированная верификация функциональных требований является востребованной задачей науки и практики. С одной стороны, важность качественных требований для успешной разработки подтверждается исследованиями. С другой стороны, ручные методы проверки слишком трудоемки и ограничены, а существующие автоматизированные решения не охватывают всех типов ошибок. Представленный подход, основанный на синтаксическом разборе и семантическом представлении требований в виде графа, призван заполнить эту нишу. Он позволяет на ранних этапах выявлять сложные конфликты требований, ранее невидимые при традиционных методах, и тем самым повысить эффективность процесса разработки. Дальнейшее развитие исследования будет направлено на формальную валидацию предложенных алгоритмов и интеграцию метода в инструментарий системного анализа.

Литература:

1. Hausmann J. H., Heckel R., Taentzer G. Detection of conflicting functional requirements in a use case-driven approach: a static analysis technique based on graph transformation // Proc. 24th Int. Conf. on Software Engineering (ICSE'02). — New York: ACM, 2002. — P. 105–115. — DOI:10.1145/581339.581355.
2. Guo W., Zhang L., Lian X. Automatically detecting the conflicts between software requirements based on finer semantic analysis [Electronic resource] // arXiv preprint arXiv:2103.02255. — 2021. — URL: <https://arxiv.org/abs/2103.02255> (accessed: 13.11.2025).
3. Veizaga A., Villarroel R., Daza D., Pardo C. On systematically building a Controlled Natural Language for functional requirements (Rimay) // Empirical Software Engineering. — 2021. — DOI:10.1007/s10664-021-09956-6.
4. Umar M., Lano K. Automated requirements engineering: A systematic literature review // Software and Systems Modeling. — 2024. — Vol. 23, No. 2. — P. 357–380. — DOI: 10.1007/s10270-023-01054-9
5. Verma K., Kass A., Vasquez R.G. Using syntactic and semantic analyses to improve the quality of requirements documentation // Semantic Web. — 2014. — Vol. 5, No. 5. — P. 405–419. — DOI:10.3233/SW-2012-0071.

6. Boehm B.W., Papaccio P.N. Understanding and controlling software costs // IEEE Transactions on Software Engineering. — 1988. — Vol. 14, No. 10. — P. 1462–1477. — DOI:10.1109/32.6191.

7. Krogstie J., Dalberg V., Opdahl A.L. An ontology-based approach to consistency checking of UML models // Software and Systems Modeling. — 2009. — Vol. 8, No. 1. — P. 45–60. — DOI:10.1007/s10270-007-0066-0.

8. Lambers L., Ehrig H., Orejas F. Efficient conflict detection in graph transformation systems by essential critical pairs // Electr. Notes Theor. Comput. Sci. (Proc. Int. Workshop on Graph Transformation and Visual Modelling Techniques — GTVMT'06). — 2008. — Vol. 211. — P. 17–26. — DOI: 10.1016/j.entcs.2008.04.026.

9. Yan R., Cheng C.-H., Zhang G., Chai Y. Formal consistency checking over specifications in natural languages [Electronic resource] // arXiv preprint arXiv:1405.5003. — 2014. — URL: <https://arxiv.org/abs/1405.5003> (accessed: 13.11.2025).

10. Kroha P., Janetzko R., Labra J. E. Ontologies in checking for inconsistency of requirements specification // Proceedings of the 2009 Third International Conference on Advances in Semantic Processing (SEMAPRO). — Sliema, Malta, 11–16 Oct. 2009. — Washington, DC: IEEE Computer Society, 2009. — P. 32–37. — ISBN 978-0-7695-3833-4. — DOI: 10.1109/SEMAPRO.2009.11.

МОДЕРНИЗАЦИЯ ОБЛАЧНОЙ ПЛАТФОРМЫ НГТУ: АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

С. Д. Мокроусов

**Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, s.mokrousov@corp.nstu.ru**

Научный руководитель: Цыгулин А. А., к.т.н., доцент

Статья посвящена модернизации облачной платформы Новосибирского государственного технического университета. В ней анализируются ключевые проблемы существующей инфраструктуры, связанные с отсутствием безопасного внешнего доступа, ограниченными возможностями для коллективной работы, недостаточной сетевой изоляцией и автоматизацией управления, а также несоответствием пользовательского и административного интерфейсов современным функциональным требованиям и рассматриваются пути и этапы решения данных проблем.

The article is devoted to the modernisation of the cloud platform at Novosibirsk State Technical University. It analyses key problems with the existing infrastructure related to the lack of secure external access, limited opportunities for collaborative work, insufficient network isolation and management automation, as well as the

incompatibility of user and administrative interfaces with modern functional requirements, and considers ways and stages of solving these problems.

Введение

Современный образовательный и научный процесс трудно представить без использования облачных технологий, которые предоставляют студентам и исследователям гибкий и масштабируемый доступ к вычислительным ресурсам, системному и прикладному ПО [1]. Облачная платформа Новосибирского государственного технического университета, построенная на основе системы виртуализации oVirt и комплекса надстроек, реализованных на языке Python в связке с фреймворком Flask, успешно эксплуатируется в течение нескольких лет. Однако растущие потребности пользователей и развитие IT-инфраструктуры выявили ряд системных ограничений и проблем в текущей реализации. Устаревшие версии программного обеспечения, отсутствие продуманной схемы доступа из глобальной сети, ограниченные возможности для коллективной работы и не отвечающих современным требованиям пользовательский интерфейс диктуют необходимость глубокой модернизации платформы [2]. Данная статья посвящена анализу ключевых проблем существующей системы и формулировке концептуальных путей их решения в рамках проекта по полной переработке платформы.

Анализ проблем и предлагаемые решения

Одной из наиболее острых проблем является отсутствие безопасного и удобного доступа к виртуальным машинам (ВМ) из глобальной сети Интернет [2]. В текущей конфигурации не реализована публикация сервисов с SSL-шифрованием. Для решения данной задачи необходимо интегрировать механизм автоматической выдачи SSL-сертификатов, например, с помощью Let's Encrypt Certbot. Эффективным решением может стать разработка подсистемы, генерирующей для каждой публикуемой ВМ случайное доменное имя четвертого уровня в зоне cloud.nstu.ru, с последующей автоматической привязкой и выдачей сертификата. Это обеспечит безопасность соединений и избавит пользователей от необходимости самостоятельно решать вопросы с доменами и сертификатами.

Существенным узким местом является подсистема публикации сервисов. Текущее решение на базе pfSense не справляется с большим количеством правил трансляции сетевых адресов (NAT) и не предоставляет программный интерфейс (API) для интеграции с внешними системами. Его целесообразно заменить на более гибкую платформу, например, открытую VyOS, которая поддерживает API и

позволяет реализовать сквозную автоматизацию процесса публикации, обеспечивая обратную связь через веб-интерфейс.

Вторым критически важным аспектом является организация коллективной работы [3]. В настоящее время общий доступ к ВМ реализован через скрытые теги, что непрозрачно и неудобно в управлении. Для её решения необходимо разработать механизм явного предоставления прав доступа конкретным пользователям к определенным ВМ. Это потребует создания в новом пользовательском интерфейсе раздела для управления общим доступом, разработки политик учета квот для групп пользователей, а также реализации процедуры передачи прав на ВМ в случае отчисления, увольнения или ухода из проекта владельца, например, через систему модерации заявок [4].

Сетевой сегмент платформы в настоящее время представляет собой неизолированную плоскую сеть L2, что создает риски для безопасности. Идеальным решением была бы полная изоляция сетей пользователей или команд. Однако, учитывая архитектурные особенности oVirt, полная виртуализация сети затруднена. Компромиссным и эффективным решением является внедрение списков контроля доступа (ACL), что позволит сегментировать трафик и повысить общую безопасность инфраструктуры [5].

Управление жизненным циклом виртуальных машин также требует улучшений. Необходимо внедрить поддержку Cloud-Init для автоматической инициализации ВМ, позволяющей пользователям самостоятельно задавать параметры, такие как пароли учетных записей и размеры логических томов (LVM). Кроме того, существующая система шаблонов ВМ, где метаданные хранятся в виде JSON-строк в поле «комментарий», неудобна и ненадежна. Требуется разработать полноценный каталог шаблонов с собственной базой данных и интегрировать его в интерфейс администратора, что упростит развертывание типовых конфигураций.

Ключевые этапы модернизации

Модернизация платформы должна проводиться в несколько этапов:

1. Развертывание нового аппаратного кластера и установка актуальных версий oVirt и зависимых компонентов.
2. Разработка с нуля новой системы управления, включающей веб-интерфейсы для администратора и пользователя.
3. Внедрение и интеграция нового виртуального маршрутизатора и брандмауэра с поддержкой API для замены pfSense и организация безопасной публикации сервисов.

4. Разработка и внедрение модулей для управления общим доступом, квотами, шаблонами ВМ и сетевыми ACL.

5. Создание инструментов для миграции существующих ВМ со старой платформы на новую с использованием формата OVF и минимизацией простоев.

Заключение

Модернизация облачной платформы НГТУ позволит создать современную, безопасную и удобную цифровую среду для научной и образовательной деятельности. Использование проверенных технологий, таких как oVirt, с его богатыми возможностями по управлению виртуальной инфраструктурой [6], в сочетании с описанными нововведениями, решит выявленные проблемы в работе системы. Пользователи получают простой и безопасный доступ к ресурсам платформы и удобные инструменты для коллективной работы, а администраторы — гибкую, централизованную и автоматизированную систему управления. Это повысит эффективность взаимодействия с облачной платформой, качество предоставляемых услуг и предоставит надежный фундамент для будущего развития ИТ-инфраструктуры университета.

Литература:

1. Дукальская И. В., Поляков Н. Н. Облачные технологии в высшей школе // Инфокоммуникационные технологии. – 2020. – № 18(2). – С. 222-228.
2. Нестерова Н. С., Анисимова И. В. Виртуализация в образовании: проблемы и ограничения // Вестник ИМСИТ. – 2023. – №2(94). – С. 11-15.
3. Батаев А. В., Батаева К. И. Цифровизация образовательного процесса: ввод облачных лабораторий // Планирование и обеспечение подготовки кадров для промышленно-экономического комплекса региона. – 2019. – С. 32-35.
4. Напсо М. Д. Виртуализация образования: некоторые аспекты // Ученые записки Орловского государственного университета. – 2022. – №4(97). – С. 285-288.
5. Беспалова Н. В. Безопасность облачных технологий // Computational Nanotechnology. – 2024. – №5(11). – С. 124-132.
6. Епихин А. М. История oVirt: как развивалось решение и почему мы выбрали его как базу [Электронный ресурс] // Хабр. – 2025. – URL: https://habr.com/ru/companies/orion_soft/articles/946008/ (дата обращения: 06.11.2025).

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КЛАССИФИКАЦИИ ТЕКСТОВЫХ ОТЗЫВОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ТРАНСФЕРНОГО ОБУЧЕНИЯ

Д. К. Кочнев, И. Н. Яковина

Новосибирский государственный технический университет,

г. Новосибирск, d.kochnev.2019@stud.nstu.ru

Научный руководитель: Яковина И. Н., к.т.н.

В работе представлена система автоматической классификации тональности текстовых отзывов на русском языке с использованием методов трансферного обучения. Проведён сравнительный анализ эффективности классических методов машинного обучения и современных предобученных языковых моделей. Разработан прототип веб-приложения для демонстрации работы системы.

The paper presents a system for automatic sentiment classification of Russian-language text reviews using transfer learning methods. A comparative analysis of the effectiveness of classical machine learning methods and modern pre-trained language models was conducted. A prototype web application was developed to demonstrate the system's operation.

Введение

Активный рост электронной коммерции приводит к увеличению объема пользовательских отзывов, что делает их ручной анализ практически невозможным. Существующие решения для английского языка демонстрируют высокую эффективность, однако для русского языка задача осложняется его лингвистическими особенностями и недостатком крупных размеченных корпусов. Трансферное обучение на основе предобученных языковых моделей позволяет преодолеть ограничения классических методов и достичь высокой точности классификации даже на относительно небольших наборах данных.

Методы и подходы

В работе исследованы различные подходы к классификации текстовой тональности - от классических методов (TF-IDF с линейными классификаторами) до современных архитектур нейронных сетей и предобученных моделей типа BERT.

Классические методы машинного обучения включали векторизацию текстов с помощью TF-IDF (Term Frequency-Inverse Document Frequency) и последующее использование линейных классификаторов - логистической регрессии и метода опорных векторов (SVM). Данные подходы служили базовой линией для сравнения эффективности.

Методы трансферного обучения были представлены предобученными языковыми моделями, адаптированными для решения

задачи классификации. Особое внимание уделено адаптации multilingual BERT (mBERT) и RuBERT для задачи классификации русскоязычных отзывов [1]. RuBERT, будучи предобученной исключительно на русскоязычных текстах, демонстрирует лучшее понимание лингвистических особенностей русского языка.

Экспериментальная часть

Датасет и предобработка данных

Для обучения и оценки моделей был собран датасет из 35 000 размеченных отзывов с российских маркетплейсов. Распределение по классам было сбалансировано: позитивные, негативные и нейтральные отзывы. Данные прошли многоэтапную предобработку, включающую очистку от шума (удаление HTML-тегов, специальных символов), нормализацию и лемматизацию текстов с использованием библиотеки `rumystem3`.

Методика экспериментов

Датасет был разделен на обучающую (80%), валидационную (10%) и тестовую (10%) выборки. Для оценки моделей использовались метрики `Accurasy` и `F1-score` (macro-averaged). Все эксперименты проводились на одинаковых данных с одинаковым разделением на выборки.

Результаты

Экспериментально подтверждено, что методы трансферного обучения показывают значительное превосходство над традиционными подходами. Наилучшие результаты показала модель RuBERT, достигшая `accurasy` 87.3% и `F1-score` 0.85 на тестовой выборке. Сравнительные результаты представлены в таблице:

Модель	Accurasy, %	F1-score
TF-IDF + Логистическая регрессия	78.1	0.76
TF-IDF + SVM	79.4	0.77
mBERT	84.5	0.82
RuBERT	87.3	0.85

Разработка веб-приложения

Для практической демонстрации результатов разработан прототип веб-приложения с использованием Python и библиотеки `Streamlit` [2, 3]. Приложение позволяет вводить текстовый отзыв и получать оценку его тональности с вероятностными оценками по трем классам: "позитивный", "негативный", "нейтральный". Архитектура системы обеспечивает время инференса менее 0.5 секунды на один отзыв.

Веб-приложение состоит из трех основных компонентов:

- Frontend: интерфейс пользователя на Streamlit
- Backend: Python-логика обработки запросов
- ML-модель: дообученная модель RuBERT для классификации тональности

Заключение

Разработанное решение может быть интегрировано в системы анализа клиентской обратной связи интернет-магазинов и маркетплейсов. Перспективы развития проекта включают расширение функционала для мультиклассовой классификации, добавление детекции аспектной тональности и интеграцию с CRM-системами.

Литература:

1. Devlin et al. BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding [Electronic resource]. — URL: <https://arxiv.org/abs/1810.04805> (accessed: 08.11.2025).
2. Streamlit - API Reference [Electronic resource]. — URL: <https://streamlit-docs.netlify.app/library/api-reference> (accessed: 08.11.2025).
3. Python [Electronic resource]. — URL: <https://www.python.org/about/> (accessed: 08.11.2025).
4. DeepPavlov: Russian Language Models [Electronic resource]. — URL: http://docs.deeppavlov.ai/en/master/features/pretrained_vectors.html (accessed: 08.11.2025).

СОЗДАНИЕ ЦИФРОВОГО ПОМОЩНИКА ПО КОНТРОЛЮ НУТРИЕНТНОГО СТАТУСА С РЕКОМЕНДАЦИЯМИ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ НУТРИЦЕВТИКОВ

Р. Э. Исхаков

Уфимский университет науки и технологий,

г. Уфа, robertis93@yandex.ru

Научный руководитель: Сметанина О. Н., д.т.н., доцент

Проект представляет собой мобильное приложение, использующее технологии искусственного интеллекта для анализа питания по фотографии и оценки нутриентного статуса пользователя. Система формирует персонализированные рекомендации с использованием отечественных нутрицевтиков для профилактики дефицитов и поддержания здоровья.

The project is a mobile application that uses artificial intelligence technologies to analyze nutrition from photos and assess the user's nutrient status. The system

provides personalized recommendations using Russian nutraceuticals to prevent deficiencies and promote health.

В статье предложен подход к созданию мобильного цифрового помощника NutriLog для контроля нутриентного статуса. Система автоматизирует распознавание блюд по фотографии, расчёт фактического поступления нутриентов и сопоставление с рекомендуемыми суточными нормами (РСН). Рассмотрены актуальность задачи, анализ рынка и научных работ, архитектура решения (MVI, Jetpack Compose, Room, Retrofit, MobileNetV3/TensorFlow Lite), модели бизнес-процессов и сценарии внедрения для производителей нутрицевтиков, медицинских учреждений и сервисов доставки. Показаны результаты пилотной реализации и сформулированы рекомендации по переходу к MVP.

Ключевые слова

нутриенты; мобильное приложение; компьютерное зрение; Android; TensorFlow Lite; персонализированные рекомендации; нутрицевтики.

Введение

В современном обществе наблюдается рост заболеваний, связанных с нарушениями питания: ожирения, диабета, сердечно-сосудистых патологий и дефицита витаминов и минералов. Причиной является несбалансированный рацион, недостаток знаний о составе продуктов и отсутствие удобных инструментов контроля потребления нутриентов. Мобильное приложение NutriLog нацелено на автоматизацию анализа рациона, распознавание блюд по фотографии и сравнение фактического поступления нутриентов с рекомендуемыми нормами, что делает его востребованным в практиках профилактической и клинической нутрициологии.

1. Постановка задачи и потребность рынка

Ключевые барьеры для пользователей включают: (1) отсутствие осведомлённости о составе продуктов; (2) сложность самостоятельного расчёта суточных потребностей; (3) дефицит времени на планирование рациона; (4) отсутствие персонализированных рекомендаций, привязанных к состоянию здоровья; (5) нехватку средств динамического контроля. По данным международной статистики, более 1,9 млрд взрослых имеют избыточный вес, что подтверждает социальную значимость цифровых инструментов мониторинга питания.

На рынке недостаточно решений, объединяющих точную базу продуктов, персонализированные алгоритмы потребностей, удобный интерфейс ввода, развитую аналитику и визуализацию, а также интеграцию с фитнес-устройствами. NutriLog закрывает этот разрыв за счёт адаптации под отечественные справочники и практики нутрицевтики.

2. Обзор решений и научных публикаций

По результатам поиска в eLibrary и анализу существующих приложений («Мой рацион», «Калькулятор калорий», «Здоровое питание», OmNomPlanner, MyFitnessPal и др.) выявлено, что многие решения ограничиваются подсчётом калорий и базовых макронутриентов, используют устаревшие технологии и не предусматривают распознавание блюд по фото, глубокую детализацию микронутриентов и медицинскую интеграцию. Зарубежные сервисы страдают недостаточной локализацией и ограничениями доступа, тогда как российский рынок растёт, но испытывает дефицит технологически продвинутых систем, что создаёт окно возможностей для реализации NutriLog.

3. Цели, объект и предмет исследования

Цель: создать мобильную систему анализа рациона с фото-распознаванием и расчётом нутриентов согласно РСН.

Объект: цифровые системы мониторинга питания и принятия решений пользователями и специалистами.

Предмет: методы машинного обучения и программные решения для распознавания блюд, расчёта нутриентов, визуализации данных и персонализированных рекомендаций.

4. Методы и архитектура решения

Архитектурная основа приложения — MVI (Model–View–Intent), обеспечивающая предсказуемость состояний и тестируемость. UI реализуется на Jetpack Compose; локальное хранение — через Room; сетевое взаимодействие — посредством Retrofit с доступом к справочным API (в т.ч. USDA). Модуль компьютерного зрения построен на MobileNetV3, экспортированной в TensorFlow Lite для локального (офлайн) инференса на устройстве. Такой стек минимизирует задержки, повышает конфиденциальность данных и снижает зависимость от сети.

Для расчёта нутриентов используется формализованная модель: массовая доля нутриента на 100 г продукта умножается на массу порции; далее выполняется сопоставление с рекомендуемыми суточными нормами, учитывающими пол, возраст, массу тела и уровень активности. Реализованы агрегаты по приёмам пищи и дням, а также визуальные индикаторы дефицитов/превышений.

5. Датасет и локализация знаний

Сформирована база нутриентов на основе USDA и отечественных источников (в т.ч. норм Минздрава РФ). Подготовлен пилотный датасет изображений блюд русской кухни для дообучения MobileNetV3. Выполнена нормализация данных (единицы измерения, порционность,

учёт кулинарной обработки), построены маппинги категорий блюд к нутриентным профилям. Такой подход обеспечивает релевантность рекомендаций российским пользователям.

6. Бизнес-процессы и интеграции

Разработана eEPC-модель, отражающая сквозной сценарий: регистрация, фотографирование блюда, распознавание, расчёт нутриентов, сравнение с РСН, выдача рекомендаций и подбор нутрицевтиков, отслеживание динамики и сбор обратной связи. В качестве KPI предложены: покрытие РСН по нутриентам (%), активность пользователей, конверсия рекомендаций, частота обращений к аналитике, доля приёмов пищи с фото.

Сценарии внедрения включают: (1) производителей БАД — персонализированная рекомендация и этичная реклама на основе дефицитов; (2) медицинские учреждения — дистанционный мониторинг, персональные диеты, образовательные программы и исследования; (3) сервисы доставки еды — нутриентные карты блюд, персональные рекомендации и интеграции с фитнес-трекингом.

7. Эксперименты и оценка

Пилотные эксперименты подтвердили применимость MobileNetV3 для распознавания популярных блюд русской кухни и адекватность расчётов нутриентного состава для пользовательских порций. Пользовательские тесты показали снижение времени ввода данных за счёт фото-распознавания и повышение вовлечённости при визуализации дефицитов.

Ключевая новизна решения: (1) локальный инференс на устройстве (конфиденциальность, устойчивость к отсутствию сети); (2) опора на отечественные нормативы и продукты; (3) персональные рекомендации с учётом целей пользователя; (4) готовность к интеграции с клинической практикой и экосистемой нутрицевтиков.

8. Обсуждение и ограничения

Ограничениями текущего этапа являются: ограниченный размер датасета изображений блюд и неполная охватность локальных продуктовых позиций. Эти риски снижаются расширением базы изображений, краудсорсингом аннотаций и интеграцией с поставщиками данных. Для клинического применения требуется правовая экспертиза (проверка соответствия требованиям к медицинскому ПО) и отладка процессов информированного согласия.

Заключение

Представлен подход к созданию цифрового помощника NutriLog по контролю нутриентного статуса с рекомендациями отечественных нутрицевтиков. Разработаны архитектурные принципы, подготовлены

базы знаний и реализован модуль распознавания блюд с локальным инференсом. Результаты подтверждают актуальность и практическую применимость решения. В дальнейших работах планируется разработка MVP, расширение датасета, углубление персонализации и пилотные внедрения в клиниках и партнёрских сервисах.

Литература:

1. Современные мобильные приложения для контроля питания [Электронный ресурс] // Журнал «Информатика, вычислительная техника и инженерное образование». — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=75142784> (дата обращения: 07.11.2025).
2. Разработка мобильного приложения «Продуктовая корзина» [Электронный ресурс] / Вестник современных научных исследований. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=82653084> (дата обращения: 07.11.2025).
3. Калькуляторы пищевой ценности: анализ подходов и методик [Электронный ресурс] // Электронная библиотека eLIBRARY.RU. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48180765> (дата обращения: 07.11.2025).
4. Способ и система отслеживания рациона и формирования рекомендаций по питанию [Электронный ресурс] // Описание изобретения к патенту РФ. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43899861> (дата обращения: 07.11.2025).
5. USDA FoodData Central [Electronic resource] // Официальная база нутриентов Министерства сельского хозяйства США. — URL: <https://fdc.nal.usda.gov/> (accessed: 07.11.2025).

**РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ
ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ
ПО ВЫБОРУ ИНСТРУМЕНТОВ ЦИФРОВОГО ПРОДВИЖЕНИЯ
МАЛОГО БИЗНЕСА**

И. В. Анашкина

Новосибирский государственный технический университет,

г. Новосибирск, anashkina.Irinaa@mail.ru

Научный руководитель: Курчеева Г. И., к.э.н., доцент

В статье рассматривается разработка информационной системы для поддержки принятия решений по выбору инструментов цифрового продвижения малого бизнеса. Анализируются существующие проблемы цифровизации предпринимательской деятельности, отечественные и зарубежные исследования в области применения технологий искусственного интеллекта в маркетинге. На основе анализа источников предложен подход к созданию системы, объединяющей аналитику, прогнозирование и генерацию контента. Выявлены преимущества и обоснована практическая значимость предложенного решения.

The article presents the development of a decision support information system for small business in selecting digital promotion tools. The paper analyzes issues of SME digitalization and examines domestic and international studies on the application of artificial intelligence in marketing. Based on the literature review, an approach is proposed for designing a system that integrates analytics, forecasting, and content generation. The potential benefits and significance of this direction for small business are outlined.

Введение

Малый бизнес активно внедряет цифровые инструменты, однако уровень цифровизации остаётся ограниченным. По данным аналитического портала РБК (2024), лишь 16 % российских малых предприятий можно отнести к высокоцифровизированным, а 72 % находятся на среднем уровне развития цифровых компетенций [1].

Технологии искусственного интеллекта становятся ключевым инструментом цифровой трансформации. По информации CNews (2024), около 30 % представителей малого и среднего бизнеса уже применяют ИИ-инструменты, а 63 % отмечают их основное преимущество в экономии времени и автоматизации рутинных задач [2]. Тем не менее, большинство предпринимателей используют

подобные технологии выборочно, без системного подхода к анализу данных и планированию маркетинговых действий.

Отсутствие доступных комплексных решений создаёт необходимость в разработке инструмента, который помог бы владельцам малого бизнеса принимать обоснованные решения при выборе каналов и инструментов цифрового продвижения. Это обуславливает актуальность исследования, направленного на формирование подхода к созданию такой информационной системы.

Обзор литературы

Современные исследования подчёркивают, что цифровизация малого бизнеса тесно связана с развитием аналитических и интеллектуальных инструментов. Симаева и Аджиева (2023) отмечают, что цифровые сервисы становятся важным фактором устойчивого роста предприятий малого и среднего бизнеса [3]. Заболотный (2023) указывает, что современные маркетинговые информационные системы должны включать базы данных, аналитические модели и подсистемы поддержки принятия решений [4].

В зарубежных работах идея интеграции искусственного интеллекта в маркетинговую аналитику получила широкое распространение. Ноу и соавторы (2023) показали, что использование методов интеллектуального анализа данных повышает точность прогнозирования и позволяет формировать обоснованные решения [5]. Rini и соавторы (2024) отмечают, что подход, основанный на обработке данных, способствует росту конверсии и улучшению взаимодействия с клиентами [6]. Gabelaia (2025) обращает внимание на необходимость адаптации интеллектуальных систем под нужды малого бизнеса с помощью дизайн-мышления [7].

Российские авторы Слицкая (2023) и Королёв (2023) подчёркивают, что применение технологий искусственного интеллекта в маркетинге открывает возможности для автоматизации анализа данных, прогнозирования спроса и создания персонализированного контента [8; 9]. Практические публикации на Cossa.ru и CNews.ru подтверждают, что интеграция ИИ помогает предпринимателям оптимизировать маркетинговые бюджеты и повышать эффективность рекламы [10; 11].

Таким образом, анализ источников показывает, что использование искусственного интеллекта в маркетинге малого бизнеса является перспективным направлением, но требует системного подхода и адаптации технологий под реальные потребности предпринимателей.

Цели, гипотеза и план исследования

Целью исследования является разработка информационной системы, предназначенной для поддержки принятия решений по выбору

инструментов цифрового продвижения малого бизнеса с использованием технологий искусственного интеллекта.

Гипотеза исследования заключается в том, что применение интегрированной системы, объединяющей аналитику, прогнозирование и автоматическую генерацию контента, позволит повысить эффективность маркетинговых решений малого бизнеса за счёт оптимизации расходов, ускорения подготовки рекламных материалов и повышения прозрачности анализа данных.

План исследования предполагает проведение анализа текущего уровня цифровизации и барьеров внедрения интеллектуальных систем, изучение существующих подходов к созданию маркетинговых систем поддержки решений, определение требований к структуре и функциональности предлагаемой разработки, формулирование модели системы с учётом технологических и ресурсных ограничений, а также оценку ожидаемой эффективности предложенного подхода и перспектив дальнейшего применения.

Описание разрабатываемой информационной системы

В рамках исследования предлагается создание информационной системы, объединяющей сбор данных, анализ, прогнозирование и генерацию контента в едином интерфейсе. Система предполагается как веб-приложение, ориентированное на пользователей без специальной подготовки.

Основная идея заключается в интеграции аналитических инструментов с технологиями искусственного интеллекта для поддержки решений о выборе каналов и инструментов продвижения. Система анализирует эффективность ключевых digital-каналов, включая контекстную рекламу, поисковое продвижение (SEO), социальные сети, email-маркетинг и другие инструменты интернет-продвижения. Система объединяет сбор статистики, анализ данных о рекламных кампаниях, прогнозирование эффективности каналов и автоматическую генерацию текстовых материалов для рекламы и публикаций.

Интеллектуальный модуль является центральным элементом. Он получает входные данные, анализирует их и формирует рекомендации для пользователя. Использование существующих технологий искусственного интеллекта, подключаемых через интерфейсы прикладного программирования, обеспечивает гибкость и возможность масштабирования системы без необходимости разработки собственных моделей.

Главное преимущество разработки заключается в объединении аналитики, прогнозирования и генерации контента в одной системе, доступной пользователям без технических знаний.

Научная новизна и практическая значимость

Научная новизна исследования заключается в формулировании концепции разработки информационной системы поддержки принятия решений, ориентированной на потребности малого бизнеса при выборе инструментов цифрового продвижения. В отличие от существующих решений, данная система сочетает аналитику, прогнозирование и генерацию контента на основе искусственного интеллекта, при этом оставаясь доступной и понятной пользователям без специальной подготовки.

Практическая значимость работы заключается в создании подхода, который позволяет предпринимателям принимать решения на основе объективных данных. Предлагаемая система может сократить время на анализ, повысить точность оценки эффективности рекламы и снизить издержки за счёт автоматизации аналитических и творческих процессов. Концепция также может быть использована в рамках государственных цифровых платформ, например МСП.РФ, которой уже воспользовались более девяносто тысяч человек [11].

Заключение

Проведённое исследование подтвердило актуальность разработки информационной системы для поддержки принятия решений по выбору инструментов цифрового продвижения малого бизнеса. Сформулированные подходы демонстрируют возможность адаптации технологий искусственного интеллекта к практическим задачам предпринимателей и повышению цифрового развития малого бизнеса.

Результаты работы могут послужить основой для последующих этапов — моделирования архитектуры системы, создания прототипа и тестирования её эффективности в реальных условиях.

Литература:

1. Цифровизация малого бизнеса — тренды и возможности в 2024 году [Электронный ресурс] // РБК. – URL: <https://www.rbc.ru/industries/news/65f00fa99a79471b280fe42c> (дата обращения: 10.11.2025).
2. Каждый третий представитель МСП использует искусственный интеллект в работе [Электронный ресурс] // CNews. – URL: https://www.cnews.ru/news/line/2024-05-20_kazhdyj_tretij_predstavitel (дата обращения: 10.11.2025).
3. Симаева Н. П., Аджиева А. И. Развитие малого бизнеса в условиях цифровой экономики: риски и возможности // Экономика: вчера, сегодня, завтра. – 2023. – № 3 (142). – С. 45–52.

4. Заболотный Д. А. Тенденции развития систем маркетинговой информации // Актуальные проблемы новой экономики. – 2023. – № 5. – С. 87–93.

5. Hou R., Ye X., Zaki H. B. O., Omar N. A. B. Marketing decision support system based on data mining technology // Applied Sciences. – 2023. – Vol. 13, Iss. 7. – P. 4315.

6. Rini A. S., Alamsyah A., et al. Data-driven marketing: harnessing artificial intelligence to personalize customer experience // JOIN: Journal of Social Science. – 2024. – Vol. 4, Iss. 2. – P. 112–124.

7. Gabelaia I. The relevance of AI-driven marketing through design thinking for SMEs // Sustainability. – 2025. – Vol. 17, No. 8994. – P. 1–14.

8. Слицкая А. Е. Применение искусственного интеллекта в маркетинге // Практический маркетинг. – 2023. – № 4. – С. 22–27.

9. Королёв Н. А. Анализ развития и подходов к классификации технологий интернет-маркетинга // Cifra. Экономика. – 2023. – № 2 (2). – С. 50–57.

10. ИИ-маркетинг для малого и среднего бизнеса: полезные практики и новые технологические возможности [Электронный ресурс] // Cossa.ru. – URL: <https://www.cossa.ru/articles/152/343834/> (дата обращения: 10.11.2025).

11. Число пользователей цифровой платформы «МСП.РФ» за 2,5 года превысило 900 тыс. [Электронный ресурс] // CNews. – URL: https://www.cnews.ru/news/line/2024-08-21_chislo_polzovatelej_tsifrovoj (дата обращения: 10.11.2025).

ИНТЕГРАЦИЯ МОДЕЛЕЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ПРОЦЕСС РАЗРАБОТКИ WEB-ПРОДУКТОВ

А. Э. Батаев

Новосибирский государственный технический университет,

г. Новосибирск, aimamadiev@mail.ru

Научный руководитель: Бакаев М. А., к.т.н., доцент

Статья посвящена применению искусственного интеллекта в программной инженерии. Рассматриваются существующие практики, результаты исследований и подходы к оценке эффективности ИИ-инструментов. Предложен план исследования с целью разработки методики объективной оценки и рекомендаций по интеграции ИИ в процессы разработки программного обеспечения.

The article explores the use of artificial intelligence in software engineering. It reviews current practices, research findings, and approaches to evaluating the

effectiveness of AI tools. The study proposes a research plan aimed at developing an objective assessment methodology and practical recommendations for integrating AI into software development processes.

Введение

Быстрое развитие технологий искусственного интеллекта (ИИ) меняет практику программной инженерии. Современные ИИ-ассистенты (GitHub Copilot, JetBrains AI Assistant, Visual Studio IntelliCode) уже широко применяются. Компании активно инвестируют в эти решения, стремясь ускорить реализацию проектов и автоматизировать рутинные этапы разработки [1]. Исследование Google показало, что ИИ-средства сокращают время выполнения сложных задач на 20–25% [2]. Однако остаются вопросы надёжности таких оценок и объективных критериев измерения. Настоящая работа посвящена анализу подходов к оценке эффективности ИИ в разработке ПО и выработке рекомендаций по их интеграции в жизненный цикл разработки.

Обзор литературы

Исследования показывают, что ИИ заметно ускоряет разработку ПО. Так, GitHub Copilot в лабораторных условиях ускорил написание кода на 56%, а в более реалистичных условиях Google — на 21% [2]. ИИ снижает рутинную нагрузку, повышает единообразие стиля и уменьшает количество синтаксических ошибок. Его чаще всего применяют для генерации кода и документации, особенно в повторяющихся задачах [1]. ИИ внедряется на различных этапах жизненного цикла разработки: от генерации кода до тестирования и рефакторинга [1][3]. Компании используют решения вроде AutoCommenter от Google, который автоматизирует code review [4]. Перспективным направлением стало программирование через диалог с ИИ (vibe coding), ускоряющее прототипирование, но требующее навыков в работе с подсказками [5][6]. При этом большинство специалистов предпочитают проверять результат вручную [1]. Несмотря на прогресс, остаётся дефицит системных подходов к оценке эффективности ИИ-инструментов и рекомендаций по их применению.

Цели, гипотеза и план исследования.

Целью настоящего исследования является количественная и качественная оценка влияния ИИ на продуктивность программной инженерии, а также определение оптимальных этапов и способов его внедрения в стандартный SDLC. Основная гипотеза заключается в том, что при корректной интеграции ИИ-помощники способны увеличить скорость разработки не менее чем на 20% без потери качества. Ожидается, что наибольший эффект достигается при автоматизации

рутинных задач, таких как генерация тестов, шаблонного кода и документации, тогда как влияние на архитектурные решения и сложные алгоритмы будет ограниченным.

Для проверки гипотезы разработан комплексный план исследования. Во-первых, планируется провести эксперимент с участием двух групп программистов: одна будет использовать ИИ-инструменты (кодогенерация, автокомментарии, ChatGPT), другая — нет. Будут зафиксированы метрики времени, количества ошибок, сложности и объёма кода, а статистический анализ поможет выявить значимые различия, по аналогии с исследованием Paradis и др. Во-вторых, планируется опрос участников об удобстве, доверии и восприятии ИИ-подсказок, чтобы выявить субъективные барьеры. В-третьих, будет выполнен анализ изменений в скорости выполнения задач и структуре коммитов до и после внедрения ИИ в рабочих проектах. Такой трёхсторонний подход позволит сопоставить объективные показатели и личные впечатления разработчиков, а также понять, в каких аспектах ИИ даёт наибольшую отдачу.

Практическая значимость и новизна.

Практическая значимость работы обусловлена запросами индустрии программной разработки. ИИ-инструменты стремительно внедряются в рабочие процессы, но руководителям и инженерам по качеству не хватает ясных критериев, окупается ли применение того или иного ассистента и как измерить эту пользу. Предлагаемая методика оценки эффективности позволит компаниям аргументированно выбирать и настраивать инструменты ИИ под свои проекты, сопоставляя затраты на внедрение с реальным приростом производительности. Если эксперимент подтвердит, что использование генератора кода заметно сокращает время реализации типовой функциональности, менеджмент сможет пересмотреть временные нормы и перенаправить сэкономленные ресурсы на более сложные задачи проектирования. Результаты исследования также помогут определить, на каких этапах SDLC интеграция ИИ даёт наибольший выигрыш: вероятно, максимальная отдача достигается на шагах кодирования и тестирования, тогда как для этапов архитектурного проектирования и формализации требований эффект может быть менее выражен. Это позволит организациям рационально внедрять ИИ именно там, где он действительно полезен.

Новизна работы заключается в комплексном подходе к оценке ИИ в разработке. В отличие от большинства исследований, фокусирующихся на отдельных аспектах (например, только скорости кодирования [2]) или основанных на лабораторных заданиях, данное исследование

сочетает несколько методов и ориентировано на реальные производственные сценарии. Предлагается стандартизированная система метрик и тестов, которая может служить основой для сравнения различных ИИ-инструментов и формирования единых критериев их оценки. Впервые отдельно рассматривается влияние ИИ на командные процессы: изменение взаимодействия между разработчиками, перераспределение ролей и особенности проведения code review при участии ИИ как «третьего участника». Практическая значимость подтверждается и личным опытом автора: при использовании ChatGPT в ходе стажировки была достигнута высокая скорость генерации типового кода, однако регулярно встречались устаревшие или небезопасные решения, требующие корректировки. Это согласуется с выводами существующих работ о том, что ИИ заметно ускоряет разработку, но требует внимательного контроля со стороны человека [1]. Полученные результаты могут лечь в основу внутренних стандартов компаний, например, регламентов обязательного ручного просмотра автоматически сгенерированного кода.

Заключение.

ИИ становится важным элементом программной инженерии. Инструменты на базе больших языковых моделей уже помогают писать код, генерировать тесты и исправлять ошибки, сокращая затраты времени разработчиков. Даже небольшие улучшения на типовых задачах могут значительно повысить общую продуктивность в масштабах компании. Однако требуется надёжная методика оценки их эффективности. Разброс в публикуемых оценках влияния ИИ на производительность — от единичных процентов до десятков процентов [7-9] — подчёркивает необходимость создания единых стандартов измерения. Кроме того, важно грамотно интегрировать ИИ в процессы разработки: не только в IDE и CI/CD, но и в командную работу, например, пересмотрев правила code review для сгенерированного кода. Разработчикам также необходимы новые компетенции — от умения формулировать запросы до понимания принципов работы ИИ.

Таким образом, ИИ расширяет возможности разработчика, но требует осознанного применения. Большинство исследований подтверждают его пользу при разумном контроле со стороны человека [8]. Чтобы ИИ стал стандартом, необходимы чёткие метрики, инструкции по безопасному применению и понимание реальной выгоды. В перспективе ИИ не просто ускоряет работу — он меняет саму природу труда в отрасли, освобождая ресурсы для более сложных и творческих задач.

Литература:

1. Sergeyyuk A., Golubev Y., Bryksin T., Ahmed I. Using AI-based coding assistants in practice: state of affairs, perceptions, and ways forward // Information and Software Technology. – 2025. – Т. 178. – С. 107610.
2. Paradis E., Grey K., Madison Q., Nam D., Macvean A., Meimand V., Chandra S. How much does AI impact development speed? An enterprise-based randomized controlled trial // 2025 IEEE/ACM 47th International Conference on Software Engineering: Software Engineering in Practice (ICSE-SEIP). – 2025. – С. 618–629.
3. Konakanchi S. Artificial intelligence in code optimization and refactoring // Journal of Data and Digital Innovation. – 2025. – Т. 2. – № 1. – С. 9–35.
4. Vijayvergiya M., Salawa M., Budiselić I., Zheng D., Lamblin P., Ivanković M., Just R. AI-assisted assessment of coding practices in modern code review // Proceedings of the 1st ACM International Conference on AI-Powered Software. – 2024. – С. 85–93.
5. Ray P. P. A review on vibe coding: fundamentals, state-of-the-art, challenges and future directions // Authorea Preprints. – 2025.
6. Sarkar A., Drosos I. Vibe coding: programming through conversation with artificial intelligence // arXiv preprint arXiv:2506.23253. – 2025.
7. Coello C. E. A., Alimam M. N., Kouatly R. Effectiveness of ChatGPT in coding: a comparative analysis of popular large language models // Digital. – 2024. – Т. 4. – № 1. – С. 114–125.
8. Дукаев М. Ш., Саровойтова Е. В., Батчаева З. Б. Использование искусственного интеллекта в автоматизации разработки веб-приложений // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. – 2024. – № 4 (80). – С. 91–96.
9. Torka S., Albayrak S. Optimizing AI-assisted code generation // arXiv preprint arXiv:2412.10953. – 2024.

ПРОБЛЕМЫ РАЗРАБОТКИ МЕТОДИКИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОТРУДНИКОВ ИТ-КОМПАНИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

М. Ю. Батуева

**Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, batuevamarina03@mail.ru**

Научный руководитель: Вакорин М. П., к.э.н., доцент

Статья посвящена вопросам формирования показателей эффективности сотрудников ИТ-компаний с использованием методов машинного обучения. На основе анализа опубликованных исследований, посвящённых интеллектуальным HR-системам, оценке персонала и применению вычислительных методов в управлении производительностью, рассматриваются существующие подходы, тематические ограничения и проблематика. Формулируются направления разработки методики, учитывающей специфику ИТ-деятельности.

The article focuses on the formation of performance indicators for employees of IT companies using machine learning methods. Based on an analysis of published studies on intelligent HR systems, personnel evaluation, and the application of computational methods in performance management, it examines existing approaches, thematic limitations, and key challenges. The paper outlines directions for developing a methodology that takes into account the specifics of IT-related activities.

Введение

Эффективность сотрудников ИТ-компаний представляет собой комплекс показателей, отражающих производственные результаты специалиста, его вклад в проектные процессы, качество выполнения задач и соответствие корпоративным целям. С развитием цифровой экономики и ростом сложности ИТ-продуктов возрастает потребность в объективных методах определения эффективности.

В исследованиях последних лет активно рассматривается применение машинного обучения в области управления персоналом и анализа организационной эффективности. Этот подход позволяет выявлять зависимости в данных, автоматизировать оценку и расширять аналитические возможности HR-подразделений. Исходя из актуальности подобных задач, разработка методики формирования показателей эффективности с применением ML-инструментов является значимой научной и практической задачей.

Цель данного исследования — выявить проблемы разработки методики формирования показателей, позволяющих объективно оценивать уровень эффективности работы сотрудников ИТ-компаний.

На основе анализа релевантных данных и применения современных методов машинного обучения предложить меры по устранению выявленных проблем.

Актуальность исследования определяется растущим интересом к использованию методов машинного обучения в управлении персоналом и оценке трудовой деятельности. Современные работы показывают переход от простого анализа данных к прогнозированию результатов сотрудников и повышению уровня автоматизации HR-процессов, включая применение обучения с подкреплением. Исследования также демонстрируют связь индивидуальных метрик сотрудников с общей эффективностью организации и рассматривают потенциал ML-инструментов для работы с KPI. Активно изучаются алгоритмы классификации, цифровые рейтинговые системы и интеграция методов машинного обучения с 360-градусной оценкой. Отдельное внимание уделяется цифровой активности сотрудников как источнику аналитически значимых данных. В целом анализ литературы подтверждает устойчивое развитие направлений, связанных с применением ML-технологий в оценке эффективности персонала, и подчёркивает необходимость методики, адаптированной к специфике ИТ-компаний.

Ключевые проблемы и их решения

Анализ представленных работ позволяет выделить несколько проблем. Можно выделить следующие направления, которые целесообразно включить в методику для решения выделенных проблем. Объединим данные в таблицу 1.

Заключение

Применение машинного обучения в оценке эффективности сотрудников активно развивается, включая анализ данных, прогнозирование результатов и построение рейтинговых моделей. Однако ИТ-сфера требует специализированной методики, объединяющей цифровые, производственные и поведенческие метрики. Создание такой методики повысит объективность оценки, улучшит управление персоналом и станет основой для дальнейших исследований интеллектуальных HR-систем.

Таблица 1 – Ключевые проблемы и их решения

Проблемы	Решения, направления разработки методики
Разрознённость используемых показателей и отсутствие единой структуры КРІ. В работах, посвящённых анализу организационной эффективности и КРІ, подчёркивается, что компании используют большое количество несогласованных метрик [2, 3, 10].	Формирование единого набора данных. Создание интегрированной системы, объединяющей цифровую активность, производственные показатели и оценочные сведения, что позволяет получать целостное представление об эффективности сотрудника.
Субъективность экспертных оценок и зависимость результатов от интерпретации руководителей указываются как одна из ключевых проблем, что подчёркивает необходимость алгоритмического анализа [5, 6].	Обеспечение объяснимости результатов. Включение механизмов интерпретации вычислительных моделей для повышения прозрачности и управленческой значимости оценок.
Разнородность данных о сотрудниках осложняет их обработку и требует специализированных методов объединения [7].	Разработка структуры показателей, учитывающей специфику задач различных ИТ-специалистов, что обеспечивает релевантность и точность оценки.
Классические методы оценки фиксируют лишь прошлые результаты и не включают предиктивных механизмов, тогда как современные исследования подчёркивают необходимость прогнозирования будущей эффективности [8, 9].	Использование ML-алгоритмов для выявления закономерностей, классификации показателей и прогнозирования эффективности в динамике.
Универсальные КРІ недостаточно отражают специфику ИТ-ролей, поэтому исследования подчёркивают необходимость метрик, учитывающих профессиональные особенности [2, 10].	Адаптация показателей к сложности задач, составу команды и условиям проекта, что делает методику применимой в изменяющихся реальных условиях.

Литература:

1. Sun Z. Determining human resource management key indicators and their impact on organizational performance using deep reinforcement learning //Scientific Reports. – 2025. – Т. 15. – №. 1. – С. 5690.
2. Thorström M. Applying machine learning to key performance indicators. – 2017. – С. 80.
3. Pap J. et al. Modeling organizational performance with machine learning //Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity. – 2022. – Т. 8. – №. 4. – С. 177.
4. Anthoniammal A. et al. Reinforcement Learning for Employee Performance Forecasting and Optimization //International Journal of Environmental Sciences. – 2025. – С. 280-291.
5. Balakayeva G., Zhanuzakov M., Kalmenova G. Development of a digital employee rating evaluation system (DERES) based on machine learning algorithms and 360-degree method //Journal of Intelligent Systems. – 2023. – Т. 32. – №. 1. – С. 20230008.
6. Góes A. S. D. O., De Oliveira R. C. L. Human Resource Performance Evaluation Process Using Computational Intelligence: An Approach Combining Rule-Based Classifiers and Supervised Learning Algorithms// IEEE. – 2020. – Т. 8. – С. 39403-39419.
7. Богданович Д. и др. Многокритериальный анализ факторов потребности для разработки системы отслеживания цифровой активности сотрудников на основе машинного обучения //International Journal of Electrical Engineering and Computing. – 2023. – Т. 7. – No 2. – С. 58-64.
8. Liu Y. Application of Machine Learning in Human Resources Management: Research on Employee Performance Prediction Model //Proceedings of the International Conference on Decision Science & Management. – 2024. – С. 134-139.
9. Siluvainathan P., Padmakala S., Selvakumar A. Analysis of Artificial Intelligence Techniques on Sustainable Employee Performance Management //2024 International Conference on System, Computation, Automation and Networking (ICSCAN). – IEEE, 2024. – С. 1-7.
10. Dixit A. et al. Employees Performance Metrics Using Machine Learning: A Systematic Literature Review Using Prisma Model //International Conference on Current Advancements in Machine Learning. – Springer, Cham, 2026. – С. 209-218.

РАЗРАБОТКА ПОДСИСТЕМЫ ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ МОДЕЛИ РАСПОЗНАВАНИЯ РУССКОГО ЖЕСТОВОГО ЯЗЫКА

А. Д. Белетков

Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, beletkovad@bdtex.ru

Научный руководитель: Ландовский В. В., к.т.н., доцент

В статье обосновывается актуальность разработки подсистемы хранения данных для обучения моделей распознавания русского жестового языка (РЖЯ). Проведён анализ современных научных исследований, показавший ограниченность существующих датасетов и отсутствие стандартизированных инструментов аннотирования жестов. Исследование направлено на создание структурированной модели хранения данных, включающей мультимодальные видеозаписи, лингвистические аннотации и временные метки, что позволяет повысить качество обучения нейросетевых моделей. Представлены цели, гипотеза и план исследования, а также раскрыты его практическая значимость и научная новизна.

The article substantiates the relevance of developing a data storage subsystem for training models of Russian Sign Language (RSL) recognition. An analysis of current scientific research demonstrates the limitations of existing datasets and the lack of unified annotation tools for sign language data. The study focuses on designing a structured data storage model that integrates multimodal video recordings, linguistic annotations, and temporal markers, which enhances the quality of neural network training. The article presents the research objectives, hypothesis, and plan, as well as its practical significance and scientific novelty.

Введение

Разработка технологий автоматического распознавания жестовых языков является важным направлением современных исследований в области машинного обучения и компьютерного зрения. Русский жестовый язык характеризуется уникальными лингвистическими признаками, включающими пространственную артикуляцию, использование обеих рук и сложную морфологию, что требует специализированных методов обработки данных. Современные исследования подчёркивают необходимость создания полноценных систем хранения и аннотирования данных для повышения эффективности обучения моделей распознавания жестов [2; 4].

Несмотря на появление отдельных датасетов, таких как SignFlow [3] или Slovo [7], авторы отмечают их неполноту, ограниченность в разнообразии жестов и недостаточный уровень лингвистической разметки. Исследователи подчеркивают, что отсутствие единого

формата данных существенно осложняет подготовку обучающих выборок [1; 2]. Поэтому разработка систематизированной подсистемы хранения данных является актуальной задачей, имеющей научную и практическую значимость.

Обзор литературы

Существующие исследования в области обработки жестовых языков показывают, что качество обучающих данных напрямую влияет на точность распознавания. Работы Грифа и коллег [2] демонстрируют эффективность технологий машинного обучения для анализа жестов, однако подчёркивают необходимость комплексных мультимодальных наборов данных. Исследование Кагирова, Рюмина и др. [4] показывает значимость 3D-данных, расширяющих возможности анализа пространственных характеристик жестов.

В международных публикациях подчёркивается важность разработки больших корпусов жестового языка для повышения качества алгоритмов компьютерного зрения. Так, авторы проекта SignFlow [3] отмечают необходимость дальнейшего расширения аннотаций, поскольку современные модели требуют подробной разметки фаз жеста, характеристик исполнения и временных сегментов.

Работы, посвящённые прикладным решениям, например Киреева и др. [1], указали на востребованность цифровых инструментов для изучения русского жестового языка, что подтверждает необходимость разработки стандартизированных хранилищ данных. Исследование Безпальчука [5] подчёркивает важность структурированного подхода к сбору и организации жестовых данных для робототехнических систем, что также подтверждает актуальность задачи создания систематизированной базы данных.

Таким образом, анализ литературы выявляет пробел: отсутствие специализированной подсистемы хранения данных, ориентированной на обучение моделей распознавания русского жестового языка с учётом его лингвистических особенностей.

Цели, гипотеза и план исследования

Цель исследования

Создание подсистемы хранения данных, обеспечивающей структурированное хранение видеозаписей, временных меток, аннотаций жестов и лингвистических характеристик, необходимых для обучения моделей распознавания русского жестового языка.

Гипотеза исследования

Стандартизированная система хранения данных, содержащая полноценную мультимодальную информацию и лингвистические аннотации, позволит существенно повысить качество и устойчивость

алгоритмов распознавания жестов за счёт улучшения доступности и полноты обучающего материала.

План исследования

1. Анализ существующих моделей и датасетов жестового языка [1–7].
2. Формирование требований к структуре данных и аннотационным метаданным.
3. Проектирование концептуальной модели базы данных.
4. Реализация программного прототипа подсистемы хранения.
5. Интеграция видеоданных, аннотаций и временных меток.
6. Экспериментальная проверка эффективности подсистемы.
7. Анализ влияния структурированности данных на качество обучения моделей распознавания.

Практическая значимость и новизна

Практическая значимость исследования заключается в создании инструмента, обеспечивающего систематизацию и стандартизацию данных для обучения моделей распознавания РЖЯ. Реализация подсистемы позволит:

- ускорить процессы формирования обучающих выборок;
- обеспечить высокую точность аннотирования;
- стандартизировать структуру мультимодальных данных;
- облегчить исследовательскую деятельность в области компьютерного зрения;
- повысить доступность технологий для образовательных и социальных проектов.

Научная новизна исследования состоит в:

- разработке структурной модели данных, учитывающей лингвистические и синтаксические особенности РЖЯ;
- интеграции различных типов данных (видео, фразы, жесты, временные метки, лингвистические связи);
- предложении методологии формирования датасетов на основе специализированной системы хранения;
- создании архитектуры подсистемы, адаптированной под обучение нейросетей.

Заключение

Проведённый анализ научной литературы показывает, что разработка подсистемы хранения данных для обучения моделей распознавания русского жестового языка является актуальной и востребованной задачей. Существующие решения недостаточны по охвату жестов, разнообразию аннотаций и технической доступности. Создание специализированной подсистемы позволит обеспечить структурированность данных, повысить эффективность обучения и

способствовать развитию отечественных технологий анализа жестового языка.

Литература:

1. Киреев И. И., Кулдарев И. В., Сафиуллин З. Р., Плотских П. В., Мельникова А. В. Разработка мобильного приложения для помощи в изучении русского жестового языка [Электронный ресурс] // Материалы Международной научно-практической конференции «Математика. Информационные технологии. Управление». 2022. С. 481–488. – URL: https://elib.utmn.ru/jspui/bitstream/ru-tsu/19947/1/miim_2022_481_488.pdf (дата обращения: 03.12.2025).
2. Гриф М. Г., Элаккия Р., Приходько А. Л., Бакаев М. А., Раджалакшми Е. Распознавание русского и индийского жестовых языков на основе машинного обучения [Электронный ресурс] // Вестник НГТУ. 2021. № 3. С. 53–74. – URL: https://journals.nstu.ru/vestnik/download_article?id=27523 (дата обращения: 05.12.2025).
3. SignFlow: Russian Sign Language Video Recognition Dataset and Models [Electronic resource] // arXiv preprint. 2023. – URL: <https://arxiv.org/abs/2305.14527>, свободный (accessed: 04.12.2025).
4. Кагиров И. А., Рюмин Д. А., Аксёнов А. А., Карпов А. А. Мультимедийная база данных жестов русского жестового языка в трёхмерном формате [Электронный ресурс] // Вопросы языкознания. 2020. № 1. С. 104–123. – URL: https://vja.ruslang.ru/sites/default/files/articles/2020/1/2020-1_104-123.pdf (дата обращения: 05.12.2025).
5. Безпальчук Н. Е. Исследование и разработка системы распознавания жестов для управления робототехническими системами. Магистерская диссертация [Электронный ресурс]. ДонНТУ, 2023. – URL: <https://masters.donntu.ru/2023/fkita/bezpalchuk/library/index.htm> (дата обращения: 01.12.2025).
6. Сервис изучения русского жестового языка с применением модели распознавания жестов [Электронный ресурс] // Хабр. 2023. – URL: <https://habr.com/ru/articles/777700/> (дата обращения: 01.12.2025).
7. Команда Сбера представила датасет Slovo для распознавания РЖЯ [Электронный ресурс] // SberDevices. 2023. – URL: https://developers.sber.ru/portal/news/dataset_dlya_rjya-06-06-2023 (дата обращения: 02.12.2025).

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ВИЗУАЛЬНОГО ПОИСКА ТОВАРОВ В ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИНАХ

И. Ю. Беликов

**Новосибирский Государственный Технический Университет,
г. Новосибирск, supercolor2013@gmail.com**

Научный руководитель: Антонянц Е. Н., ассистент

Предложен метод визуального поиска на основе свёрточной нейронной сети для случаев с малым числом изображений товара. На датасете PCCVM достигнута точность 0.948, что превосходит результаты методов HOG/SVM, GLCM/SVM и LBP/SVM.

A visual search method based on a convolutional neural network is proposed for cases with a small number of product images. Using the PCCVM dataset, an accuracy of 0.948 was achieved, outperforming the results of HOG/SVM, GLCM/SVM, and LBP/SVM methods.

В настоящее время технологии искусственного интеллекта (ИИ) являются ведущими тенденциями в мире розничной торговли и электронного бизнеса. ИИ играют большую роль в компаниях электронной коммерции, которые полагаются на онлайн-продажи [1]. Визуальный поиск, позволяющий находить товары по изображениям, повышает конверсию и удержание пользователей. Однако для малого и среднего бизнеса, ограниченного вычислительными ресурсами и малыми наборами данных, важна доступность открытых и адаптируемых решений на базе машинного обучения, которые можно эффективно интегрировать в цифровую инфраструктуру [2].

Объектом исследования выступает процесс классификации товаров в Интернет-магазинах. В качестве основного метода предложено использование архитектуры свёрточной нейронной сети (CNN). В основном, свёрточные нейронные сети используются для работы с изображениями [3]. Структура таких нейронных сетей состоит из свёрточных слоёв, которые чередуются со слоями подвыборки (рисунок 1).

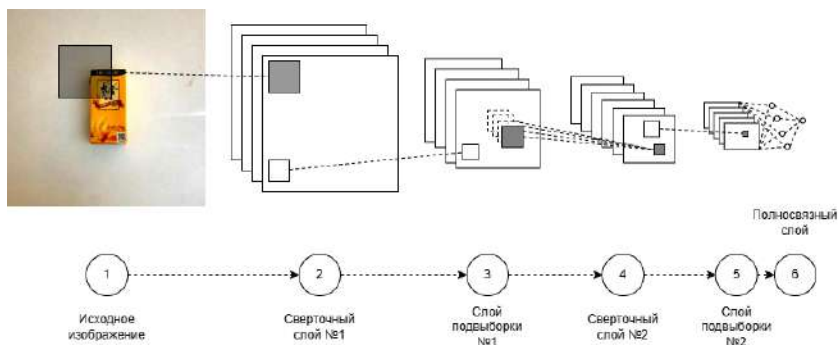


Рис. 1 – Структура свёрточной нейронной сети

Для исследования применялся датасет Product Classification Computer Vision Model (PCCVM), который состоит из 3870 изображений размером 640×640 пикселей в десяти категориях продуктов.

Для обучающей выборки было выбрано 3096 изображений, для тестовой – 774 изображений.

Разработанная нейронная сеть в первом блоке содержит два последовательных свёрточных слоя с 32 фильтрами с размерами 3×3 пикселя. Каждый свёрточный слой применяют функцию активации ReLU, которая рассчитывается по формуле 1:

$$ReLU(x) = x^+ = \max(0, x) = \frac{x + |x|}{2} = \begin{cases} x, & \text{if } x > 0, \\ 0, & x \leq 0, \end{cases} \quad (1)$$

где x – входной сигнал нейрона.

В первом блоке после свёрточных слоёв идёт слой подвыборки с окном 2×2 , который уменьшает размерность признаков в 4 раза путём выбора максимального значения в каждой области. Завершает блок слой, который стабилизирует распределение активаций, ускоряя процесс обучения.

Второй блок идентичен первому, однако использует 64 фильтра, что увеличивает глубину анализа и позволяет обнаружить более сложные признаки.

Третий блок состоит из одного свёрточного слоя, который имеет 128 фильтров, слоя подвыборки и слоя для стабилизации и ускорения. Увеличения количества фильтров до 128 позволяет сети захватывать высокоуровневые особенности, характерные для различных категорий товаров.

Четвертый блок – слой глобального усредненного пулинга (англ. – Global Average Pooling). Этот слой преобразует трёхмерный тензор признаков (высота×ширина×глубина) в одномерный вектор путём усреднения каждого признака изображений по пространственным измерениям.

Финальный блок состоит из двух полносвязных слоёв. Первый слой, содержащий 256 нейронов, комбинирует извлеченные признаки. После него следует слой, использующий Dropout с коэффициентом 0.4, который случайным образом отключает 40% нейронов для предотвращения переобучения.

Для сравнительного анализа были также реализованы классические методы машинного обучения: HOG/SVM, GLCM/RandomForest (RF) и LBP/SVM.

Модель свёрточной нейронной сети показала высокую среднюю точность 0.9483, в сравнение с HOG/SVM (0.8333), GLCM/RF (0.7299) и LBP/SVM (0.7377). Анализ остальных метрик (Precicion – 0.9518, Recall – 0.9483, F1-score – 0.9483) показал, что модель успешно решает задачу визуального поиска товаров, обеспечивая как высокую точность распознавания, так и минимальное количество ошибок. Результаты подтверждают эффективность предложенной нейронной сети для работы в условиях ограниченного количества примеров (Таблица 1).

Таблица 1 – Сравнение метрик и методов

Метод	Accuracy	Precicion	Recall	F1-score
CNN	0.9483	0.9518	0.9483	0.9483
HOG/SVM	0.8333	0.8320	0.8333	0.8304
GLCM/RF	0.7299	0.7337	0.7288	0.7303
LBP/SVM	0.7377	0.7527	0.7377	0.7405

Новизна работы заключается в оптимизированном для работы в условиях ограниченного количества изображений товаров методе визуального поиска. Ключевое отличие от традиционных подходов – использование специализированной архитектуры свёрточной нейронной сети, сочетающей глубокое извлечение признаков с эффективными механизмами регуляризации, что обеспечивает высокую точность даже при малом числе примеров.

В результате, предложенный метод показал исключительную эффективность, достигнув высокой точности со сбалансированными метриками, что подтверждает готовность модели к практическому применению в системах визуального поиска товаров при ограниченных

данных. В дальнейшем планируется адаптация сети для внедрения в системы визуального поиска для интернет-магазинов и маркетплейсов.

Литература:

1. Федюшина Е. А., Вершин Д. А. Подходы к реализации цифровой трансформации розничной торговли на основе анализа данных // Актуальные проблемы экономики, менеджмента, права и информационных технологий: теория и практика. – 2021. – С. 100–104.
2. Ершов А. С. Исследование возможностей привлечения клиентов при торговле на Маркетплейсе // Наукосфера. – 2021. – № 6-2. – С. 174–177.
3. Багаев И. И. Анализ понятий нейронная сеть и свёрточная нейронная сеть, обучение свёрточной нейросети при помощи модуля TensorFlow // Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах. – 2020. – Т. 8., № 1. – С. 15.

ВЛИЯНИЕ ЦИФРОВИЗАЦИИ НА САМОЗАНЯТОСТЬ В РЕГИОНАХ РОССИИ: ЭКОНОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Я. Е. Варавин

**Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, yaroslav.varavin@mail.ru**

**Научный руководитель: Варавин Е. В., к.э.н., асс. профессор
Восточно-Казахстанский технический университет
им. Д.Серикбаева, г. Усть-Каменогорск, vev1974@mail.ru**

В статье исследуются детерминанты роста числа самозанятых в Российской Федерации в период 2021-2024 годов. На основе панельных данных по 84 субъектам РФ построена модель множественной регрессии с фиксированными временными эффектами. Эмпирический анализ, проведенный с устранением эффекта масштаба и мультиколлинеарности, позволил выявить ключевую роль цифровой инфраструктуры: проникновение электронной коммерции является главным драйвером легализации микробизнеса. В работе опровергается гипотеза о «вынужденном» характере самозанятости вследствие безработицы и впервые на российских данных демонстрируется нелинейный эффект влияния экономического благосостояния, свидетельствующий о насыщении рынка платформенной занятости в наиболее богатых регионах.

The article investigates the determinants of the growth in the number of self-employed individuals in the Russian Federation during the period 2021–2024. Using panel data for 84 Russian regions, a multiple regression model with fixed time effects is constructed. The empirical analysis, conducted with controls for scale effects

and multicollinearity, reveals the key role of digital infrastructure: the penetration of e-commerce is identified as the primary driver of microbusiness formalization. The study rejects the hypothesis that self-employment is predominantly “forced” by unemployment and, for the first time using Russian data, demonstrates a nonlinear effect of economic well-being, indicating a saturation of the platform-based labor market in the wealthiest regions.

Цифровизация существенно меняет структуру рынка труда в мире [1]. В России этот процесс получил официальное оформление в 2019 году с введением налога на профессиональный доход (НПД) [2]. За несколько лет число самозанятых выросло от сотен тысяч до миллионов человек, превратившись в заметный сегмент экономики [3]. Столь стремительная динамика делает актуальным вопрос о природе этого роста: является ли он следствием структурной трансформации экономики и развития цифровых платформ («уберизация»), или же представляет собой реакцию рынка труда на макроэкономическую нестабильность и кризисные явления?

Данные показывают синхронность между приростом плательщиков НПД и расширением электронной коммерции (E-Commerce). Это позволяет выдвинуть гипотезу о причинно-следственной связи между цифровизацией потребительского спроса и изменением структуры занятости.

Целью данной работы является количественная проверка этого предположения с использованием инструментов эконометрического моделирования, а также оценка вклада классических макроэкономических факторов – валового регионального продукта, безработицы и урбанизации.

В современной экономической науке дискуссия о факторах самозанятости традиционно ведется в рамках дихотомии «вынужденного» и «добровольного» предпринимательства. Сторонники теории «Push-факторов» [4, 5] рассматривают самозанятость как стратегию выживания, при которой индивиды вытесняются в сектор из-за отсутствия достойных альтернатив, что должно коррелировать с ростом безработицы. Противоположный подход, основанный на «Pull-факторах» и платформенной экономике [6, 7], утверждает, что цифровые экосистемы, снижая транзакционные издержки, делают микробизнес осознанным выбором, где ключевым драйвером выступает развитость цифровой инфраструктуры региона. Помимо этого, представляет интерес гипотеза о нелинейном воздействии экономического благосостояния, соотносящаяся с логикой кривой Саймона Кузнеца [8]. Она предполагает, что, несмотря на стимуляцию самозанятости на ранних этапах роста доходов, в наиболее богатых

агломерациях расширение сектора НПД замедляется по мере насыщения рынка и предпочтения населением стабильной высокооплачиваемой занятости.

Эмпирической базой исследования стали панельные данные Росстата по 84 субъектам РФ за 2021-2024 гг. (332 наблюдения), обеспечивающие достаточную степень свободы для надежных оценок [9].

В качестве зависимой переменной выбран натуральный логарифм численности самозанятых ($\ln SelfEmp$). Эта трансформация необходима для устранения эффекта масштаба, вызванного колоссальной разницей в населении регионов, и позволяет интерпретировать полученные результаты как анализ темпов роста (эластичности), а не абсолютных значений.

Отбор независимых переменных осуществлялся с учетом проблемы мультиколлинеарности. На предварительном этапе была исключена переменная «Мобильный интернет», так как она демонстрировала высокую корреляцию с показателем проникновения электронной коммерции ($VIF > 10$), создавая статистический шум. В итоговую спецификацию вошли: доля населения, использующего интернет для заказов ($E-Com$), уровень безработицы ($Unemp$), доля городского населения ($Urban$) и валовой региональный продукт на душу населения (GRP). Для проверки гипотезы о насыщении рынка в модель дополнительно введен квадратичный член ВРП ($\ln GRP^2$).

Для очистки данных от инфляционных и инерционных общестрановых трендов в уравнение регрессии были включены фиксированные временные эффекты. Итоговая спецификация модели имеет следующий вид:

$$\ln(SelfEmp)_{it} = \beta_0 + \beta_1 \cdot ECom_{it} + \beta_2 \cdot Urban_{it} + \beta_3 \cdot Unemp_{it} + \beta_4 \cdot \ln(GRP)_{it} + \beta_5 \cdot \ln GRP_{it}^2 + \sum \tau_t \cdot \varepsilon_{it}$$

Построенная модель продемонстрировала высокую статистическую значимость (F-критерий = 21,08, $p < 0,001$). Коэффициент детерминации R^2 составил 0,343, что означает способность модели объяснить более трети вариации темпов роста самозанятости, что является высоким показателем для моделей в логарифмах. Результаты оценки коэффициентов представлены в Таблице 1.

Таблица 1 – Параметры регрессионной модели

Фактор	Коэффициент (β)	Стандартная ошибка	t-статистика	P-значение	Значимость
<i>E-Com</i>	0,0187	0,006	3,07	0,002	***
<i>Urban</i>	0,0189	0,006	3,05	0,002	***
<i>Unemp</i>	-0,0345	0,022	-1,53	0,126	нет
$\ln(GRP)$	7,6707	2,310	3,32	0,001	***
$\ln(GRP)^2$	-0,2981	0,081	-3,66	0,000	***
2022 год (vs 2021)	0,5314	0,171	3,12	0,002	***
2023 год (vs 2021)	0,7828	0,189	4,14	0,000	***
2024 год (vs 2021)	0,8784	0,229	3,83	0,000	***

Анализ полученных коэффициентов позволяет сделать ряд содержательных выводов. Во-первых, цифровизация устойчиво стимулирует самозанятость: рост доли онлайн-покупателей на 1 процентный пункт увеличивает число самозанятых на 1,87% (Рисунок 2), с четким линейным трендом на всем периоде. Во-вторых, фактор урбанизации также показал высокую значимость ($\beta=0,0189$), подтверждая тезис о том, что самозанятость является преимущественно феноменом крупных городов с высокой плотностью потребителей. В-третьих, гипотеза о связи самозанятости с безработицей была отвергнута: коэффициент при переменной *Unemp* отрицателен и статистически незначим.

Полученные данные опровергают традиционные взгляды на российскую самозанятость, доказывая доминирование «pull-факторов». Высокая значимость E-Commerce показывает, что маркетплейсы и цифровые платформы создают основу для легализации микробизнеса, генерируя спрос на услуги курьеров, водителей и мастеров с минимальными барьерами входа.

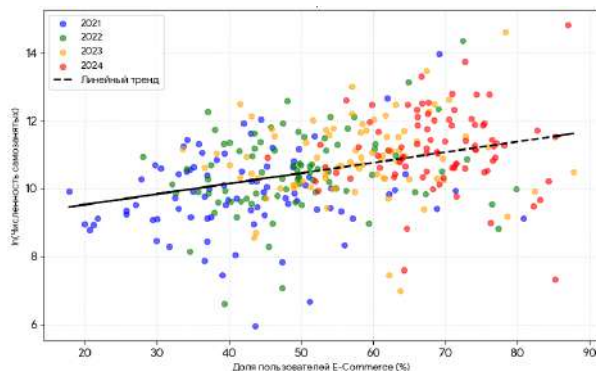


Рис. 2 – Зависимость численности самозанятых от проникновения E-Commerce

Не менее важным представляется вывод о нелинейном влиянии экономического богатства. Включение квадратичного члена ВРП позволило выявить эффект насыщения: зависимость от ВРП демонстрирует перевернутую U-образную форму (Рисунок 3).

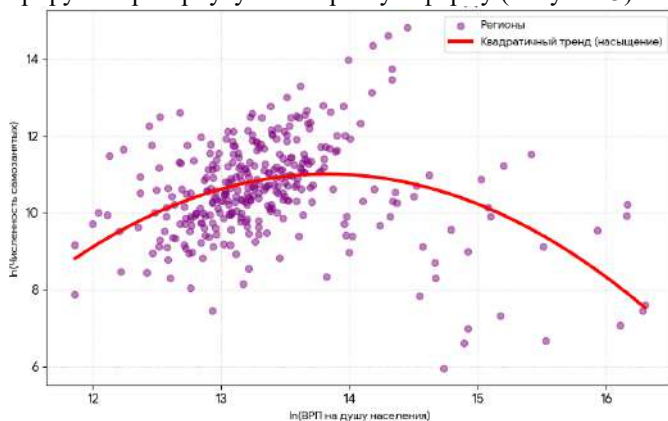


Рис. 3 – Нелинейная зависимость самозанятости от ВРП

Рост ВРП стимулирует сектор услуг и самозанятость, однако в наиболее развитых субъектах динамика замедляется, что свидетельствует о насыщении рынка и предпочтении населением корпоративной занятости. Анализ временных эффектов выявил мощный инерционный тренд: при прочих равных, база самозанятых увеличилась бы на 88% к 2024 году (относительно 2021-го) за счет институциональных факторов – роста доверия и популяризации режима

НПД. Исследование доказывает, что российская модель самозанятости формируется под влиянием технологического прогресса и урбанизации, а не как реакция на кризисные явления.

Практическая значимость работы заключается в возможности корректировки государственной политики. Поскольку драйвером роста является не бедность, а цифровая активность, меры поддержки малого предпринимательства должны сместиться с прямых субсидий на развитие цифровой инфраструктуры в регионах. Особое внимание следует уделить субъектам «второго эшелона», где потенциал роста за счет цифровизации еще не исчерпан, в отличие от насыщенных рынков столичных агломераций.

Литература:

1. World Economic Forum. The Future of Jobs Report 2023. – Geneva: World Economic Forum, 2023. – 296 p.
2. О проведении эксперимента по установлению специального налогового режима «Налог на профессиональный доход»: Федеральный закон от 27.11.2018 № 422-ФЗ.
3. Статистика по спецрежиму «Налог на профессиональный доход» [Электронный ресурс] / Федеральная налоговая служба (ФНС). – URL: <https://npd.nalog.ru/> (дата обращения: 28.11.2025).
4. Standing G. The Precariat: The New Dangerous Class. – L.: Bloomsbury Academic, 2011. – 198 p.
5. Капелюшников Р. И. Эволюция российского рынка труда: парадоксы, тенденции, прогнозы. – М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2021. – 256 с.
6. Земцов С. П., Царева Ю. В. Тенденции развития сектора самозанятых в России в период коронакризиса // Вопросы экономики. 2022. № 5. – С. 112-134.
7. Kenney M., Zysman J. The Rise of the Platform Economy // Issues in Science and Technology. 2016. Vol. 32, N 3. – P. 61-69.
8. Kuznets S. Economic Growth and Income Inequality // American Economic Review. 1955. Vol. 45, N 1. – P. 1-28.
9. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2024: Стат. сб. / Росстат. – М.: Росстат, 2024. – 1000 с.

ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ И КОНТРОЛЯ АНГЛОЯЗЫЧНЫХ СЛОВ В IT: ПОДХОДЫ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ

М. Е. Величко

Новосибирский государственный технический университет,

г. Новосибирск, maksim1velichko@gmail.com

Научный руководитель: Курчеева Г. И., к.э.н., доцент

В статье обосновывается актуальность создания информационной модели обучения англоязычной лексике в IT-сфере на основе микроуроков в мессенджере Телеграм. Рассматриваются современные подходы обучения и применения чат-ботов в изучении иностранного языка, подчёркивается важность специализированной технической лексики для IT-студентов и профессионалов. Отмечается, что приложения с геймификацией и мультимедийными элементами обеспечивают гибкие и эффективные методы усвоения словаря.

This paper substantiates the relevance of developing an information model for teaching English vocabulary in the IT domain based on micro-lessons delivered via the Telegram messenger. It reviews contemporary approaches to language instruction and the use of chatbots in foreign language learning and emphasizes the importance of specialized technical vocabulary for IT students and professionals. The study notes that applications incorporating gamification and multimedia elements offer flexible and effective methods for vocabulary acquisition.

Введение

В условиях глобализации IT-индустрии владение английским становится обязательным для студентов технических специальностей и начинающих программистов. Обучение технической лексике — ключевой фактор успешного усвоения профессиональной терминологии; многие исследования подчёркивают его решающую роль. Несмотря на растущую востребованность ESP (English for Specific Purposes), число работ по обучению профильному техническому словарю остаётся ограниченным. [1]. Мобильные технологии и мессенджеры меняют подходы к обучению: студенты предпочитают приложения для запоминания слов — они дают доступ «в любое время и в любом месте», обеспечивают гибкость и эффективность. Геймификация, аудиовизуальные подсказки и интерактивные элементы повышают мотивацию. Платформы вроде Telegram позволяют создавать обучающих ботов и Telegram Mini-Apps (веб-приложения внутри мессенджера без установки), что открывает новые возможности. Интеграция микроуроков (когнитивно-оптимизированный паттерн дозирования информации по лимиту рабочей памяти) в среду

мессенджера соединит преимущества учебных приложений и привычных средств коммуникации. [2]

Таким образом, сочетание микрообучения и мессенджерных технологий — перспективное направление, актуальное для разработки специализированных инструментов по изучению профильной лексики в ИТ, где английский — основной язык коммуникации и документации.

Обзор литературы

В учебной практике английского для технических направлений отмечено, что владение терминологией напрямую влияет на академические и профессиональные успехи студентов [1]. Предлагаются разные методики (перевод, ассоциации, контекстные задания), но их эффективность ограничена традиционной формой обучения и отрывом от реальных задач.

Растёт интерес к мобильному обучению (MALL) и микрообучению: Кауг показывает, что студенты регулярно используют мобильные приложения для пополнения словарного запаса, а геймификация и мультимедиа повышают вовлечённость и эффективность усвоения [2]. Микроуроки снижают когнитивную нагрузку и улучшают запоминание. Микрообучение демонстрирует положительные эффекты на успеваемость и удовлетворённость обучением [4].

Эмпирические исследования подтверждают практическую полезность мессенджеров: Словикова показала, что использование Telegram в занятиях способствует формированию знаний и может существенно изменить систему обучения, интегрируя контент в повседневную коммуникацию группы [6]. Перенос интеракций в мессенджер снижает барьеры доступа и повышает регулярность контакта с материалом, что важно для усвоения профильной лексики.

В то же время в отечественной науке мало специализированных решений для англоязычной ИТ-лексики с микроуроками: существующие разработки (например, системы мобильного микрообучения словарю) ориентированы на общелингвистические курсы [7], что подчёркивает необходимость разработки модели с учётом специфики терминов и привычек целевой аудитории — студентов и ИТ-специалистов.

Цели, гипотеза и план исследования

Цели исследования заключаются в разработке и экспериментальной проверке информационной модели обучения и контроля англоязычной ИТ-лексики, интегрированной в мессенджер Телеграм. Основными задачами являются:

1. Разработка информационной модели. Спроектировать структуру микроуроков, систему хранения и генерации заданий для изучения

IT-лексики на английском языке, интегрированную в Телеграм мини-приложение.

2. Внедрение технологии микрообучения. Определить оптимальную длину и формат микроуроков (с учётом ЦА – студентов и профессионалов IT), включая геймифицированные задания, мультимедийные подсказки и адаптивные тесты.

3. Анализ прогресса и вовлечённости. Разработать метрики для отслеживания прогресса пользователей (пройденный материал, результаты тестов) и вовлечённости (частота использования, время в приложении, выполненные задания).

4. Оценка эффективности. Провести пилотное исследование: сравнить успеваемость и мотивацию двух групп (с микроуроками в Телеграм и без) с помощью контрольных тестов и опросов.

Гипотеза исследования заключается в том, что применение разработанной модели приведёт к статистически значимому росту словарного запаса участников и их мотивации по сравнению с традиционными методами. Она основывается на результатах предыдущих работ, которые показали положительное влияние мобильных приложений и микрообучения на изучение лексики. Эмпирические данные Словиковой [6]. служат дополнительной предпосылкой для выдвижения гипотезы данного исследования: интеграция микроуроков технической лексики в мессенджерную среду будет способствовать повышению эффективности усвоения словарного запаса за счёт увеличения частоты контактов с материалом и повышения мотивации пользователей. В методологическом плане это обосновывает включение в эксперимент параметров, отражающих как объективный прогресс (результаты тестирования), так и показатели регулярности и вовлечённости использования платформы.

Исследовательский план включает: аналитическую фазу (обзор существующих решений и концепция модели), этап программной реализации прототипа Мини-приложения, а также экспериментальную часть с привлечением целевой аудитории (ИТ-студентов, начинающих программистов, профессионалов). Будут проведены количественные измерения (тестирование уровня лексики до/после обучения) и опросы для оценки субъективного восприятия инструмента. Используемые методы соответствуют прецедентам в области MALL и EFL (English as a Foreign Language - Английский как иностранный) из литературы.

Практическая значимость и новизна

Практическая значимость предлагаемой модели заключается в интеграции процесса пополнения профильной лексики в повседневную коммуникативную среду пользователей, что повышает доступность

обучения и регулярность контактов с материалом; оправданность выбора платформы Телеграм подтверждена эмпирическими данными [6]. Модель предусматривает сбор объективных метрик прогресса и вовлечённости, что делает возможным мониторинг результатов и адаптацию обучения в реальном времени, что востребовано в учебных и корпоративных условиях.

Научная новизна работы состоит в сочетании трёх компонентов: микроуроков как формата подачи, специализированной информационной модели для ИТ-лексики и доставки через мессенджерную среду с встроенной аналитикой. Такое объединение обеспечивает ориентированность на специфику терминологии и ожидаемо повышает эффективность усвоения по сравнению с традиционными подходами.

Заключение

Проведённый анализ показывает, что изучение англоязычной ИТ-лексики остаётся востребованной задачей, а современные технологии предоставляют для этого новые возможности. Ряд исследований подтверждает значимость технической терминологии для специалистов и эффективность мобильных обучающих приложений [1,2]. В данной статье обоснована актуальность разработки информационной модели обучения с применением микроуроков в мессенджере.

Предложенная модель направлена на решение важной образовательной проблемы – интеграцию обучения профильному английскому в естественную коммуникационную среду ИТ-специалистов. В дальнейшем запланировано внедрение и апробация модели на целевой аудитории для верификации её эффективности. Успешная реализация проекта позволит повысить качество и мотивацию изучения технической лексики, что будет способствовать более быстрому профессиональному росту студентов и сотрудников ИТ-отрасли.

Литература:

1. Ghobadi S., Taki S. The Effect of Telegram on English Vocabulary Learning of Iranian EFL Learners // *Journal of Applied Linguistics and Language Research*. — 2018. — Vol. 5, No. 3. — P. 209–217.
2. Kayra M. M. Investigating the Use of Mobile Applications in English Vocabulary Learning // *Journal of Language and Linguistic Studies*. — 2024. — Vol. 20, No. 1. — P. 65–72.
3. Alqahtani M. The Importance of Vocabulary in Language Learning and How to be Taught // *International Journal of Teaching and Education*. — 2015. — Vol. 3, No. 3. — P. 21–34.

4. Senandheera V.V. et al. Impact of microlearning on academic performance of students in higher education: A systematic review and meta-analysis //Journal of Multidisciplinary & Translational Research. – 2024. – Т. 9. – №. 1.

5. Nation I. S. P. Learning Vocabulary in Another Language. — Cambridge: Cambridge University Press, 2022.

6. Словикова Е. Л., Белошапкина Н. Г., Каменева А. Д. Использование мобильных приложений и платформ для повышения качества обучения английскому языку у студентов педагогического профиля (на платформе Telegram) [Электронный ресурс] // Наукосфера. — 2024. — № 10 (2). — URL: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14006899> (дата обращения: 10.11.2025).

7. Wang W., Gong S. Design of Mobile Micro Learning System for English Words Based on Computer Technology //2022 3rd International Conference on Artificial Intelligence and Education (IC-ICAIE 2022). – Atlantis Press, 2022. – С. 363-369.

ОНЛАЙН-ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ ПРОДВИЖЕНИЯ ПРОДУКТА НА ОСНОВЕ БЕНЧМАРКИНГА: МЕТОДОЛОГИЯ И ПОДХОДЫ

Е. Р. Видякова

Новосибирский государственный технический университет,

г. Новосибирск, vidyakova.er@mail.ru

Научный руководитель: Курчеева Г. И., к.э.н., доцент

В статье обосновывается актуальность применения методологии бенчмаркинга для повышения эффективности продвижения продукта в сети. На основе обзора литературы анализируются основные понятия: цифровые маркетинговые компетенции и бенчмаркинг как способ перенимания лучших практик. Формулируются цели, гипотеза и план исследования, направленные на разработку инструментов сравнительного анализа онлайн-продвижения. Практическая значимость заключается в создании научно обоснованной модели для принятия маркетинговых решений, а новизна — в комплексном использовании конкурентных показателей при выборе каналов продвижения.

This paper substantiates the relevance of applying benchmarking methodology to improve the effectiveness of online product promotion. On the basis of a literature review, the principal concepts are analyzed: digital marketing competencies and benchmarking as a method for adopting best practices. The objectives, hypothesis, and research design are formulated with the aim of developing instruments for comparative analysis of online promotion. The practical significance lies in the creation of a scientifically grounded model to support marketing decision-making,

while the study's originality consists in the integrated use of competitive metrics for selecting promotion channels.

Введение

Цифровая трансформация бизнес-процессов кардинально меняет маркетинговую стратегию компаний. Как отмечают исследователи, цифровая трансформация маркетинговой организации требует развития новых цифровых компетенций и инструментов для сохранения конкурентоспособности на рынке [0]. В частности, современные предприятия активно инвестируют в онлайн-решения: так, лишь 11% организаций считают цифровой маркетинг ключевой областью инвестиций, а более трети уже внедряют новые интернет-инструменты в бизнес [0]. При этом малые и средние компании пока отстают от лидеров индустрии в использовании этих технологий, что подчёркивает необходимость выработки эффективных методик продвижения в сети [0].

В таких условиях бенчмаркинг (процесс поиска, сравнения и перенимания лучших практик других компаний с целью повышения собственной эффективности) выступает как перспективный подход для систематического отбора и оценки маркетинговых практик. В маркетинговой науке бенчмаркинг определяется как «структурированный процесс, при котором фирма стремится определить и воспроизвести лучшие практики» конкурентов с целью повышения собственных результатов [0].

Этот метод опирается на обучение на основе рынка и широко используется в менеджменте для повышения качества процессов и маркетинговых показателей [0]. Благодаря сравнительному анализу конкурентных решений компания может идентифицировать наиболее эффективные инструменты и применить их в своей стратегии. Таким образом, интеграция бенчмаркинга в процесс онлайн-продвижения продукта позволяет не только систематизировать опыт отрасли, но и адаптировать лучшие практики к специфике собственного сайта и целевой аудитории.

Обзор литературы

В мировой и отечественной литературе рассматриваются теоретические основы бенчмаркинга и интернет-маркетинга. Так, Куземкина и соавт. подчёркивают, что «бенчмаркинг представляет собой направление маркетинговых исследований, ориентированное на достижение более высокого уровня управляемости производственных и маркетинговых функций посредством внедрения лучших методов и технологий других предприятий или отраслей» [0]. Основная цель бенчмаркинга – повышение конкурентоспособности компании через

освоение проверенных практик конкурентов [0]. Vorhies и Morgan [0] демонстрируют, что бенчмаркинг маркетинговых способностей может стать источником устойчивого конкурентного преимущества: процесс подбора эталонных компаний и сравнения с ними позволяет количественно оценить разрыв в эффективности и спланировать улучшения. Эти исследования закладывают теоретический фундамент применения бенчмаркинга для улучшения маркетинговых процессов.

В контексте интернет-маркетинга используют подходы, сочетающие аналитику и бенчмаркинг. Вассилева [0] предлагает маркетинговый скорбординг для динамического измерения эффективности, который обеспечивает «360-градусную картину» деятельности фирмы и «служит инструментом бенчмаркинга» за счет включения сравнительных (benchmark) показателей. Таким образом, система непрерывно сравнивает внутренние метрики компании с эталонными значениями. Cvitanović [0] рассматривает использование современных маркетинговых аналитических инструментов и подчёркивает важность регулярного мониторинга данных и их бенчмаркинга относительно результатов лидеров рынка. Она указывает, что, комбинируя внешние и внутренние источники данных, можно получить более ценные инсайты для бизнес-стратегии. В частности, такие инструменты визуализируют ключевые показатели (трафик, коэффициенты конверсии, доли рынка) и позволяют оперативно реагировать на отклонения.

Одновременно литературные обзоры цифровых маркетинговых каналов выявляют популярные онлайн-инструменты. Peter и Dalla Vecchia [0] указывают, что цифровой маркетинг изменил традиционный «микс», а предприятия используют широкий спектр платформ и каналов. В их работе выделяются 24 основных инструмента (от SEO и e-mail-маркетинга до социальных сетей и мобильных приложений), при этом малые фирмы существенно отстают в их освоении [0].

Однако конкретные методологические разработки по интеграции бенчмаркинга в процедуру онлайн-продвижения продукта пока ограничены. Большинство работ либо описывает концептуальные основы бенчмаркинга [0], либо изучает эффективность отдельных каналов продвижения, не предлагая единой системы оценки. Таким образом, существует вакуум в исследованиях, касающихся построения комплексной модели, объединяющей анализ цифровых инструментов продвижения с процессом бенчмаркинга. Решение этой проблемы предполагает разработку методологии сравнения многообразных онлайн-метрик с отраслевыми эталонами, что и станет целью дальнейшего исследования.

Цели и гипотеза

Целью данного исследования является обоснование методологии применения бенчмаркинга в контексте онлайн-продвижения продукта. В частности, предполагается разработать модель анализа, которая позволит системно оценивать различные цифровые маркетинговые инструменты (включая SEO, контент-маркетинг, рекламу и социальные сети) с учётом опыта лидеров рынка. На основе этого можно выработать рекомендации по выбору оптимального набора инструментов.

Гипотеза исследования формулируется следующим образом: использование бенчмаркинга при выборе и настройке онлайн-маркетинговых инструментов приведёт к повышению эффективности продвижения и конкурентоспособности продукта. Иными словами, сравнение показателей собственного сайта (посещаемость, конверсия, вовлечённость и т. д.) с бенчмарками лучших практик позволит выявить резервы роста и адаптировать стратегии продвижения.

План исследования

Планируется следующий этапный подход. Во-первых, провести систематический анализ литературы и маркетинговых платформ для составления списка актуальных онлайн-инструментов продвижения. Во-вторых, определить KPI (ключевой показатель эффективности) для оценки эффективности каждого инструмента (веб-аналитика, показатели вовлечённости в социальных сетях, позиции в поисковой выдаче и т. п.). Затем собрать эмпирические данные: как внутренние метрики собственного сайта и кампаний, так и открытые данные конкурентов (например, с помощью сервисов конкурентной разведки). Сформулируется процедура проведения бенчмаркинга – например, используя идеи маркетингового «scorecard» (оценки набора маркетинговых показателей), сопоставить полученные показатели с эталонными значениями (лучше достижениями лидеров отрасли). Наконец, на основании анализа сформулировать практические рекомендации: какие инструменты и какие настройки показали себя наиболее эффективными. По итогам также будет проведено экспертное тестирование гипотезы с помощью А/В-тестирования (метод экспериментального сравнения двух вариантов) выбранных методов продвижения и анализа их влияния на ключевые метрики.

Практическая значимость

Практическая значимость работы заключается в создании научно обоснованной методики для принятия решений в интернет-маркетинге. Разработанный подход позволит маркетологам и владельцам сайтов более эффективно формировать стратегию продвижения продукта,

минимизируя проб и ошибок и опираясь на объективные критерии. Например, руководство, основанное на результатах исследования, поможет ответить на вопрос: «Какие из доступных инструментов (контекстная реклама, SEO, SMM, e-mail и т.д.) наиболее перспективны для данного продукта и бюджета?» – по сути, это будет каркас на основе бенчмаркинга по отрасли. Применение методологии даст возможность экономить ресурсы (время и деньги) при планировании кампаний и повысить отдачу от маркетинговых инвестиций.

Научная новизна

Новизна предлагаемого подхода состоит в комплексности интеграции бенчмаркинга и онлайн-продвижения. Впервые предусматривается объединение данных из разных маркетинговых каналов в единую модель сравнения. В частности, в отличие от разрозненных рекомендаций по SMM или SEO, здесь предлагается оценивать их синергетически, используя конкурентные эталоны. Используемые метрики будут собираться не только во внутренних аналитических системах, но и сравниваться с внешними данными лидеров рынка [0]. Такое объединение внешних и внутренних данных позволяет получить более полную картину эффективности продвижения. Кроме того, научная новизна состоит в формулировке конкретной гипотезы и плана исследований в области цифрового маркетинга, что позволит заполнить существующий пробел в литературе и послужит основой для дальнейших экспериментальных работ.

Заключение

В статье обоснована актуальность исследования методологии применения бенчмаркинга для оценки онлайн-инструментов продвижения. Анализ литературы показал, что цифровая трансформация бизнеса диктует необходимость новых маркетинговых компетенций [0], а существующие работы подчеркивают ценность систематического сравнения показателей с эталонами [0,0]. В этих условиях предложение обобщённого подхода, сочетающего маркетинговую аналитику и бенчмаркинг, выглядит перспективным. Практический потенциал заключается в том, что разработанная схема позволит компаниям ориентироваться на лучшие практики конкурентов при настройке своих интернет-кампаний, что должно повысить эффективность маркетинга. Предлагаемый план дальнейших исследований включает сбор эмпирических данных и проверку гипотезы в реальных условиях продвижения. Комплексный подход к изучению онлайн-инструментов на основе бенчмаркинга открывает

новые возможности для совершенствования цифровых стратегий и подтверждает научную значимость темы.

Литература:

1. Homburg C., Wielgos D. M. The value relevance of digital marketing capabilities to firm performance // *Journal of the Academy of Marketing Science*. – 2022. – Т. 50. – №. 4. – С. 666-688.

2. Vorhies D. W., Morgan N. A. Benchmarking marketing capabilities for sustained competitive advantage // *Journal of Marketing*. — 2005. — Vol. 69, No. 1. — P. 80–94. — DOI: 10.1509/jmkg.69.1.80.55505.

3. Vassileva B. Real-time marketing scorecard as a benchmarking tool: [Электронный ресурс] / B. Vassileva // *Proceedings of the 10th International Conference on Management, Enterprise and Benchmarking (MEB)*. — — 2012. — URL: https://www.academia.edu/2069386/Real-time_Marketing_Scorecard_as_a_Benchmarking_Tool (дата обращения: 18.11.2025).

4. Peter M.K., Dalla Vecchia M. The digital marketing toolkit: a literature review for the identification of digital marketing channels and platforms // In: Dornberger R. (ed.) *New Trends in Business Information Systems and Technology*. — Cham: Springer, 2020. — P. 251–265. — DOI: 10.1007/978-3-030-48332-6_17.

5. Cvitanović P.L. Navigating new marketing technologies, channels and metrics // *Managing Global Transitions*. — 2018. — Vol. 16, No. 4. — P. 379–400. — DOI: 10.26493/1854-6935.16.379-400.

6. Куземкина О.В. Технологии бенчмаркинга в сфере интернет-маркетинга [Электронный ресурс] // *Материалы 56-й научной конференции БГУИР*. — Минск, 2020. — С. 74–76. — [Электронный ресурс]. — URL: https://libeldoc.bsuir.by/bitstream/123456789/40171/1/Kuzemkina_Tekhnologii.pdf (дата обращения: 18.11.2025).

КЛАССИФИКАЦИЯ ИСТОЧНИКОВ ПРЕДВЗЯТОСТИ В ML И ЕЁ ВЛИЯНИЕ НА КАЧЕСТВО РЕШЕНИЙ

А. Д. Воронов

Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, voronov.2002@bk.ru

Научный руководитель: Бакаев М. А., к.т.н., доцент

В статье рассматриваются источники предвзятости в системах машинного обучения на разных уровнях (данных, алгоритмов, интерпретации, применения) и их влияние на качество управленческих решений. Проанализированы примеры проявления предвзятости в различных прикладных областях и современные методы её смягчения (балансировка данных, fairness-aware алгоритмы, пост-обработка результатов и др.). Показана важность учёта предвзятости для повышения справедливости и надёжности AI-решений в цифровой экономике.

The article discusses the sources of bias in machine learning systems at different levels (data, algorithms, interpretation, and application) and their impact on the quality of management decisions. It analyzes examples of bias in various application areas and modern methods for mitigating bias (data balancing, fairness-aware algorithms, post-processing of results, etc.). The article highlights the importance of addressing bias to improve the fairness and reliability of AI solutions in the digital economy.

Современные ML-системы широко используются при принятии управленческих и бизнес-решений: кредитный скоринг, подбор персонала, клинические рекомендации, автоматизированные процессы в публичном секторе. Параллельно нарастают доказательства того, что систематические смещения (bias) на любом этапе жизненного цикла модели снижают качество решений, усиливают дискриминацию и подрывают доверие пользователей и регуляторов; в ответ на это появляются как технические подходы к смягчению, так и нормативные требования (например, штрафы за несоблюдение требований прозрачности и недискриминации в размере до 7% от общего годового оборота компании в ЕС). Таким образом, актуальной задачей является выявление и классификация различных источников предвзятости в ML и исследование их влияния на качество принимаемых решений.

Многоуровневая классификация источников предвзятости

В актуальных исследованиях выделены разные уровни возникновения предвзятости в ML. Краткая классификация выглядит следующим образом:

– *Предвзятость данных (data bias)*. Она формируется при сборе и подготовке обучающих наборов из-за нерепрезентативности, пропусков

или искажений в данных (sampling bias, measurement bias, historical bias). Например, модели распознавания лиц хуже идентифицируют людей с тёмной кожей или женщин, если обучены на наборах данных с преобладанием светлокожих мужчин [1]. В здравоохранении алгоритмы предсказания повторной госпитализации показали различную частоту ложноположительных и ложноотрицательных прогнозов для белых и темнокожих пациентов, что отражает скрытую расовую предвзятость данных [2].

– *Алгоритмическая предвзятость (algorithmic bias)*. Связана с особенностями алгоритмов и процесса обучения: выбор функций потерь, метрик, гиперпараметров. Например, при обучении моделей для подбора персонала алгоритмы, оптимизирующие точность по историческим данным, могут воспроизводить гендерные и этнические шаблоны в CV и резюме, усиливая историческую предвзятость [3].

– *Пользовательская предвзятость (user bias)*. Обусловлена человеческим фактором: предвзятое аннотирование, избывочное доверие к автоматическим рекомендациям или выборочное внимание к отдельным результатам. В судебной сфере, при использовании системы COMPAS для предсказания рецидива, корректировка порогов без учёта межрасовых различий приводит к дискриминации афроамериканских обвиняемых [4].

– *Предвзятость применения (application bias)*. Она возникает при эксплуатации модели в реальных условиях, когда данные и контекст отличаются от обучающего набора. В LLM и генеративных моделях предвзятость проявляется при переносе исторических стереотипов в новые сценарии, что требует специальных методов фильтрации и адаптивного fine-tuning [5].

Каждый из этих источников снижает качество моделей и искажает решения. Предвзятость данных и алгоритмов приводит к смещённым прогнозам и снижению обобщающей способности моделей, в то время как интерпретационные и эксплуатационные предвзятости могут приводить к неверным выводам даже при корректных технических характеристиках модели.

Современные методы смягчения предвзятости

В последние годы активно развивается как теоретическая, так и практическая база по смягчению предвзятости. Основные подходы группируются в традиционные категории – предобработка (pre-processing), in-processing, постобработка (post-processing) – но появляются и гибридные, а также новые практики мониторинга и управления справедливостью на протяжении всего жизненного цикла модели.

Предобработка данных (pre-processing).

- Генерация «справедливых» данных с помощью каузальных моделей: создаётся сбалансированный по чувствительным атрибутам синтетический набор данных, что позволяет снизить первоначальные предубеждения модели и повысить прозрачность процесса [6].

- Комбинирование техник борьбы со смещением классов и смещением по защищённым атрибутам: учитываются одновременно дисбаланс классов и дисбаланс защищённых признаков, что улучшает групповую справедливость без значительной потери точности [7].

In-processing / fairness-aware обучение.

- Многоцелевая оптимизация точности и fairness: алгоритм, оптимизирующий групповую и индивидуальную потерю fairness без скалярного взвешивания, успешно применяемый на стандартных наборах данных German Credit, Adult, COMPAS [8].

- Регуляризация, штрафы и ограничения на прогнозы для ограничения влияния чувствительных атрибутов.

Постобработка (post-processing).

- Универсальные фреймворки для справедливого выравнивания моделей без переквалификации: позволяют применять fairness-корректировки к уже обученным (в том числе black-box) моделям, поддержка различных fairness-метрик [9].

- Поведенческие корректировки нейронных сетей после обучения: метод NeuFair (post-processing randomized dropouts) снижает дискриминацию при минимальной потере качества [10].

- Эмпирические исследования в здравоохранении показывают, что методы постобработки (PSTA, ROC, GSTAR) существенно уменьшают неравенство групповой справедливости при сохранении точности, в отличие от FACT, CPP, MAV, которые либо дают слабый эффект, либо снижают точность прогнозов [11].

Полноценная стратегия справедливого ИИ должна сочетать pre-, in- и post-processing методы, встроенные механизмы мониторинга, переобучения и переоценки моделей по мере изменения контекста. Однако, стоит учитывать, что использование методов смягчения предвзятости чаще всего приводит к потерям точности, поэтому становится актуальной задача разработки оптимальной стратегии с минимальным снижением остальных показателей.

Практические рекомендации для управляющих и интеграторов ML в сфере цифровой экономики

Интегрировать оценку предвзятости с бизнес-метриками. Выбор fairness-критерия должен отражать управленческую цель и стоимость

ошибок; стандартизируйте набор КРІ, включающий как технические, так и этические показатели.

Проектировать жизненный цикл модели с контролем смещения с самого начала. Инвестиции в качественный сбор данных, репрезентативность и метаданные окупаются снижением риска и затрат на последующие исправления.

Внедрять многослойную защиту и независимый аудит. Комбинированные подходы чаще дают устойчивые улучшения, чем одиночные меры.

Обеспечить мониторинг дрейфа и процедуры отката/обучения. Автоматические детекторы дрейфа и регламент для обновления моделей уменьшают риск деградации качества решений в реальной эксплуатации.

Соблюдать нормативно-правовые требования и раскрывать практики. На уровне ЕС AI Act устанавливает рамки ответственности и штрафы для провайдеров и интеграторов – это делает управление предвзятостью не только этической, но и регуляторной необходимостью.

Выводы

Современные исследования подтверждают, что предвзятость в ML – это многоуровневая системная проблема, требующая комплексного подхода: устранение смещений на этапе данных, справедливое обучение, корректировка моделей и постоянный мониторинг. Технологии смягчения уже достаточно зрелые для практического применения, однако ни одна из них сама по себе не гарантирует справедливости: всегда существуют компромиссы между точностью, справедливостью и устойчивостью модели.

Внедрение гибридных стратегий, прозрачных процессов, документирования и lifecycle-управления – это необходимое условие для надёжной и справедливой ИИ-инфраструктуры. Для организаций, использующих ML в социально-экономических задачах, это не просто рекомендация, а требование устойчивости, соответствия регуляторным стандартам и социальной ответственности.

Литература:

1. Huber M. et al. Bias and diversity in synthetic-based face recognition // Proceedings of the IEEE/CVF Winter Conference on Applications of Computer Vision. – 2024. – С. 6215-6226.
2. Wang H. E. et al. Assessing racial bias in healthcare predictive models: Practical lessons from an empirical evaluation of 30-day hospital readmission models // Journal of Biomedical Informatics. – 2024. – Т. 156. – С. 104683.

3. Albaroudi E., Mansouri T., Alameer A. A comprehensive review of AI techniques for addressing algorithmic bias in job hiring // ai. – 2024. – Т. 5. – №. 1. – С. 383-404.
4. Engel C., Linhardt L., Schubert M. Code is law: how COMPAS affects the way the judiciary handles the risk of recidivism: C. Engel et al // Artificial Intelligence and Law. – 2025. – Т. 33. – №. 2. – С. 383-404.
5. Chu Z., Wang Z., Zhang W. Fairness in large language models: A taxonomic survey // ACM SIGKDD explorations newsletter. – 2024. – Т. 26. – №. 1. – С. 34-48.
6. González-Sendino R., Serrano E., Bajo J. Mitigating bias in artificial intelligence: Fair data generation via causal models for transparent and explainable decision-making // Future Generation Computer Systems. – 2024. – Т. 155. – С. 384-401.
7. Dablain D., Krawczyk B., Chawla N. Towards a holistic view of bias in machine learning: bridging algorithmic fairness and imbalanced learning // Discover Data. – 2024. – Т. 2. – №. 1. – С. 4.
8. Nagpal R. et al. A multi-objective framework for balancing fairness and accuracy in debiasing machine learning models // Machine Learning and Knowledge Extraction. – 2024. – Т. 6. – №. 3. – С. 2130-2148.
9. Eberhard L. et al. General Post-Processing Framework for Fairness Adjustment of Machine Learning Models // arXiv preprint arXiv:2504.16238. – 2025.
10. Dasu V. A. et al. Neufair: Neural network fairness repair with dropout // Proceedings of the 33rd ACM SIGSOFT International Symposium on Software Testing and Analysis. – 2024. – С. 1541-1553.
11. Dang V. N. et al. Empirical comparison of post-processing debiasing methods for machine learning classifiers in healthcare // Journal of Healthcare Informatics Research. – 2025. – С. 1-29.

АНАЛИЗ ТРАФИКА ПОКУПАТЕЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ ТЕПЛОВЫХ КАРТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛИ YOLOV8N

Д. А. Гордиенко, А. М. Хусаинов

Новосибирский государственный технический университет,

г. Новосибирск, dima2323fr3@gmail.com

Научный руководитель: Антонянц Е. Н., ассистент

В статье рассматривается применение методов компьютерного зрения для анализа трафика покупателей в торговых точках на основе построения тепловых карт. Результаты демонстрируют возможность применения

предложенного подхода для оптимизации планирования торговых пространств.

The article discusses the application of computer vision methods to analyze customer traffic in retail outlets based on the construction of heat maps. The results demonstrate the possibility of applying the proposed approach to optimize the planning of retail spaces.

С ростом конкуренции в сфере ритейла все более актуальной становится задача создания систем для анализа поведения покупателей и оптимизации торговых пространств. Существуют различные подходы к анализу трафика посетителей, такие как системы подсчета на основе датчиков движения, RFID-метки и оптические системы. Оптические системы на основе видеокамер являются универсальным и более доступным решением, позволяющим автоматически отслеживать перемещения покупателей по торговому залу без необходимости их активного участия и обеспечивающим возможность ретроспективного анализа.

В настоящее время при анализе видеорядов широко применяются методы компьютерного зрения с использованием моделей глубокого обучения. Алгоритм YOLO (You Only Look Once) является одной из самых эффективных одноэтапных моделей для детектирования объектов из видеопотока в реальном времени и записи, что делает его особенно подходящим для задач ритейл-аналитики.

В данной работе была использована архитектура YOLO и адаптирована под задачу детекции людей на видеозаписи. Цель исследования – разработать программное обеспечение для построения тепловых карт и анализа трафика покупателей на видеопотоке с последующей обработкой результатов детекции и визуализацией данных.

В качестве основы системы выбран алгоритм YOLOv8n. Для построения тепловых карт были использованы такие методы как: NMS (Non-Maximum Suppression), Bounding Box и размытие по Гауссу.

NMS – это метод постобработки, используемый для фильтрации избыточных и перекрывающихся обнаружений и повышения точности конечного результата. YOLO выполняет обнаружение объекта, разбивая входное изображение на сетку и предсказывает ограничивающие рамки и вероятности классов для каждой ячейки сетки [1].

Размытие по Гауссу – это способ размытия изображения с помощью функции Гаусса, для уменьшения шума изображения, благодаря сглаживанию пикселей.

Bounding Box – это прямоугольная аннотация, используемая в компьютерном зрении для указания местоположения объекта на

изображении или видеокadre. Ограничивающая рамка обычно определяется набором координат, которые указывают ее положение и размер. Был выбран метод угловых точек ($x_{\min}$, $y_{\min}$, $x_{\max}$, $y_{\max}$). Этот формат определяет координаты верхнего левого и нижнего правого углов прямоугольника [2].

Тепловая карта – это метод визуализации данных, который использует представление с цветовой кодировкой для представления закономерностей и вариации в данных [3].

Был разработан алгоритм построения тепловых карт, который состоит из трех основных этапов: детекция объектов, накопление данных и генерация визуализации.

Для каждого кадра видеопотока выполняется детекция людей с использованием предобученной модели YOLOv8n. Модель применяет фильтрацию по порогу уверенности (confidence threshold) и выполняет метод постобработки NMS с заданным порогом IoU для устранения дублирующихся детекций. В результате получается множество ограничивающих рамок в формате угловых точек ($x_{\min}$, $y_{\min}$, $x_{\max}$, $y_{\max}$), где ($x_{\min}$, $y_{\min}$) – координаты верхнего левого угла, а ($x_{\max}$, $y_{\max}$) – координаты нижнего правого угла прямоугольника. В зависимости от выбранного метода детекции, bounding boxes могут выделять человек в полный рост или преобразовываться в области нижней части, соответствующие уровню ног человека (см. рисунки 1-2). Все полученные детекции накапливаются в едином списке для последующей обработки.

На основе накопленных детекций создается двумерная карта плотности размером H на W пикселей, где H и W – высота и ширина кадра соответственно. Для каждой ограничивающей рамки из списка выполняется валидация координат с обрезанием по границам кадра, после чего значение всех пикселей в прямоугольной области $[y_1:y_2, x_1:x_2]$ увеличивается на единицу. Таким образом, области с большим количеством детекций получают более высокие значения плотности, а перекрывающиеся области суммируются.



а

б

Рис. 1 – Метод детекции выделения человека
(а – в полный рост, б – в области нижней части)



Рис. 2 – Результат построения тепловой карты посетительского трафика
торговой точки

К полученной карте плотности применяется гауссово размытие с заданным радиусом r для сглаживания дискретных артефактов и создания плавного градиента. Затем выполняется нормализация значений к диапазону $[0, 1]$ по формуле (1):

$$H' = \frac{H - \min(H)}{\max(H) - \min(H) + \varepsilon}, \quad (1)$$

где ε – малая константа для предотвращения деления на ноль. Нормализованная карта преобразуется в цветное изображение с использованием цветовой карты "jet", где низкие значения плотности соответствуют синему цвету, а высокие – красному. Финальная тепловая карта формируется путем наложения цветовой визуализации на исходный кадр с заданным коэффициентом прозрачности α .

На рисунке 2 представлен результат применения разработанного алгоритма построения тепловых карт. Анализ полученной визуализации позволяет выявить паттерны поведения посетителей: дети, находившиеся у кассы, рассматривали витрину с мороженым, что визуализируется ярко выделенным тепловым следом в этой области. Высокая интенсивность тепловой карты указывает на привлекательность размещения товара и эффективность его визуального представления. Анализ также показывает, что продавщица преимущественно находилась в рабочей зоне кассы, что отражается в концентрированной области высокой активности.

В результате исследования был разработан программный инструмент, который позволяет создавать тепловые карты для анализа поведения покупателей и оптимизации торгового пространства. Полученные результаты демонстрируют практическую ценность разработанного программного обеспечения для ритейл-аналитики: выявление зон интереса покупателей, анализ эффективности размещения товаров и оптимизация торгового пространства на основе объективных данных о поведении посетителей.

Литература:

1. Shapira A. et al. Phantom sponges: Exploiting non-maximum suppression to attack deep object detectors // Proceedings of the IEEE/CVF Winter Conference on Applications of Computer Vision. – 2023. – P. 4571–4580.
2. Тимошкин М. С., Миронов А. Н., Леонтьев А. С. Сравнение YOLO V5 и Faster R-CNN для обнаружения людей на изображении в потоковом режиме // Международный научно-исследовательский журнал. – 2022. – № 6-1 (120). – С. 137–146.
3. Liu M. et al. What we can learn from the data: A multiple-case study examining behavior patterns by students with different characteristics in using a serious game // Technology, Knowledge and Learning. – 2016. – Т. 21, № 1. – P. 33–57.

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ

В. А. Григорьев

**Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, vindsark@hotmail.com**

Научный руководитель: Курчеева Г. И., к.э.н., доцент

В статье обоснована актуальность разработки комплексного методического обеспечения для оценки и выбора образовательных программ. Проведен анализ существующих подходов к оценке, выявлены их недостатки, в частности, разрозненность критериев и отсутствие интегральных моделей, учитывающих как качественные, так и экономические аспекты. На основе системного подхода предложена структура и ключевые компоненты методического обеспечения, включающего интегральную систему показателей, алгоритм расчета и практические рекомендации для стейкхолдеров.

The article substantiates the relevance of developing comprehensive methodological support for the assessment and selection of educational programs. The analysis of existing assessment approaches is carried out, their shortcomings are identified, in particular, the fragmentation of criteria and the lack of integrated models that take into account both qualitative and economic aspects. Based on a systematic approach, the structure and key components of methodological support are proposed, including an integrated system of indicators, a calculation algorithm and practical recommendations for stakeholders.

Введение

Современный рынок образовательных услуг характеризуется стремительным ростом разнообразия программ, форматов обучения и их поставщиков. Этот рост, с одной стороны, расширяет возможности для обучающихся, а с другой — создает проблему информационной перегруженности и сложности объективного выбора.

Актуальность данной темы обусловлена несколькими факторами. Во-первых, для абитуриентов и студентов стоимость образования представляет собой значительные инвестиции, эффективность которых необходимо оценивать [5]. Во-вторых, для работодателей качество образовательных программ напрямую связано с уровнем компетенций будущих сотрудников [3]. В-третьих, сами образовательные организации заинтересованы в позиционировании своих программ на рынке на основе объективных данных.

В 2021 году в России был запущен федеральный проект «Профессионалитет», одной из задач которого является повышение эффективности среднего профессионального образования и его

приближение к запросам рынка труда. Это демонстрирует государственный интерес к проблеме адекватности образования экономическим реалиям. Однако, несмотря на отдельные инициативы, отсутствует универсальный методический инструмент для комплексной сравнительной оценки.

Цель данного исследования — проанализировать существующие подходы к оценке образовательных программ и разработать концепцию комплексного методического обеспечения, устраняющего выявленные недостатки.

Анализ существующих разработок

Современные исследования в области оценки образования можно условно разделить на несколько направлений.

1. Педагогико-качественное направление фокусируется на таких показателях, как квалификация преподавательского состава, оснащенность лабораторий, содержание учебных планов и успеваемость студентов [1, 7]. Однако данные подходы часто игнорируют экономическую составляющую.

2. Экономическое направление рассматривает образование как инвестицию, используя показатели ROI (Return on Investment), стоимость обучения и потенциальный уровень зарплат выпускников [5, 9]. Недостатком является упрощенный взгляд на качество образовательного процесса.

3. Рейтинговое и пользовательское направление основывается на мнении студентов и экспертов (например, платформы отзывов, рейтинги вузов) [2]. Эти данные субъективны и могут быть нерепрезентативны.

Критический анализ литературы выявляет проблему фрагментарности: 73% исследований охватывают не более одного-двух аспектов оценки одновременно [8]. Российские исследования добавляют к этому организационный контекст, отмечая, что существующие методики слабо адаптированы к специфике региональных рынков труда и образовательных стандартов [6].

Ключевые проблемы

На основе анализа выделены следующие проблемы, препятствующие эффективной оценке и выбору образовательных программ:

1. Отсутствие интегральной модели: Существующие критерии оценки (качество, стоимость, отдачи) существуют в изолированных системах. Например, программа с высокой стоимостью может не демонстрировать пропорционального роста зарплат выпускников, но без интегральной модели это сложно выявить.

2. Субъективность и неполнота данных: Многие рейтинги опираются на опросы или данные, предоставляемые самими образовательными организациями, что снижает их объективность [2]. Отсутствует единая система верификации данных о трудоустройстве и доходах выпускников.

3. Игнорирование долгосрочного экономического эффекта: Большинство моделей оценивают результаты (трудоустройство после выпуска), но не учитывают карьерный рост и рост доходов в перспективе 5-10 лет [9].

Направления для разработки методического обеспечения

Перспективное методическое обеспечение должно базироваться на четырех фундаментальных принципах:

1. Комплексность. Формирование интегральной системы показателей (ИСП), объединяющей три ключевых блока:

Блок «Качество»: аккредитация, квалификация преподавателей, оснащенность, результаты студентов (средний балл, победы в олимпиадах).

Блок «Экономика»: стоимость обучения, доступность финансирования (стипендии, кредиты), средний уровень зарплат выпускников (на старте и через 5 лет), показатель ROI.

Блок «Обратная связь»: объективные данные о трудоустройстве (от центров карьеры), отзывы выпускников и работодателей (с применением методов анализа тональности для минимизации субъективности).

2. Алгоритмизация. Разработка четкого пошагового алгоритма применения методики:

Шаг 1: Сбор и нормализация данных по выбранным программам.

Шаг 2: Расчет интегрального показателя для каждой программы на основе взвешенной суммы частных показателей.

Шаг 3: Сравнительный анализ и визуализация результатов (например, с помощью радиальных диаграмм).

3. Адаптивность. Введение механизма кастомизации весов коэффициентов в ИСП для разных стейкхолдеров (например, абитуриенты могут иметь больший вес стоимости, а работодатели — качеству).

4. Практическая ориентированность. Разработка конкретных выходных продуктов: методических рекомендаций для абитуриентов, шаблонов отчетности для вузов и аналитических справок для работодателей.

Заключение

Проведенное исследование подтвердило высокую актуальность разработки комплексного методического обеспечения для оценки образовательных программ. Существующие наработки создают теоретический фундамент, но их разрозненность и слабая связь с комплексными экономико-качественными запросами обуславливают необходимость создания новой интеграционной модели. Разработка такого методического обеспечения, основанного на принципах комплексности, алгоритмизации и практической ориентированности, позволит преодолеть барьеры на пути эффективного выбора образовательных программ и повысить общую прозрачность рынка образовательных услуг.

Литература:

1. Звонников В. И., Челышкова М. Б. Современные средства оценивания результатов обучения. – М.: Логос, 2012. – 208 с.
2. Комарницкая Е. А. Моделирование методического обеспечения образовательного процесса // Высшее образование в России. – 2011. – № 8-9. – С. 42-47.
3. Маркова С. М., Зайцев В. В. Формирование профессиональных компетенций в условиях современного образования // Педагогика. – 2018. – № 5. – С. 45-50.
4. Роберт И. В. Теория и методика информатизации образования. – М.: ИИО РАО, 2008. – 274 с.
5. Belfield C., Levin H. M. The Price We Pay: Economic and Social Consequences of Inadequate Education. – Washington, D.C.: Brookings Institution Press, 2007.
6. Мухаметов Д. Р. Проблемы оценки качества высшего образования в России // Мир новой экономики. – 2020. – № 2. – С. 74-80.
7. Lom M., Pribyl O. Educational Process Quality Assessment Model based on Systems Theory // International Journal of Educational Management. – 2020. – Т. 34. – № 5. – С. 1021-1035.
8. Myeong S., Park J., Lee M. Research models and methodologies on the education quality assessment: A systematic literature review // Sustainability. – 2022. – Т. 14. – № 3. – С. 1690.
9. Psacharopoulos G., Patrinos H. A. Returns to Investment in Education: A Decennial Review of the Global Literature // World Bank Policy Research Working Paper. – 2018. – № 8402.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ РАСПОЗНАВАНИЯ СГЕНЕРИРОВАННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

С. С. Демченко

Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, ese4@yandex.ru

Научный руководитель: Антонянц Е. Н., ассистент

Предложен метод распознавания сгенерированных изображений на основе CNN-признаков, классифицируемых при помощи Random Forest и CatBoost. Достигнута точность 0.79–0.81, превосходящая традиционные признаки. Подход перспективен для автоматизированной фильтрации и анализа медиаконтента.

A method for recognizing generated images based on CNN features classified using Random Forest and CatBoost is proposed. Accuracy reached 0.79–0.81, surpassing traditional features. The approach is promising for automated content filtering and media analysis.

Проблема распознавания фальшивых изображений (дипфейков) становится актуальной с развитием нейросетевых технологий. Дипфейки зачастую становятся инструментом совершения преступлений против личности и государства, поэтому необходимы технические средства для определения искусственного происхождения изображений. Дипфейки часто используются для создания реалистичного фото и видео контента. При этом нейронная сеть может сгенерировать искусственный образ или обработать имеющийся по запросу пользователя. Это можно использовать в развлекательных целях или для демонстрации возможностей глубокого обучения [1].

Ранние подходы к детекции фальшивого контента опирались на признаки, выделенные вручную. Среди них широко использовались традиционные статистические характеристики изображения, такие как плотность нулевых коэффициентов, куртозис DCT, энтропия по диапазонам частот и метрика шума. Например, плотность нулевых коэффициентов рассчитывается по формуле (1):

$$Z = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 1_{\{|c_i| < \varepsilon\}}, \quad (1)$$

где Z – плотность нулевых коэффициентов; N – общее количество коэффициентов; c_i – значение i -го коэффициента; ε – малое пороговое значение.

Эти методы позволяют выявлять аномалии, шум или несоответствия освещения, возникающие при генерации изображения искусственными

алгоритмами. Однако эффективность таких признаков ограничена, особенно при высококачественных дипфейках, так как генеративные модели способны воспроизводить естественные визуальные закономерности.

Для распознавания разных видов дипфейков обычно используют нейронные сети с классической свёрточной архитектурой (CNN) [2]. CNN автоматически выделяют сложные текстурные, структурные и цветовые зависимости на изображении, формируя высокоуровневые представления на промежуточных слоях сети. Эти признаки способны кодировать локальные и глобальные паттерны, включая микротекстуры кожи, градиенты освещения, шумовые артефакты и структурные искажения, которые трудно формализовать вручную. Однако сами по себе CNN-признаки не дают конечного решения о принадлежности изображения к сгенерированному искусственным интеллектом (ИИ) или реальному классу. Для этого их передают в машинные классификаторы, способные на основе полученных векторов признаков обучаться различать сложные закономерности.

В интеллектуальном анализе данных алгоритмы классификации способны обрабатывать огромный объем информации. Его можно использовать для создания предположений относительно имен классов категорий, для классификации знаний на основе обучающих наборов и меток классов, а также для классификации вновь полученных данных [3].

Так, деревья решений являются одним из эффективных методов, обычно используемых в различных областях, таких как машинное обучение, обработка изображений и выявление закономерностей. Дерево решений представляет собой последовательную модель, которая объединяет серию основных тестов, где числовая характеристика сравнивается с пороговым значением в каждом тесте [3].

В данной работе для классификации признаков CNN было решено использовать подход на основе деревьев решений, так как они способны эффективно работать с большим количеством признаков, автоматически выявлять наиболее информативные и создавать интерпретируемые правила. Для повышения точности и устойчивости к переобучению были выбраны два классификатора, основанных на деревьях решений: Random Forest и CatBoost. Random Forest хорошо справляется с большим количеством признаков и шумными данными за счёт объединения большого числа деревьев и усреднения их предсказаний, что снижает риск переобучения. CatBoost дополнительно использует градиентный бустинг с улучшенной обработкой признаков, что часто даёт более высокую точность на сложных и высокоразмерных данных.

Для извлечения информативных признаков из изображений была использована предобученная свёрточная нейронная сеть ResNet50. Эта сеть способна автоматически выявлять сложные текстурные, цветовые и структурные паттерны на изображении, которые трудно формализовать вручную. Для обучения и тестирования модели использовался датасет из 1000 изображений: 500 изображений, сгенерированных ИИ и 500 не сгенерированных изображений. Каждое изображение проходило через ResNet50, и с промежуточных слоёв сети извлекались векторные представления признаков фиксированной размерности, которые затем использовались в качестве входных данных для выбранных классификаторов – Random Forest и CatBoost.

Для оценки устойчивости и обобщающей способности моделей была проведена 5-кратная кросс-валидация. Этот подход позволяет многократно разделять датасет на обучающую и тестовую выборки, обучать модель на одной части данных и проверять её качество на другой, обеспечивая более надёжную оценку производительности и снижая влияние случайного разбиения выборки на результаты.

В таблице 1 представлены основные метрики машинного обучения для двух выбранных классификаторов на основе деревьев решений: Random Forest и CatBoost. Метрики рассчитаны для двух типов входных признаков: традиционных признаков, а также признаков, извлечённых с помощью свёрточной нейронной сети ResNet50.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика метрик

Признаки	Классификатор	Accuracy	Precision	Recall
Традиционные	Random Forest	0.616	0.636	0.716
Традиционные	CatBoost	0.630	0.633	0.788
CNN (ResNet50)	Random Forest	0.795	0.802	0.838
CNN (ResNet50)	CatBoost	0.810	0.809	0.857

Из представленной таблицы видно, что использование признаков, извлечённых с помощью предобученной ResNet50, значительно повышает эффективность классификации по сравнению с традиционными признаками. Accuracy для CNN-признаков достигает 0.795–0.81, в то время как для традиционных признаков она не превышает 0.63. Аналогично, точность (Precision) и полнота (Recall) также значительно выше при использовании CNN-признаков. Это подтверждает, что высокоуровневые представления, автоматически выделяемые нейронной сетью, лучше кодируют сложные текстурные и структурные особенности изображений, которые трудно формализовать вручную.

Сравнение классификаторов показывает, что CatBoost демонстрирует небольшое преимущество над Random Forest, особенно при работе с CNN-признаками. Это может быть связано с тем, что CatBoost более эффективно справляется с высокоразмерными и сильно коррелированными признаками, характерными для CNN-векторов.

Для проведения экспериментов было разработано программное обеспечение, позволяющее загружать изображения и получать вероятностную оценку их происхождения от искусственного интеллекта. Пример работы данного интерфейса представлен на рисунке 1. Как видно на иллюстрации, пользователь может выбрать алгоритм классификации и после обработки получить результат в виде процентной вероятности, присвоенной модели.



Рис. 1 – Интерфейс системы детекции ИИ-изображений

Эксперименты показали, что использование признаков CNN в сочетании с современными классификаторами на основе деревьев решений, такими как Random Forest и CatBoost, обеспечивает высокую точность распознавания ИИ-сгенерированных изображений. Особенно эффективным является подход с CatBoost, который демонстрирует лучшие метрики по всем трём показателям. Таким образом, комбинация автоматического извлечения признаков с CNN и мощных классификаторов на основе деревьев решений является перспективным методом для автоматизированного выявления фальшивого контента.

Литература:

1. Бабичева М. В., Третьяков И. А. Автоматизация процедуры распознавания фальшивых изображений посредством нейронных сетей // Проблемы искусственного интеллекта. – 2025. – Т. 36., № 1. – С. 94–105.
2. Танаянц Д. К. Исследование средств математического распознавания программно-сгенерированных изображений // Интернаука. – 2021. – Т. 20., № 196 часть 1. – С. 74.
3. Маркова А. В., Афанасьев А. Г., Афанасьев Г. И. Классификация на основе алгоритма дерева решений для машинного обучения // E-Scio. – 2022. – № 11 (74). – С. 106–118.

СРАВНЕНИЕ КЛАССИЧЕСКИХ И ТРАНСФОРМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВИЗУАЛЬНОГО ВОСПРИЯТИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ ИНТЕРФЕЙСОВ

Д. А. Дмитриченко, М. А. Бакаев

**Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, onirs@corp.nstu.ru**

Научный руководитель: Бакаев М. А., к.т.н., доцент

Данное исследование сравнивает эффективность классических ML-моделей (на 32 инженерных признаках) и современных трансформеров (CLIP, UIClip) в задаче предсказания восприятия UI (N=3083). Проверено пять подходов, включая гибридные. Результаты показали, что объединение инженерных признаков с эмбедами UIClip (Гибридный подход) демонстрирует наилучшие результаты по всем трем метрикам (Эстетичность $R^2=0.321$, Сложность $R^2=0.142$, Упорядоченность $R^2=0.120$). Это подтверждает, что в задачах HCI наиболее эффективен синергетический подход, который использует трансформеры для кодирования неявного стиля и алгоритмические признаки для моделирования явной структуры интерфейса.

This study compares the efficacy of classical ML models (using 32 engineered features) and modern transformers (CLIP, UIClip) for predicting UI perception metrics (N=3,083). Five approaches, including hybrid methods, were tested. The results demonstrate that combining engineered features with UIClip embeddings (Hybrid approach) achieves the best performance across all three metrics (Aesthetics $R^2=0.321$, Complexity $R^2=0.142$, Orderliness $R^2=0.120$). This confirms that in HCI tasks, a synergistic approach is the most effective, utilizing transformers to encode implicit style and algorithmic features to model explicit interface structure.

Введение

Автоматизация оценки пользовательских интерфейсов (UI) актуальна ввиду субъективности и высокой стоимости экспертных

методов. Ранее было показано [1], что на характерных для HCI (Human-Computer Interaction) малых выборках модели на основе инженерных признаков превосходят сверточные сети (CNN), а для адекватного прогнозирования «Эстетичности» требуется кратное увеличение объема данных [2]. Однако появление Vision Transformers (CLIP [3], UIClip [4] и концепции Large User Interface Models (LUIMs) [5] открывает альтернативный путь. Актуальным становится вопрос: способны ли современные архитектуры, моделируя субъективную «удовлетворенность» пользователя, превзойти feature-based подходы без экстенсивного расширения выборки.

Цель работы: провести сравнительный анализ классических ML-моделей и трансформерных архитектур на едином датасете для предсказания метрик Эстетики, Сложности и Упорядоченности.

Методология исследования

В качестве набора данных использовалось объединение двух датасетов из [1], включающее скриншоты главных страниц веб-сайтов из семи различных доменов (культура, еда, игры, государство, здоровье, новости и образование). Изображения были собраны автоматически с помощью скрипта в разрешении 1280×960 или 1280×900 пикселей, при этом из выборки исключались сайты известных брендов во избежание предвзятости субъективных оценок. После фильтрации изображений, не содержащих полного набора расчетных метрик, итоговая выборка составила 3083 экземпляра.

Для каждого изображения рассматривались 32 базовых признака, описанных и полученных с применением сервисов Visual Analyzer (VA) и Aalto Interface Metrics (AIM) в [1]. Эти признаки включают метрики, характеризующие использование цвета (например, уникальные цвета RGB, средняя насыщенность HSV), компоновку и структуру (например, кластеры, симметрия Quadtree) и общую сложность (например, количество элементов UI).

Целевые переменные: Aesthetics, Complexity, Orderliness (усредненные оценки пользователей).

Подход 1: Классические модели (Baseline).

Для прогнозирования каждой из трех целевых переменных использовался набор из 32 базовых инженерных признаков. Эффективность подхода оценивалась с применением ряда алгоритмов машинного обучения.

Подход 2: Общие Vision-модели (General).

Использовалась модель CLIP [3] для извлечения эмбедингов. После этого предсказание целевых признаков с помощью алгоритмов машинного обучения.

Подход 3: Доменные Vision-модели (Domain-Specific).

Использовалась модель UIClip [4]. Прямое использование рассчитанных моделью оценок не выявило значимой корреляции ни с одним из трёх целевых столбцов. Вместо этого мы использовали извлеченные доменные эмбединги.

Подход 4: Дообучение (Fine-Tuning).

Проводилось полное дообучение (fine-tuning) модели UIClip с добавлением полносвязных слоев («регрессионных голов»). Для повышения устойчивости к переобучению на малой выборке применялась аугментация изображений (изменение размера, кадрирование, цветовая коррекция). Лучшая конфигурация включала последовательное уменьшение размерности слоев (512→512→256→128→3).

Подход 5: Гибридный подход (Hybrid).

Для проверки гипотезы о комплементарности методов был разработан гибридный подход. Векторы эмбедингов, полученные от модели UIClip (как в Подходе 3), были конкатенированы с вектором из 32 инженерных признаков (из Подхода 1). Это позволило объединить семантическое понимание визуального стиля (от трансформера) с явными структурными метриками (от feature-based подхода).

Результаты и Обсуждение

Для сравнительного анализа эффективности рассмотренных парадигм лучшие показатели R^2 сведены в единую таблицу (Таблица 1).

Таблица 1 – Сравнение подходов

Подход / Метрика	Aesthetics (Эстетичность)	Complexity (Сложность)	Orderliness (Упорядоченность)
Подход 1: Классический ML	XGBoost ($R^2 = 0.257$)	XGBoost ($R^2 = 0.108$)	Linear Regression ($R^2 = 0.117$)
Подход 2: CLIP	XGBoost ($R^2 = 0.263$)	XGBoost ($R^2 = 0.115$)	XGBoost ($R^2 = 0.118$)
Подход 3: UIClip	XGBoost ($R^2 = 0.282$)	Gradient Boosting ($R^2 = 0.114$)	XGBoost ($R^2 = 0.080$)
Подход 4: UIClip Fine-Tuned	Regression Head с аугментацией (512→512→256→128→3) ($R^2 = 0.262$)	Regression Head с аугментацией (512→256→3) ($R^2 = 0.037$)	Regression Head с аугментацией (512→512→256→128→3) ($R^2 = 0.103$)
Подход 5: UIClip + base	XGBoost ($R^2 = 0.321$)	XGBoost ($R^2 = 0.142$)	XGBoost ($R^2 = 0.120$)

Эксперименты выявили безусловное превосходство гибридного подхода (Подход 5) по всем трем целевым метрикам. Этот результат меняет исследовательскую повестку: наиболее эффективным является не противопоставление методов, а поиск оптимальной комбинации их преимуществ.

Моделирование Эстетики. Трансформерные модели подтвердили высокую эффективность в оценке визуальной привлекательности, превысив классический baseline ($R^2 = 0.257$). При этом подход с замороженными эмбедингами UIClip и XGBoost (Подход 3, $R^2 = 0.282$) оказался стабильнее и превзошел полное дообучение модели (Fine-Tuning, Подход 4, $R^2 = 0.262$). Это позволяет предположить, что на ограниченном датасете ансамблевые методы, работающие с качественными эмбедингами, обеспечивают лучшую устойчивость к переобучению. Добавление инженерных признаков в гибридную модель дало дополнительный прирост качества, подтверждая, что формальные параметры важны даже в оценке стиля.

Моделирование Структуры. Для структурных метрик (Сложность и Упорядоченность) трансформеры в чистом виде показали низкую

результативность. Решающую роль сыграл Гибридный подход: инженерные признаки задают «каркас» оценки, а визуальные эмбединги уточняют контекст восприятия. Объединение модальностей позволило гибридной модели превзойти все остальные подходы, включая классический baseline.

Заключение

В работе проведено масштабное сравнение пяти стратегий моделирования визуального восприятия UI, варьирующихся от классического ML до современных трансформерных архитектур и их комбинаций.

Полученные результаты позволяют пересмотреть тезис о «разумной эффективности признаков» [1]. Мы приходим к выводу о синергетической эффективности:

1. Эстетичность лучше всего моделируется глубокими нейросетями, способными извлекать неявные паттерны стиля, однако добавление формальных метрик улучшает результат до SOTA-уровня в рамках данного датасета ($R^2 = 0.321$).

2. Структурные метрики (Сложность, Упорядоченность) требуют наличия явных инженерных признаков, так как «чистые» трансформеры (в режиме fine-tuning) склонны терять эту информацию. Однако гибридизация позволяет улучшить и эти показатели.

Дальнейшие исследования лежат в плоскости синтеза подходов. Во-первых, перспективным представляется создание гибридных моделей, комбинирующих явные структурные признаки с нейросетевыми эмбедингами стиля. Во-вторых, будущие исследования должны быть направлены на валидацию этих архитектурных преимуществ на масштабных датасетах, таких как MobileViews [6], для подтверждения эффективности гибридизации в промышленных условиях.

Литература:

1. Bakaev M., Heil S., Gaedke M. A Reasonable Effectiveness of Features in Modeling Visual Perception of User Interfaces // Big Data and Cognitive Computing. MDPI, 2023. Т. 7, № 1.
2. Bakaev M. и др. How Many Data Does Machine Learning in Human-Computer Interaction Need?: Re-Estimating the Dataset Size for Convolutional Neural Network-Based Models of Visual Perception // IT Prof. IEEE Computer Society, 2023. Т. 25, № 2. С. 23–29.
3. Radford A. и др. Learning Transferable Visual Models From Natural Language Supervision // International conference on machine learning. 2021. Т. PmLR. С. 8748–8763.

4. Wu J. и др. UIClip: A Data-driven Model for Assessing User Interface Design // Proceedings of the 37th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology. 2024. С. 1–16.

5. Namoun A., и др. Predicting the usability of mobile applications using AI tools: the rise of large user interface models, opportunities, and challenges. // Procedia Comput Sci. 2024. Т. 238. С. 671–682.

6. Gao L. и др. MobileViews: A Large-Scale Mobile GUI Dataset // arXiv preprint. 2024.

МЕТОДЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ВЫЯВЛЕНИЯ КОЛЛИЗИЙ В НОРМАТИВНО-ПРАВОВЫХ ДОКУМЕНТАХ: ОБЗОР КЛЮЧЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

А. В. Зубкова

Новосибирский государственный университет

экономики и управления «НИНХ»,

г. Новосибирск, nastasya.zubkova.04@bk.ru

**Научный руководитель: Бобров Л. К., доктор технических наук,
профессор кафедры прикладной информатики Новосибирского
государственного университета экономики и управления «НИНХ»**

Статья посвящена коллизиям в нормативно-правовых документах. Рассматриваются их основные типы и причины. Выполнен сравнительный анализ существующих технологий выявления коллизий.

The article is devoted to conflicts in regulatory documents. Their main types and causes are considered. A comparative analysis of existing collision detection technologies has been performed.

Проблема юридических коллизий, в силу своей распространенности, является актуальной. Современное законодательство имеет изрядное количество нормативных актов, которые содержат коллизии. Но и в организациях существуют противоречия, которые могут касаться одних и тех же документов. Область проблем коллизий охватывает множество сфер.

Коллизии: понятие, типы и причины

Коллизия имеет много определений. Так, с латинского языка термин collision переводится как «столкновение», то есть это столкновение взглядов и интересов [1]. Матузов Н.И. и Малько А.В. считали, что юридические коллизии – это следствие социальных, экономических и политических коллизий, которые в правовой сфере приобретают особую остроту и деструктивность [2].

Существует большое количество работ, которые посвящены вопросам классификаций коллизий (см., напр., работы [3, 4]). В начале двухтысячных годов Матузов Н. Н. [4] предложил классификацию коллизий, которая содержала в себе 6 родовых групп в разных областях (в области правотворчества, в правоприменении и так далее). Но она не размежевывает коллизии норм права и коллизии нормативных правовых актов, но играет роль базового комплекса разнообразных видов коллизий, существующих в правовой системе.

В этот же временной период Конвэй Д. М. [5] выделил 5 причин возникновения правовых коллизий в рамках национального законодательства государства:

- временной аспект, то есть противоречия между нормами, принимаемыми в разные периоды времени;

- неопределенность и слишком общий характер норм права, которые приводят к неоднозначности относительно понимания того, какой именно нормативно-правовой акт должен применяться в той или иной возникающей ситуации;

- сложность и комплексность конкретной правовой системы, в частности, наличие более чем одного применимого к конкретной ситуации источника права;

- «плюрализм» социальных ценностей, который может приводить к правовым коллизиям, во-первых, поскольку увеличивает вероятность того, что в разных актах будут отражены разные несопоставимые ценности, что приводит к общей несогласованности законодательства, а во-вторых, поскольку делает более спорной роль судебных органов в восполнении пробелов в законодательстве;

- отсутствие непрерывности личности законодателя, ведь сменяющие друг друга законодатели зачастую демонстрируют несогласованность взглядов и знаний о потенциале нового принимаемого законодательства вступать в конфликт с действующим законодательством.

Однако в наше время принято считать, что правовые коллизии носят как объективный, так и субъективный характер. К объективным причинам относятся смена конституционного строя, перестройка экономики, серьезные изменения в политической системе. Субъективные причины связаны с человеческим фактором, в отличие от объективных причин, порождаемых самим развитием общественных отношений и правовой системы [6].

Таким образом, устранение коллизий требует высокого профессионализма правотолкующего и правоприменяющего лица, точного анализа обстоятельств и выбора целесообразного варианта решения, что является сложной аналитической задачей. Методам

выявления и устранения коллизий посвящено множество опубликованных работ.

Работы, посвященные проблеме юридических коллизий

В табл. 1 приведены результаты поиска информации, касающейся юридических коллизий, в базах данных Lens, ScienceDirect, ArXiv, РИНЦ и Google Scholar.

Следует отметить, что проблемы юридических коллизий широко обсуждаются на научных конференциях, однако доля работ, посвященных проблеме их обнаружения, весьма мала. Поэтому поиск работ, где описываются методы автоматизированного выявления коллизий, является затруднительным из-за необходимости применять различные поисковые критерии и работы со значительным расширением базы данных.

Таблица 1 – Результаты поиска информации в базах данных

База данных	Поисковый запрос	Общее число публикаций
Lens	legal conflicts	91294
	legal conflicts detection	595
ScienceDirect	legal conflicts	5083
	legal conflicts detection	175
ArXiv	legal conflicts	100
	legal conflicts detection	8
Google Scholar	юридические коллизии	23100
	юридические коллизии	1230
	обнаружение (выявление)	
РИНЦ	юридические коллизии	2730
	юридические коллизии	16
	обнаружение (выявление)	

Выявление юридических коллизий с помощью ИТ-решений

Представленные статьи в табл. 2 не претендуют на полноту. Они наглядно показывают различные методы автоматизированного выявления юридических коллизий.

Таблица 2 – Методы автоматизированного выявления коллизий

Автор(ы)	Предлагаемый метод
Рыжков О.Ю., Бобров Л.К. [7]	Использование деонтической логики как модели формализованной записи правовых норм
Alchourrón С. Е., Bulygin E. [8]	Для разрешения коллизий предлагается использовать иерархические критерии, которые могут быть формализованы как мета-правила в логической системе
Prakken Н., Sartor G. [9]	Предлагается модель, основанная на логике аргументации, где юридические коллизии рассматриваются как конфликт между аргументами
Wyner A., Peters W. [10]	Предложен способ извлечения структурированной информации из юридических текстов, и методика, которая помогает правильно интерпретировать правовые нормы
Katz D. M. [11]	Предлагается модель гибридного интеллекта, где используется нейросетевая модель

Пути преодоления юридических коллизий различны. В наше время существуют попытки создания гибридных юридических систем, например, ROSS Intelligence, Kira Systems, Lex Machine, однако они занимаются анализом документов или предсказанием исходов судебных дел, а не разрешением коллизий. Поэтому данный вопрос актуален по сей день и является весьма непростым.

Заключение

Юридические коллизии создают неудобства и мешают слаженной работе, поскольку затрудняют принятие решений, ведут к правовой неопределенности, могут использоваться как предлог для неисполнения обязательств и усугубляют риски злоупотреблений. Однако в настоящее время нет возможности создать полностью автоматизированную систему по выявлению и устранению коллизий. Скорее всего, речь может идти о создании человеко-машинных систем, использующих технологии искусственного интеллекта.

Литература:

1. Щелокаева Т. А. Юридические коллизии и коллизионные нормы: понятие, виды / Т. А. Щелокаева // Известия высших учебных заведений. Правоведение. – 2003. – № 6 (251). – С. 147-152.
2. Матузов Н. И. Теория государства и права: учеб. для студентов вузов, обучающихся по направлению и специальности

«Юриспруденция» / Н. И. Матузов, А. В. Малько; Н. И. Матузов, А. В. Малько // 2-е изд. – Москва: Юрист, 2005. – (Institutiones / Саратов. фил. ин-та государства и права Рос. акад. наук). – ISBN 5-7975-0778-1. – EDN QWKCDL.

3. Морозова Л. А. Проблемы типологии юридических коллизий (современная трактовка) / Л. А. Морозова // Lex Russica (Русский закон). – 2017. – № 6 (127). – С. 32-38.

4. Артемова С. Ю. Федеральные и региональные юридические коллизии: вопросы классификации / С. Ю. Артемова // Юридическая техника. – 2017. – № 11. – С. 610-617.

5. Conway G. M. Conflict of norms in European Union law and the legal reasoning of the European Court of Justice: A thesis submitted for the degree of Doctor of Philosophy / G. M. Conway // School of Law of the Brunel University. – London: Brunel University – 2010. – P. 14-18.

6. Денисов Д. В. Юридические коллизии: понятие и причины возникновения / Д. В. Денисов // Юрист-Правовед. – 2010. – № 5 (42). – С. 80-84.

7. Рыжков О. Ю. Формализованная запись нормативных документов для компьютерной обработки / О. Ю. Рыжков, Л. К. Бобров // Научно-техническая информация. Серия 2: Информационные процессы и системы. – 2013. – № 5. – С. 7-14.

8. Alchourrón C. E., Bulygin E. Normative Systems [Electronic resource]. Springer-Verlag. – 1971. – URL: <https://ia802905.us.archive.org/21/items/in.ernet.dli.2015.139562/2015.139562.Normative-Systems.pdf> (accessed: 24.09.2025).

9. Prakken H., Sartor G. A dialectical model of assessing conflicting arguments in legal reasoning [Electronic resource] / H. Prakken, G. Sartor // Artificial Intelligence and Law. – 1996. – 4(3-4) – Pp. 331–368. – URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00118493> (accessed: 24.09.2025).

10. Wyner A., Peters W. Towards annotating and extracting textual legal case factors / A. Wyner, W. Peters // In SPLeT-2012. – 2010. – Pp. 36-45.

11. Katz D. M., Bommarito M. J., Blackman J. A general approach for predicting the behavior of the Supreme Court of the United States / D. M. Katz, M. J. Bommarito, J. Blackman // PLOS ONE. – 2017. – 12(4). – Pp. 1-18.

РАЗРАБОТКА МЕХАНИЗМОВ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ АДАПТАЦИИ ВЕБ-ИНТЕРФЕЙСОВ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ КАТЕГОРИЙ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ

В. А. Ижик

Новосибирский государственный технический университет,

г. Новосибирск, izhik.vlad@gmail.com

Научный руководитель: Бакаев М. А., к.т.н., доцент

В работе рассматривается проблема разработки механизмов автоматизированной адаптации веб-интерфейсов для повышения доступности и удобства использования уязвимыми группами пользователей, такими как пожилые люди, лица с нарушениями зрения, моторики и когнитивных функций, а также новички в цифровой среде. Предлагается подход на основе комбинации обучения с подкреплением (RL) и глубокого обучения для динамического изменения компонентов интерфейса с учетом профиля пользователя и контекста. Новизна заключается в интеграции модельного RL с метриками когнитивного дискомфорта для минимизации усилий адаптации. Результаты могут применяться в веб-разработке для улучшения пользовательских интерфейсов.

The paper addresses the problem of developing mechanisms for automated adaptation of web interfaces to enhance accessibility and usability for vulnerable user groups, such as the elderly, individuals with visual, motor, and cognitive impairments, as well as digital novices. A approach based on a combination of reinforcement learning (RL) and deep learning is proposed for dynamic modification of interface components considering user profile and context. The novelty lies in integrating model-based RL with cognitive discomfort metrics to minimize adaptation efforts. The results can be applied in web development to improve user interfaces.

В настоящее время веб-интерфейсы играют ключевую роль в повседневной жизни, обеспечивая доступ к услугам в сферах торговли, образования и здравоохранения. Однако традиционные методы их разработки часто игнорируют индивидуальные различия пользователей, что приводит к снижению удобства (usability), доступности (accessibility) и общей удовлетворенности. Проблема особенно актуальна для уязвимых категорий: пожилых людей с ухудшением зрения, координации и памяти; лиц с нарушениями моторики, использующих адаптивные устройства; новичков в интернете, испытывающих трудности с навигацией. Эти пользователи взаимодействуют с сайтами в разнообразных условиях - дома, на работе или в пути, на устройствах с разной производительностью (ПК, смартфоны, планшеты). Кроме того, различия в культурном фоне, уровне цифровой грамотности и контексте использования усугубляют

ситуацию, приводя к повышенному когнитивному дискомфорту и оттоку пользователей.

Цель работы - создать механизмы автоматизированной адаптации веб-интерфейсов на основе модельного RL, с учетом индивидуальных характеристик пользователя и особенностей их взаимодействия с системой.

Существующие решения в области адаптации интерфейсов условно разделяют на статические и динамические. Статические методы ориентируются на предзаданные профили пользователей и не адаптируются к изменяющемуся поведению. Динамические используют методы машинного обучения, но редко применяют обучение с подкреплением (reinforcement learning, RL) для предсказания оптимальных изменений интерфейса.

Многие коммерческие решения, автоматизируют только техническую сторону доступности (добавление ARIA-атрибутов, расширенный alt-текст), но почти не учитывают индивидуальные особенности восприятия, ситуацию использования, не минимизируют когнитивную нагрузку. Они сфокусированы исключительно на формальном соблюдении стандартов WCAG, но не на индивидуальном удобстве реального пользователя.

Для количественной оценки когнитивного дискомфорта предлагается использовать следующую формулу (CD – уровень когнитивного дискомфорта, T – время выполнения задачи (в секундах), E – расстояние от диполя, C – ложность интерфейса (измеряемая по количеству элементов на странице), w_1, w_2, w_3 – весовые коэффициенты, определяемые на основе эмпирических данных):

$$CD = w_1 \cdot T + w_2 \cdot E + w_3 \cdot C \quad (1)$$

Предлагается следующая архитектура решения:

1. Модуль профилирования пользователей: сбор сведений о возрасте, цифровой грамотности, типичных паттернах поведения и условиях использования (тип устройства, освещённость, уровень шума).

2. Модель обучения с подкреплением: прогнозирование полезных интерфейсных изменений на основе собранных данных, использование виртуализированной среды для безопасного тестирования интерфейсных решений без необходимости каждое решение проверять на реальных пользователях.

3. Компонентная архитектура интерфейса: возможность динамической модификации каждого элемента веб-сайта (кнопки, поля ввода, навигация) по критическим параметрам: размер, контраст, расположение, сложность представления информации.

4. Система оценки когнитивного дискомфорта: автоматический замер ключевых метрик юзабилити (время выполнения задач, частота ошибок, возвраты, скорость освоения интерфейса) для корректировки процесса адаптации.

Новизна заключается в применении подхода RL совместно с компонентным анализом веб-интерфейса и использованием специализированных когнитивных метрик, а также в постепенной подстройке интерфейса под долгосрочный интерес пользователя, не допуская резких изменений.

В заключение, разработка таких механизмов позволит перейти от фиксированных интерфейсов к динамичным, учитывающим разнообразие. Будущие направления: применение в мобильных приложениях и интеграция с AR/VR. Это открывает возможности для глобальной доступности веб-ресурсов, способствуя инклюзивному цифровому обществу.

Литература:

1. Todi K. et al. Adapting user interfaces with model-based reinforcement learning //Proceedings of the 2021 CHI conference on human factors in computing systems. – 2021. – С. 1-13.
2. Abrahão S. et al. Model-based intelligent user interface adaptation: Challenges and future directions //Software and Systems Modeling. – 2021. – Т. 20. – №. 5. – С. 1335-1349.
3. Zhan X., Xu Y., Liu Y. Personalized UI layout generation using deep learning: An adaptive interface design approach for enhanced user experience //Journal of Artificial Intelligence General science (JAIGS) ISSN: 3006-4023. – 2024. – Т. 6. – №. 1. – С. 463-478.
4. Wu J. et al. Webui: A dataset for enhancing visual ui understanding with web semantics //Proceedings of the 2023 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems. – 2023. – С. 1-14
5. Upadhyaya N. Artificial intelligence in web development: Enhancing automation, personalization, and decision-making //Artificial intelligence. – 2024. – Т. 4. – №. 1. – С. 534-540.
6. Namoun A., Alrehaili A., Tufail A. A review of automated website usability evaluation tools: Research issues and challenges //International Conference on Human-Computer Interaction. – Cham: Springer International Publishing, 2021. – С. 292-311.
7. Sinthya F.F. A systematic literature review on UX and usability assessment methods used in 2020s for emerging technologies. – 2025.
8. Zouhaier L., Hlaoui Y. B. D., Ayed L. B. A reinforcement learning based approach of context-driven adaptive user interfaces //2021 IEEE 45th

Annual Computers, Software, and Applications Conference (COMPSAC). – IEEE, 2021. – С. 1463-1468.

9. Agrawal G., Kumar D., Singh M. Assessing the usability, accessibility, and mobile readiness of e-government websites: a case study in india //Universal Access in the Information Society. – 2022. – Т. 21. – №. 3. – С. 737-748.

10. Часовских Ю. А., Бакаев М. А. Проектирование веб-интерфейсов для пользователя на основе конфигурируемых компонентов //Информационное общество: образование, наука, культура и технологии будущего. – 2018. – №. 2. – С. 75-83.

11. Kuric E. et al. Systematic Literature Review of Automation and Artificial Intelligence in Usability Issue Detection //International Conference on Human-Computer Interaction. – Cham: Springer International Publishing, 2021. – С. 242-261.

12. Wang Q. et al. Usability evaluation of mHealth apps for elderly individuals: a scoping review //BMC medical informatics and decision making. – 2022. – Т. 22. – №. 1. – С. 317.

13. AlSalem T. S., AlShamari M. A. Assessing Interactive Web-Based Systems Using Behavioral Measurement Techniques //Future internet. – 2023. – Т. 15. – №. 11. – С. 365.

14. Or C. K., Holden R. J., Valdez R. S. Human factors engineering and user-centered design for mobile health technology: enhancing effectiveness, efficiency, and satisfaction //Human-Automation interaction: mobile computing. – Cham: Springer International Publishing, 2022. – С. 97-118.

15. Macakoğlu Ş. S., Peker S., Medeni İ. T. Accessibility, usability, and security evaluation of universities' prospective student web pages: a comparative study of Europe, North America, and Oceania //Universal Access in the Information Society. – 2023. – Т. 22. – №. 2. – С. 671-683.

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЙ ИНФЕРЕНС БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ НА МАЛОМОЩНЫХ УСТРОЙСТВАХ: РАЗРАБОТКА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО БЭКЕНДА ДЛЯ LLAMA.CPP НА БАЗЕ ROCKCHIP NPU С ПОДДЕРЖКОЙ НИЗКОБИТНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

И. А. Каштанов, Р. Н. Волошин

Новосибирский государственный технический университет,

г. Новосибирск, kashtanoff254@gmail.com

Научный руководитель: Антонянц Е. Н., ассистент

В данной статье представлены результаты тестирования разработанного бэкенда для Llama.cpp, обеспечивающего энергоэффективное взаимодействие LLM на NPU Rockchip с ускорением FP16/INT8/INT4 вычислений при сохранении приемлемой точности.

This article presents the results of testing a developed backend for Llama.cpp that enables energy-efficient LLM inference on Rockchip NPU with FP16/INT8/INT4-computation acceleration while maintaining acceptable accuracy.

В последние годы большие языковые модели (LLM) на основе архитектуры Transformer продемонстрировали значительные успехи в обработке естественного языка. Однако их практическое применение, или «инференс», сопряжено со значительными вычислительными затратами, что особенно критично для маломощных устройств с ограниченными ресурсами, таких как смартфоны и одноплатные компьютеры. Ключевым методом оптимизации является квантизация – снижение числовой точности весов и активаций модели. Этот подход позволяет кардинально сократить требования к памяти и энергопотреблению, однако сопряжен с риском потери точности, в основном из-за наличия экстремальных значений-выбросов в тензорах, искажающих диапазон квантизации.

Для решения этой проблемы производители аппаратного обеспечения интегрируют в свои чипы специализированные нейронные процессоры (NPU), обеспечивающие высокую производительность и энергоэффективность при выполнении нейросетевых операций. Компании, такие как Intel, AMD и Qualcomm, активно развивают программные стеки для своих NPU. Показательным является появление экспериментальной поддержки NPU Qualcomm в популярном фреймворке Llama.cpp, что подчеркивает актуальность интеграции аппаратного ускорения в открытые экосистемы.

Особый интерес представляют платформы Rockchip, в частности, системы на кристаллах RK3588/RK3576/RK3562, оснащенные мощным

NPU с аппаратной поддержкой вычислений в форматах INT4, INT8 и FP16. Официальное решение от производителя, `gknn-llm`, несмотря на свою функциональность, имеет ряд фундаментальных ограничений: оно поставляется в виде закрытых бинарных файлов, поддерживает строго ограниченный перечень моделей и функционирует по принципу «черного ящика». Это создает серьезный барьер для исследователей и разработчиков, лишая их гибкости в адаптации новых архитектур и применении кастомных методов оптимизации.

В то же время, экосистема `Llama.cpp` предоставляет открытую и гибкую платформу для инференса LLM благодаря своей модульной архитектуре вычислительных бэкендов GGML, которая позволяет делегировать операции различным аппаратным ускорителям. Отсутствие нативной поддержки Rockchip NPU в `Llama.cpp` создает очевидную потребность в открытом решении. Целью данной работы является разработка и интеграция нового вычислительного бэкенда для `Llama.cpp`, который использует аппаратные возможности NPU Rockchip для ускорения матричных умножений, обеспечивая энергоэффективный инференс LLM с поддержкой различных типов квантизации.

В современных LLM подавляющая часть вычислений приходится на операцию умножения матриц. В ходе инференса матрицы активаций, отражающие входные данные, многократно умножаются на матрицы весов модели. Именно эта операция является основным вычислительным «узким местом», и ее ускорение дает наибольший прирост к скорости вычислений.

Основным методом оптимизации для устройств с ограниченными ресурсами является квантизация – преобразование тензоров из формата с высокой точностью в формат с низкой точностью. Симметричная квантизация описывается формулой (1):

$$q = \text{round}\left(\frac{r}{S}\right), \quad (1)$$

где r – исходное значение, q – квантованное значение, а S – масштабный коэффициент. Точность и эффективность этого процесса зависят от гранулярности вычисления масштаба: на уровне тензора, на уровне канала или на уровне группы.

Проблема выбросов является ключевым препятствием для низкобитной квантизации, так как простое отсечение (методом калибровки) этих значений зачастую приводит к деградации модели, поскольку они несут важную информацию. Более эффективным подходом является сглаживание распределения данных с помощью ортогональных преобразований. Такие преобразования сохраняют

результат матричного умножения, позволяя применить преобразование H к матрице активаций X для сглаживания выбросов и обратное преобразование H^T к матрице весов W для сохранения инвариантности вычислений.

Для решения поставленной задачи разработан и интегрирован в Llama.cpp новый вычислительный бэкэнд, делегирующий операцию умножения матриц на NPU Rockchip. Алгоритм работы бэкэнда состоит из двух основных частей: инициализация модели и вычисление графа.

Инициализация проходит следующим образом:

1. Выделение буфера для весовых матриц с использованием механизма DMA для прямого аппаратного доступа.
2. Преобразование весовых матриц модели из исходного формата хранения в аппаратно-оптимизированное представление: восстановление данных до унифицированного формата с плавающей точкой, применение нормализующих математических преобразований для повышения числовой стабильности и последующая конвертация весов в гомогенный, аппаратно-совместимый формат.
3. Кеширование глобальных метаданных.

Вычисление графа выполняется по такому алгоритму:

1. Динамическое сегментирование задачи матричного умножения для параллельного выполнения на всех доступных вычислительных ядрах.
2. Подготовка тензора активаций в реальном времени, включающая его преобразование в низкоточный числовой формат и применение математических преобразований для согласования с предварительно обработанными весами.
3. Асинхронный запуск операции умножения на ядрах NPU с использованием подготовленных тензоров активаций и весов.
4. Синхронизация вычислительных потоков, агрегация результатов из сегментированных выходных буферов и обратное преобразование итогового тензора в формат с плавающей точкой с использованием ранее кешированных метаданных.

Результаты сравнения разработанного бэкэнда на NPU с классическим бэкэндом CPU (на NEON сопроцессоре) приведены в таблице 1.

В режиме FP16 оба бэкэнда демонстрируют идентичные результаты точности, подтверждая функциональную корректность реализации. При использовании 8-битной квантизации наблюдается незначительное снижение точности на NPU по сравнению с CPU. В режиме 4-битной квантизации ошибка становится более заметной, особенно на моделях малого размера. Однако с увеличением числа параметров модели

разница в точности нивелируется, так как большая параметрическая избыточность крупных моделей компенсирует часть потерь от агрессивной квантизации.

Таблица 1 – Сравнение точности и производительности бэкендов

Модель	Тип	Бэкенд	Perplexity	PP, ток/с	TG, ток/с	Потребл., Вт
Granite4.0 350M	F16	CPU	20.73±0.74	154.1±0.1	25.8±0.1	6.4±0.4
		NPU	20.74±0.74	432.3±0.6	20.2±0.4	3.2±0.2
	Q8_0	CPU	20.71±0.74	163.4±0.2	40.6±0.1	6.4±0.4
		NPU	22.68±0.82	311.8±2.1	25.4±0.4	3.6±0.2
	Q4_0	CPU	24.46±0.88	340.4±0.9	55.2±0.1	6.2±0.4
		NPU	74.09±2.87	163.6±0.2	26.7±0.5	4.0±0.2
Gemma3 1B	F16	CPU	26.20±1.08	68.5±0.1	11.1±0.1	6.8±0.4
		NPU	26.18±1.07	249.6±0.2	10.8±0.2	2.8±0.2
	Q8_0	CPU	26.08±1.07	73.3±0.1	19.5±0.1	7.4±0.4
		NPU	29.15±1.22	378.6±0.4	16.5±0.3	3.0±0.2
	Q4_0	CPU	30.77±1.31	164.7±0.2	28.3±0.1	7.0±0.4
		NPU	55.53±2.30	51.4±0.1	16.7± 0.3	3.0±0.2
LFM2 8B A1B	F16	CPU	15.79±0.58	31.1±2.9	6.8±0.2	7.0±0.6
		NPU	15.82±0.58	38.3±3.2	6.3±0.4	5.8±0.4
	Q8_0	CPU	15.92±0.59	31.7±0.1	12.9±0.1	7.4±0.6
		NPU	16.76±0.62	40.7±0.7	12.5±0.3	5.8±0.4
	Q4_0	CPU	18.24±0.53	62.2±0.1	22.7±0.1	7.4±0.6
		NPU	26.09±1.06	47.5±0.1	19.0±0.1	5.8±0.4

Ключевым преимуществом предложенного метода является энергоэффективность. Данные о потреблении показывают кардинальное, снижение энергозатрат при использовании NPU во всех режимах и для всех моделей по сравнению с CPU.

Таким образом, делегирование основной вычислительной нагрузки на специализированный нейронный процессор позволяет не только достичь сопоставимой производительности, но и значительно повысить автономность и снизить тепловыделение маломощных устройств.

Литература:

1. Brown T. et al. Language models are few-shot learners // Advances in neural information processing systems. – 2020. – Т. 33. – P. 1877–1901.
2. Lang J., Guo Z., Huang S. A comprehensive study on quantization techniques for large language models // 2024 4th International Conference on Artificial Intelligence, Robotics, and Communication (ICAIRC). – IEEE, 2024. – P. 224–231.

3. Ashkboos S. et al. Quarot: Outlier-free 4-bit inference in rotated llms // Advances in Neural Information Processing Systems. – 2024. – Т. 37. – Р. 100213–100240.

ПРИМЕРЫ СФЕР ПРИЛОЖЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ

С. А. Косневич

**Новосибирский государственный университет
экономики и управления «НИНХ»,
г. Новосибирск, kosneu11@gmail.com**

Научный руководитель: Бобров Л. К., д.т.н., профессор

Статья посвящена рассмотрению сфер приложения технологий компьютерного зрения (КЗ). Кратко характеризуются результаты проведения поиска информации по тематике "Компьютерное зрение" в научной электронной библиотеке eLibrary. Делается вывод о том, что публикации в eLibrary далеко не всегда отражают реальную практическую сферу применения КЗ. В статье приведены примеры сфер приложения, включая технологии дополненной реальности, беспилотные летательные аппараты (БПЛА), распознавание символов, спортивную индустрию, туризм, промышленность, а также распознавание жестов и жестовых языков.

The article is devoted to examining the application areas of computer vision (CV) technologies. The results of an information search on the topic of "Computer Vision" in the eLibrary scientific electronic library are briefly summarized. It is concluded that publications in eLibrary do not always reflect the real practical scope of CV application. The article provides examples of application areas, including augmented reality technologies, unmanned aerial vehicles (UAVs), character recognition, the sports industry, tourism, and manufacturing, as well as gesture and sign language recognition.

Данная технология широко используется в наше время, но сложно оценить область её применения. Если в этом вопросе опираться на научную электронную библиотеку eLibrary, то поиск по тематикам не даст полной картины, потому что некоторые названия будут очень абстрактны и обобщены. Если судить по тематикам, то лидерами являются «Автоматика. Вычислительная техника» (671) и «Кибернетика» (604). В поиске участвовали только статьи, а сам поиск происходил по полям названия статей и ключевые слова «Компьютерное зрение». Однако, на самом деле если посмотреть, что находится внутри, мы увидим обширный список совсем других тематик.

Теория КЗ является основополагающей для развития технологий дополненной реальности. Алгоритмы используются для анализа видеопотока и поиска на нём объектов. Анализ формы объекта (трехмерного, сложной формы) серьёзно расширяет возможности КЗ и, как следствие, технологий дополненной реальности [1,2].

Важность развития технологий для беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) переоценить сложно. Задачи, которые ставятся перед БПЛА, обусловлены их многочисленными приложениями в разных сферах. Эти сферы включают картографирование, геологоразведку, сельское хозяйство, обеспечение связи, охрану границ и лесов, полицейское патрулирование, а также мониторинг опасных объектов и процессов. В настоящее время создание надежных систем навигации является важным направлением разработок. Создание автономной системы позиционирования, с использованием средств КЗ, компьютерной графики и параллельных вычислений, которая позволила бы БПЛА меньше зависеть от спутниковой навигации, является актуальной задачей [3].

Распознавание символов выступает одной из наиболее важных задач теории КЗ. Решения данной задачи находят широкое применение во многих сферах человеческой деятельности, включая образование и медицину. В частности, это очень востребовано при переводе больших архивов из бумажного вида в электронный, а также при автоматической обработке анкет и проверке тестовых заданий. Точность распознавания рукописных символов несколько ниже, чем для печатных символов. Это связано с тем, что почерк людей очень разный и у каждого человека имеются свои особенности [4].

Сфера спорта не является очевидной для применения технологий КЗ. Сегодня КЗ проникает в ряд приложений спортивной индустрии, что стало возможным благодаря развитию компьютерных технологий. Актуальность внедрения этих систем в спорт высока, поскольку большинство основных видов спорта требуют быстрых и точных движений, которые сложно отслеживать и анализировать в подробностях. Применение методов КЗ поможет уменьшить разрыв между датой проведения спортивного события и получением о нём аналитических данных, предлагая автоматизированные способы сбора и анализа информации, которые в определенных задачах уже смогли превзойти человеческое зрение по точности. Основные области применения КЗ в спорте включают тренировочный и соревновательный процессы, судейство и телевизионные трансляции [5]. Большой функционал КЗ имеет в стрелковом спорте: контроль стойки, автоматизированный анализ ошибок, сравнение с эталоном, контроль

прицеливания. Всё это способствует повышению безопасности и объективности и увеличивает эффективность тренировок стрелков [6]. Применения КЗ в боксе для распознавания одиночных ударов, анализ позволяет формировать выводы о том, насколько правильно выполнялись движения. На основе этих данных тренеры могут выявлять конкретные ошибки в технике ударов и вырабатывать рекомендации о том, как можно улучшить движения и удары [7].

Основой экономики некоторых стран является туризм, и технология КЗ может привлечь туристов как что-то новое и необычное. Актуальность внедрения КЗ обусловлена необходимостью автоматизировать и сделать удобным для пользователя поиск информации, поскольку традиционные способы (наём гида, покупка путеводителя или ручной поиск в сети) часто оказываются дорогостоящими, длительными или неудобными [8]. Ключевая роль КЗ заключается в автоматическом поиске информации о достопримечательностях по их изображению. Также нельзя забывать о безопасности, используя системы, которые распознают лица и анализируют поведение посетителей. Ранее упомянутая дополненная реальность поможет туристам получать дополнительную информацию о достопримечательностях [9].

В промышленности активно используется КЗ в металлургии. При больших объёмах производства требуется проверка металла на трещины, сколы и иные дефекты. Модель обучения на огромном количестве изображений с высокой точностью может определять брак. Похожие алгоритмы используются для обнаружения дефектов на ткани (текстильных материалах).

Распознавание жестов и жестовых языков – активно развивающаяся область компьютерного зрения. Результаты исследований применяются в различных сферах от сурдоперевода до создания интерфейса с управлением жестами. Компьютерное зрение в этой сфере выполняет роль ключевого инструмента, который позволяет переводить визуальную информацию о движениях человека в текст или команды для интерфейса.

Современные методы решают главную проблему, при распознавании изображения рук и лица человека их необходимо отделить от фона и других объектов. Если раньше программы пытались искать руки просто по цвету кожи, то сейчас для этого применяются нейросети, которые работают гораздо точнее. После того как руки найдены, система должна понять положение каждого пальца и кисти в пространстве, что необходимо для различения похожих знаков. Особое внимание

уделяется тому, что жесты не просто статичные картинки, а движение во времени [10].

В заключении можно сделать вывод, что на сегодняшний день КЗ имеет очень широкую сферу применений и построение полной картины прикладных областей требует проведения дальнейших углубленных исследований.

Литература:

1. Благовещенский И. А., Демьянков Н. А. Технологии и алгоритмы для создания дополненной реальности // Моделирование и анализ информационных систем. – 2013. – Т. 20, № 2. – С. 129–138.
2. Ефимов А. И., Ильин В. Н. Методология определения формы объектов по данным видеоряда камеры // Труды МАИ. – 2017. – № 95. – С. 27.
3. Степанов Д. Н. Методы и алгоритмы определения положения и ориентации беспилотного летательного аппарата с применением бортовых видеокамер // Программные продукты и системы. – 2014. – № 1. – С. 150–157.
4. Хаустов П. А. Алгоритмы распознавания рукописных символов на основе построения структурных моделей // Компьютерная оптика. – 2017. – Т. 41, № 1. – С. 67–78. – doi: 10.18287/2412-6179-2017-41-1-67-78.
5. Германов К. В., Красноперова Т. В., Германова А. А. Анализ применения компьютерного зрения в спорте // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2023. – № 9 (223). – С. 100–105. – doi: 10.34835/issn.2308-1961.2023.09.p100-106.
6. Сафошкина И. Ю. Применение компьютерного зрения в стрелковых видах спорта // Наукосфера. – 2024. – № 4-2. – С. 32–36. – doi: 10.5281/zenodo.11124313.
7. Хасаншин И. Я., Уткин Д. С., Дербин Д. Н. Применение технологий машинного зрения для распознавания одиночных прямых ударов в боксе // Наука и спорт: современные тенденции. – 2022. – Т. 10, № 2. – С. 43–48. – doi: 10.36028/2308-8826-2022-10-2-43-48.
8. Луневич А. С., Зорин И. А. Программное обеспечение поиска информации о достопримечательностях на основе технологий распознавания образов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2016. – № 10. – С. 409–416.
9. Азизова Н. Перспективы и риски использования искусственного интеллекта в сфере туризма // Iqtisodiy Taraqqiyot va Tahlil. – 2024. – Т. 2, № 5. – С. 396–402. – doi: 10.60078/2992-877X-2024-vol2-iss5-pp396-402.

10. Аналитический обзор моделей и методов автоматического распознавания жестов и жестовых языков / Д.А. Рюмин, И.А. Кагиров, А.А. Аксенов, А.А. Карпов // Информационно-управляющие системы. – 2021. – № 6 (115). – С. 10–20. – doi: 10.31799/1684-8853-2021-6-10-20.

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ ТРАДИЦИОННОГО ФРОД-МОНИТОРИНГА

Н.М. Крайнов

**Новосибирский государственный университет экономики
и управления «НИНХ»,
г. Новосибирск, nikitivich@bk.ru**

Научный руководитель: Бобров Л. К., д.т.н., профессор

На фоне значительного увеличения ущерба и роста угрозы высокотехнологичного мошенничества, финансовые компании вынуждены непрерывно совершенствовать системы противодействия мошенничеству. Ввиду особенностей сферы, среди множества стратегий эффективнее выбрать поэтапную модернизацию собственного ПО. При этом системы, лежащие у истоков анти-фрода, которые располагают позитивными предпосылками к модернизации за счет высоких скоростей проверок с множеством условий, также имеют варианты функционального развития.

Against the background of a significant increase in damage and an increase in the threat of high-tech fraud, financial companies are forced to continuously improve their anti-fraud systems. Due to the peculiarities of the sphere, among the many strategies it is more efficient to choose a phased modernization of your own software. At the same time, the systems underlying the origins of anti-fraud, which have positive prerequisites for modernization due to high-speed checks with many conditions, also have options for functional development

Введение

В Последние годы темпы роста и развития мошенничества вышли на новый уровень. Исходя из ежегодного отчета Центрального Банка России за 2024 год, объем ущерба от мошеннических действий вырос на 74,15% и составил 27,5 млрд. рублей [1]. По отчетам глобального альянса по борьбе с мошенничеством (GASA) за предыдущий год, в ходе мошеннических действий в финансовом секторе было украдено более 1 трлн. долларов, что эквивалентно 1% мирового ВВП [2]. Статистика ущерба и угрозы высокотехнологичного мошенничества вынуждают компании финансового сектора активно рассматривать варианты развития и улучшения систем противодействия мошенничеству.

В момент эксплуатации и сопровождения информационной системы, что является последним этапом жизненного цикла информационной системы, зачастую запускается процесс оценки эффективности действующей системы. Одним из важных моментов такого процесса является анализ необходимости и вариантов развития системы. Таким образом, перед ответственными лицами может возникнуть проблема выбора подходящей стратегии развития системы.

Функциональное развитие систем фрод-мониторинга

Стратегий развития довольно много, однако в данной работе внимание будет сосредоточено на двух, самых важных в стратегическом плане, основных вариантах развития информационной системы.

1. Дальнейшее развитие собственного ПО путем его модернизации. Предприятие развивает собственное ПО, постепенно увеличивая его функциональные возможности. Основные характеристики данного варианта: постепенное расширение функций ПО, соответствующее изменениям внешней бизнес-среды; определение четких требований и четкое видение концепции будущей архитектуры системы; планомерное расширение функционала в тесной связи с потребностями бизнеса; высокая гибкость и возможность кастомизировать ПО под нужды конкретного предприятия; безболезненность перехода на модернизированные версии ПО и отсутствие необходимости переобучения персонала; относительно невысокие и распределенные по времени затраты на модернизацию.

2. Переход на готовое ПО методом скачка. Предприятие сразу переходит на покупное новое комплексное ПО, минуя промежуточные этапы. Основные характеристики: значительное увеличение функциональных возможностей ПО; приведение бизнес-процессов в соответствие комплексу новых функциональных возможностей; отсутствие затрат на разработку благодаря использованию готовой архитектуры и функциональных блоков; разработка и реализация эффективной программы переобучения персонала с целью быстрого запуска и начала полноценного использования новой системы; наличие существенных рисков неудачного внедрения новой системы вследствие сложности ее интеграции и трудностей изменений бизнес-процессов.

В реальности при разрешении дилеммы описанной выше стоит выбор между долгой либо дорогой разработкой или однозначно дорогим, но резким переходом на новое решение. В такой ситуации прежде всего нужно учесть особенность сферы антифрода – непрерывность мониторящегося финансового потока. Через процессинговый центр финансовых организаций может проходить от 1

до 20 тысяч операций в минуту. Компании не могут позволить себе даже среднесрочное прекращение деятельности по идентификации мошенничества, так как это неизбежно приведет к колоссальным потерям. Таким образом, можно прийти к выводу о предпочтительности стратегии модернизации текущего ПО как шага, предваряющего дальнейший возможный переход на новое ПО методом скачка и обеспечивающего эволюционный, а не революционный вариант такого перехода.

В традиционных системах основным инструментом идентификации мошенничества являются логические правила и условия. Так как системы лежали у первоисточков предотвращения мошенничества, то можно сказать, что потенциал таких систем уже раскрыт. Однако, ввиду такой особенностей системы, как высокая скорость проверки по множеству условий, есть положительные предпосылки к функциональному совершенствованию. Например, внедрение модуля искусственного интеллекта, который путем обработки известных мошеннических сценариев будет генерировать мошеннические признаки операции, которые еще не были обнаружены [3]. Таким образом, в систему будут поступать дополнительная информация для настройки систем детектирования с целью предотвращения новых сценариев мошенничества. После разработки или приобретения такого модуля необходимо будет выбрать только метод интеграции в систему. Возможные методы интеграции дополнительного модуля отражены в Таблице 1.

Таблица 1. Методы интеграции нового модуля

Метод интеграции	Что решает	Ключевые особенности
Встроенная (Embedded) интеграция	Модуль ИИ находится внутри одной монолитной программы, напрямую обращается к данным и бизнес-логике.	Низкая латентность: данные не проходят через сеть. Сложно масштабировать отдельный компонент.
Микросервис с REST / gRPC API	Модуль ИИ разворачивается как отдельный сервис, доступный через HTTP/REST или бинарный протокол gRPC.	Гибкость: можно обновлять модель независимо. Поддержка автоскейлинга в облаке.
Контейнеризация (Docker + Kubernetes)	Модуль упаковывается в контейнер и управляется оркестратором.	Изоляция зависимостей. Горизонтальное масштабирование.

Edge-AI / Интеграция на клиенте	Модель запускается непосредственно в браузере (WebAssembly, TensorFlow.js) или на мобильном устройстве.	Отсутствие сетевых задержек и защищенность данных.
Hybrid-AI	Комбинация локального и облачного ИИ: часть модели хранится в системе, остальная часть выполняется в облаке.	Баланс производительности и стоимости. Гибкая архитектура.

Заключение

Бурное развитие технологий в сфере финансового мошенничества бросает вызов финансовым организациям и их антифрод-системам. Компании вынуждены сохранять темпы развития своих систем и искать методы модернизации. Даже относительно слабые в функциональном плане системы, такие как традиционный фрод-мониторинг, имеют возможности к развитию, например, за счет внедрения новых модулей. Если рассматривать методы интеграции в разрезе модернизации системы традиционного фрод-мониторинга, архитектура которого является практически цельной, то приоритетным вариантом будет интеграции дополнительного модуля по принципу микросервиса, к которому система будет обращаться через API. Таким образом, система может полностью функционировать на всем этапе мягкой модернизации, а по завершении интеграции получит дополнительные возможности к улучшению детектора мошенничества.

Литература:

1. Банк России. Обзор операций, совершенных без согласия клиентов финансовых организаций. [Электронный ресурс]. – URL: https://www.cbr.ru/analytics/ib/operations_survey/2024/ (дата обращения 11.11.2025)
2. Глобальный альянс по борьбе с мошенничеством (GASA). Отчет по итогам 2024 года. (GASA) [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.gasa.org/post/global-state-of-scams-report-2024-1-trillion-stolen-in-12-months-gasa-feedzai> (дата обращения 11.11.2025)
3. Крайнов Н. М. «Белый хакер» как вариант использования искусственного интеллекта в антифрод-системах / Н.М. Крайнов, Л. К. Бобров // Инжиниринг предприятий и управление знаниями (ИП&УЗ-2024) : сборник научных трудов XXVII Российской научной конференции : в 2 т., Москва, 28–29 ноября 2024 года. – Москва:

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ МАРШРУТИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТА НА ОСНОВЕ САМООРГАНИЗУЮЩИХСЯ КАРТ КОХОНЕНА

Н. Д. Лужков, С. И. Вашурина

Новосибирский государственный технический университет,

г. Новосибирск, nd.luzhkoff@yandex.ru

Научный руководитель: Антонянц Е.Н., ассистент

В работе рассмотрено применение самоорганизующихся карт Кохонена для решения задач оптимизации маршрутов транспорта. Проведены эксперименты с разработанной программной моделью для генерации и оптимизации маршрутов на наборе тестовых точек

This paper examines the application of Kohonen self-organizing maps to transport routing optimization problems. Experiments were conducted with a developed software model to generate and optimize routes on a set of test points.

В условиях современной цифровой экономики и интеллектуального управления особое значение приобретает эффективная маршрутизация транспортных потоков, например, оптимизация маршрутов доставки товаров. Классическая постановка такой задачи представлена задачей коммивояжёра (Traveling Salesman Problem, TSP), целью которой является поиск кратчайшего маршрута, проходящего через заданный набор пунктов (городов) с однократным посещением каждого. Данная задача относится к классу NP-трудных, что означает экспоненциальный рост вычислительной сложности при увеличении числа пунктов. Более того, её обобщение для нескольких транспортных средств – задача маршрутизации транспорта (Vehicle Routing Problem, VRP) – также является NP-трудной, и точные методы практически неприменимы при числе точек более 100. Поэтому для подобных задач широко используются эвристические алгоритмы и методы приближённой оптимизации [2]. В частности, считается успешным любой метод, способный строить допустимые маршруты, близкие к оптимальному, поскольку проверка глобальной оптимальности зачастую затруднена.

Одним из перспективных инструментов для решения задач маршрутизации выступают искусственные нейронные сети. В настоящем исследовании объектом является метод самоорганизующейся карты Кохонена (Self-Organizing Map, SOM) – нейронной сети, обучаемой без учителя. Ранее карты Кохонена

применялись преимущественно для задач кластеризации данных и визуализации многомерной информации, однако в последних работах их успешно адаптируют и для задач маршрутизации на плоскости [2]. На сегодняшний день в литературе описано множество моделей и алгоритмов на основе SOM для решения задачи TSP, включая различные модификации (например, расширенные и гибридные алгоритмы), демонстрирующие улучшенную эффективность. Тем не менее, проблема повышения точности и устойчивости построения маршрутов остаётся актуальной. Научная новизна данной работы заключается в разработке интерактивного подхода к применению карты Кохонена в транспортной логистике: создана программная система с графическим интерфейсом (GUI) на основе PyQt, позволяющая генерировать произвольные наборы координат точек и настраивать параметры SOM-модели для поиска маршрутов в режиме эксперимента. Это позволяет наглядно продемонстрировать возможности метода и провести анализ влияния параметров на качество решений. Потенциальная область применения предложенного подхода – интеллектуальные системы поддержки принятия решений в логистике и управлении транспортом, где требуется быстрое и адаптивное планирование маршрутов.

Самоорганизующаяся карта Кохонена представляет собой нейронную сеть прямого распространения, состоящую из слоя нейронов (узлов) с полносвязными входами. В классическом варианте нейроны SOM формируют двумерную решётку (карту), на которой в процессе обучения выстраивается топологически упорядоченное отображение входных данных. Обучение происходит без учителя по принципу конкурентного обучения: для каждого предъявленного образца (входного вектора признаков) вычисляются расстояния от него до весовых векторов всех нейронов, после чего «победивший» нейрон – ближайший к входному образцу – активируется, и его вес вместе с весами нейронов-соседей обновляется (смещается в сторону входного вектора) [1]. В отличие от распространённого алгоритма обратного распространения ошибки, в SOM не вычисляется явная ошибка, а настройка весов происходит за счёт конкуренции нейронов за область пространства признаков. В результате обучения веса нейронов (кодовые вектора) распределяются таким образом, чтобы приближённо аппроксимировать облако входных данных, причём близкие по характеристикам объекты оказываются отображены на соседних нейронах карты, сохраняя исходную структуру кластеров.

Формально правило коррекции весов можно записать по формуле (1):

$$w_j(t+1) = w_j(t) + \eta(t)h_{j,i^*}(t)[x(t) - w_j(t)], \quad (1)$$

где $w_j(t)$ – весовой вектор j -го нейрона в момент t ; $x(t)$ – текущий входной вектор; i^* – индекс выигравшего нейрона (того, чей вес w_{i^*} минимально удалён от $x(t)$), $\eta(t)$ – коэффициент обучения на итерации t , а $h_{j,i^*}(t)$ – функция соседства, задающая степень влияния нейрона i^* на нейрон j . Как правило, функция $h_{j,i^*}(t)$ выбирается в виде гауссианы или схожей убывающей функции от расстояния между нейронами j и i^* на карте, определяя область соседних нейронов, подлежащих одновременной корректировке весов. В начале обучения радиус соседства устанавливается большим, а $\eta(t)$ – относительно высоким; по мере итераций они постепенно убывают, что позволяет сначала грубо упорядочить карту, а затем всё более тонко подстраивать веса, обеспечивая сходимость алгоритма. Типичный цикл обучения SOM включает: (1) случайный выбор очередного входного вектора; (2) нахождение победителя i^* (нейрона с минимальным расстоянием до входа); (3) обновление весов победителя и его соседей по приведённой формуле; (4) уменьшение шага обучения и радиуса соседства; (5) повторение итераций на всём множестве входных векторов множество раз. После достаточного числа итераций карта формирует устойчивое кластеризованное представление данных.

Для решения задач маршрутизации SOM модифицируется следующим образом: выходные нейроны располагаются не в виде плоской сетки, а вдоль замкнутой цепочки, образуя кольцевую структуру. Иными словами, задаётся одномерная топология, где каждый нейрон имеет двух соседей – предыдущий и следующий в цепи. Такая конфигурация позволяет интерпретировать соседние нейроны как последовательные точки маршрута. В процессе обучения эта «эластичная» кольцевая карта вытягивается к облаку входных точек и стремится охватить их все, минимизируя при этом суммарную длину петли. Входными данными для обучения служат координаты заданных пунктов (например, клиентов доставки или узлов дорожной сети), а весовые векторы нейронов соответствуют положениям точек маршрута. Обычно число нейронов выбирается соизмеримым с числом пунктов, чтобы сеть могла отобразить каждый пункт маршрута отдельным нейроном либо его соседом. После завершения обучения получается замкнутый путь, проходящий через позиции весов всех нейронов на кольце; каждому входному пункту ставится в соответствие ближайший

нейрон (или отрезок между нейронами) на получившемся маршруте. Таким образом, SOM предоставляет приближённое решение задачи маршрутизации. Вычисленный маршрут для 1000 городов представлен на рисунке 1.

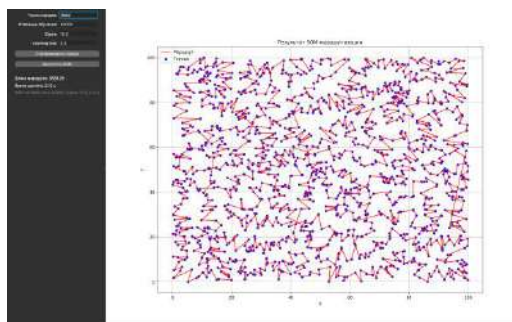


Рис.1 – Маршрут для 1000 городов, полученный с помощью самоорганизующихся карт

В научной литературе показана эффективность данного подхода на ряде примеров. Так, предложены усовершенствованные варианты алгоритма, повышающие качество решения TSP. Например, метод Overall Regional Competitive SOM (ORC-SOM) вводит многоуровневую конкуренцию нейронов (общую и локальную) для более равномерного охвата всех точек, а дальнейшее развитие ORC-SOM с включением механизма табу-поиска (алгоритм ORCTS-SOM) позволяет сгладить проблемы неравномерного выбора образцов и обеспечить более стабильную сходимость сети [1]. Отмечается, что улучшенные реализации SOM способны сокращать длину маршрута примерно на 7–8% по сравнению с базовым алгоритмом на сложных тестовых примерах. Применение карт Кохонена расширяется и на более общие задачи, например, многомаршрутную доставку. В 2015 году был предложен модифицированный SOM с использованием нечеткой логики для решения VRP, что позволило автоматически подбирать параметры обучения под каждый новый набор точек и получить более качественные маршруты без ручной настройки. Кроме того, метод SOM задействован для кластеризации географически рассредоточенных заявок перед их детальной маршрутизацией. В частности, в сфере электронного ритейла разработана модель взвешенной SOM для разбиения зоны доставки на кластеры: такой алгоритм (WSOM-DRP) превзошёл классические методы по качеству группировки и позволил сократить совокупный путь доставки до 36% по сравнению со второй лучшей альтернативой [3]. Эти результаты подтверждают

перспективность использования самоорганизующихся карт в задачах логистической оптимизации.

Литература:

1. Guan Q. et al. Kohonen self-organizing map based route planning: A revisit // 2021 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS). – IEEE, 2021. – P. 7969–7976.
2. Sarikyriakidis S., Goulianas K., Margaris A. I. Using Self-organizing Maps to Solve the Travelling Salesman Problem: A Review // WSEAS transactions on systems. – 2023. – T. 22. – P. 131–159.
3. Xu L. et al. A Study on UAV Path Planning for Navigation Mark Inspection Using Two Improved SOM Algorithms // Journal of Marine Science and Engineering. – 2025. – T. 13, № 8. – P. 1537.

ТЕХНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ ИНТРАОПЕРАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА АНАЛЬГЕЗИИ

П. М. Манузина

Новосибирский государственный технический университет,

г. Новосибирск, polimanu13@gmail.com

Научный руководитель: Томилов И. Н., к.т.н., доцент

Статья посвящена анализу методов количественного интраоперационного мониторинга анальгезии с позиций инженерии и обработки данных. Рассматриваются технические принципы работы существующих систем, выявляются ключевые технологические ограничения, несовершенства алгоритмов и отсутствие стандартизированных протоколов передачи данных. Особое внимание уделяется перспективам применения машинного обучения и создания замкнутых систем управления как ключевых направлений для преодоления существующих барьеров.

The article is devoted to the analysis of methods of quantitative intraoperative monitoring of analgesia from the standpoint of engineering and data processing. The technical principles of operation of existing systems are considered, key technological limitations, imperfections of algorithms and lack of standardized data transfer protocols are identified. Special attention is paid to the prospects of application of machine learning and creation of closed control systems as key directions for overcoming existing barriers.

Введение

Количественный интраоперационный мониторинг анальгезии представляет собой систематическую объективную оценку уровня

антиноцицепции во время хирургического вмешательства с применением специализированных мониторов, которые преобразуют физиологические реакции организма в цифровые показатели и графики [1]. С технической точки зрения, это класс медицинских киберфизических систем, предназначенных для преобразования сложных, зашумленных физиологических сигналов в дискретные, интерпретируемые показатели. Актуальность данной темы обусловлена значительной медико-социальной и экономической проблемой, связанной с неадекватным обезболиванием в периоперационном периоде. Статистические данные современных исследований свидетельствуют, что у 30-40% пациентов в состоянии общей анестезии развивается выраженный хирургический стресс-ответ (ССО), обусловленный недостаточной анальгезией [3]. Этот каскад патофизиологических реакций включает активацию симпатoadреналовой системы с выбросом катехоламинов, повышение уровня кортизола, цитокиновый взрыв и метаболические сдвиги. Экономический ущерб от послеоперационных осложнений, потенциально предотвратимых через адекватный контроль ноцицепции, исчисляется миллиардами долларов в глобальном масштабе, что делает задачу их профилактики одной из приоритетных в современной медицине. Таким образом, внедрение надежных методов количественной оценки анальгезии является не просто технологическим усовершенствованием, а стратегической необходимостью для перехода к персонализированной, прецизионной анестезиологии, целью которой является не только обеспечение бессознательности и неподвижности пациента, но и активное управление физиологическим гомеостазом [2].

Анализ существующих разработок

Исторически сложившейся практикой было эмпирическое дозирование опиоидных анальгетиков, основанное на стандартизированных протоколах и клиническом опыте анестезиолога. Прорывом в этой области стало появление специализированных мониторов ноцицепции-анальгезии, основанных на различных физиологических принципах и технических подходах к обработке сигналов. Наиболее клинически апробированными являются системы на основе анализа вариабельности сердечного ритма, такие как индекс анальгезии-ноцицепции (ANI). Исследования, проведенные в России, показали эффективность ANI для контроля адекватности анальгезии при различных типах оперативных вмешательств [1]. Другой перспективной технологией являются ЭЭГ-базируемые мониторы, такие как qNOX в составе монитора Sonoх. Их техническая архитектура включает сенсорный уровень на основе фронтального электроэнцефалографа с 2-4

каналами, критически важный этап предобработки сигнала с использованием каскадов фильтров и алгоритмов типа Independent Component Analysis для подавления артефактов электрокоагулятора, ЭМГ и движений глаз, выделение признаков через спектральный и нелинейный анализ ЭЭГ с вычислением параметров типа спектральной edge frequency и индекса подавления всплесков, и формирование итогового индекса с помощью моделей машинного обучения [5, 6]. Исследование Сорсунова С.В. (2024) продемонстрировало, что использование монитора Sonoх при лапароскопической холецистэктомии позволяет более точно титровать дозы опиоидных анальгетиков, снижая их общее потребление на 15-20% и способствуя более стабильной гемодинамике [6].

Ключевые проблемы

Несмотря на значительный прогресс в разработке методов количественного мониторинга анальгезии, эта область сталкивается с рядом серьезных технологических и методологических проблем:

1. Отсутствие единого стандарта - нет общепризнанного "золотого стандарта" измерения ноцицепции [2]

2. Методологическая неоднородность - разные технологии оценивают различные аспекты ноцицептивного ответа (спинальный, супраспинальный, вегетативный), что приводит к противоречивым результатам

3. Ограниченная валидация - недостаточная изученность точности мониторов у специфических групп пациентов:

- Хроническая боль → измененная базальная активность ноцицептивной системы

- Кардиоваскулярная патология → невозможность расчета ANI при аритмиях, сердечной недостаточности [8]

4. Экономические барьеры - высокая стоимость оборудования и расходных материалов ограничивает доступность

Направления для разработки модели

Перспективы развития количественного мониторинга анальгезии, как прогнозируется к 2050 году по мнению Laferrière-Langlois P. et al. (2024), лежат в области создания интегрированных мультимодальных платформ, объединяющих мониторинг гипноза, ноцицепции и других физиологических параметров с помощью искусственного интеллекта [5]. Ключевым направлением для разработки новой, более совершенной модели является переход от параметрического подхода к мультимодальности и сенсорному слиянию данных. Это предполагает создание архитектуры, которая объединяет потоки данных от разнородных сенсоров - ЭЭГ для оценки супраспинального ответа,

ЭКГ/ППГ для анализа вариабельности сердечного ритма и волновой формы пульса, ЭМГ для распознавания мышечного напряжения, и даже видеопотока для анализа микромимики лица с помощью компьютерного зрения [7]. Алгоритмы машинного обучения, такие как рекуррентные нейронные сети, могут обучаться на таком многомерном наборе данных для прогнозирования состояния ноцицепции с гораздо более высокой точностью и устойчивостью к помехам, поскольку ложный сигнал на одном канале будет компенсирован другими [7]. Важнейшим направлением совершенствования является применение машинного обучения для перехода от реактивного мониторинга к предиктивной аналитике. Вместо того чтобы констатировать факт ноцицептивной реакции, система должна ее предсказывать, что требует использования продвинутых архитектур нейронных сетей, таких как сверточные сети для анализа пространственно-временных паттернов в ЭЭГ и сети с долгой краткосрочной памятью для учета временных зависимостей в данных [5, 7]. Одним из наиболее сложных направлений является разработка замкнутых систем управления с обратной связью, где компьютер в реальном времени анализирует комплексный "профиль состояния пациента" и автоматически титрует дозы гипнотиков и анальгетиков через управление инфузионными насосами [5, 10]. Однако реализация этого направления требует решения вопросов кибербезопасности и обеспечения полной отказоустойчивости таких систем [5].

Заключение

Проведенный анализ демонстрирует, что количественный интраоперационный мониторинг анальгезии является динамично развивающейся и крайне актуальной областью на стыке медицины, биоинженерии и компьютерных наук. Существующие технологии, такие как ANI доказали свою эффективность в снижении потребления опиоидных анальгетиков на 15-25% [1, 6], уменьшении числа гемодинамических нарушений на 30-40% [4, 6] и сокращении времени пробуждения, а также потенциально способствуют снижению риска послеоперационных осложнений, связанных с хирургическим стрессом [3]. Однако для перевода этих технологий в разряд рутинной клинической практики предстоит решить ряд фундаментальных проблем, включая отсутствие стандартизации [2], влияние фармакологических интерференций [4, 6] и ограниченную валидацию в специфических группах пациентов [8]. Будущее развитие направления связано с созданием интеллектуальных гибридных систем, объединяющих данные множества сенсоров с помощью алгоритмов искусственного интеллекта для создания замкнутых контуров

управления анестезией [5, 7]. Это позволит реализовать конечную цель - обеспечить полное физиологическое благополучие пациента на протяжении всего периоперационного периода. Только так количественный мониторинг анальгезии сможет превратиться из инструмента научных исследований в стандарт повседневной клинической практики, обеспечивающий безопасность и комфорт каждого пациента в операционной.

Литература:

1. Тарасова Н. Ю. и др. Количественный интраоперационный мониторинг анальгезии //Анестезиология и реаниматология. – 2020.
2. Anderson T. A. Intraoperative analgesia–nociception monitors: Where we are and where we want to be //Anesthesia & Analgesia. – 2020.
3. Hirose M. et al. Intraoperative assessment of surgical stress response using nociception monitor under general anesthesia and postoperative complications: a narrative review //Journal of clinical medicine. – 2022.
4. Довбыш Н. Ю., Бичурин Р. А., Грицан А. И. Интраоперационная оценка адекватности анальгезии //Сибирское медицинское обозрение. – 2020.
5. Laferrière-Langlois P. et al. Depth of anesthesia and nociception monitoring: current state and vision for 2050 //Anesthesia & Analgesia. – 2024.
6. Сорсунов С. В., Симдянкин К. И., Грицан Е. А. Интраоперационный контроль глубины анестезии и анальгезии с помощью неинвазивного монитора Sonoх при лапароскопической холецистэктомии //Анестезиология и реаниматология. – 2024.
7. Ryu G. et al. Machine learning based quantitative pain assessment for the perioperative period //npj Digital Medicine. – 2025.
8. Кондратьева Е. А. и др. Оценка ноцицепции у пациентов с хроническим нарушением сознания с применением индекса анальгезии-ноцицепции //Анестезиология и реаниматология. – 2021.
9. Walder B. et al. Efficacy and safety of patient-controlled opioid analgesia for acute postoperative pain: a quantitative systematic review //Acta Anaesthesiologica Scandinavica. – 2001.
10. Попова В. С. и др. Регионарные методы анальгезии в комплексе анестезиологического обеспечения лапароскопических вмешательств в экстренной хирургии (современное состояние вопроса) //Медицинский алфавит. – 2025.

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ СКЛОННОСТИ ЛИЦ К ПОЛУЧЕНИЮ МЕДИЦИНСКОГО ВМЕШАТЕЛЬСТВА

О. Е. Мартынович

**Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, martynovich.olesia@gmail.com**

Научный руководитель: Алетдинова А. А., д.э.н., доцент

Статья посвящена исследованию применения нейронных сетей для повышения эффективности метода сопоставления оценок склонности (Propensity Score Matching) в медицинских исследованиях. Цель исследования — определить, могут ли глубокие модели точнее оценивать propensity score по сравнению с классическими методами, лучше учитывая сложные нелинейные связи между ковариатами и улучшая качество последующего сравнительного анализа.

The article examines the use of neural networks to improve the effectiveness of the Propensity Score Matching (PSM) method in medical research. The aim of the study is to determine whether deep learning models can estimate propensity scores more accurately than classical methods by better capturing complex nonlinear relationships between covariates and enhancing the quality of subsequent comparative analysis.

Введение

Обсервационные медицинские исследования сталкиваются с проблемой систематического смещения при оценке эффективности лечения, поскольку группы пациентов часто различаются по набору исходных характеристик. Метод сопоставления оценок склонности (Propensity Score Matching, PSM) позволяет корректировать такие различия и приближать наблюдательные данные к условиям рандомизированного эксперимента [1].

Ключевым этапом PSM является оценка propensity score — вероятности получения лечения при заданных ковариатах [2]. Традиционные методы, такие как логистическая регрессия, хотя и широко применяются, могут быть недостаточно точными при высокой размерности данных, наличии пропусков и сложных нелинейных взаимодействиях между признаками.

Современные методы машинного обучения, включая деревья решений, ансамбли и глубокие нейронные сети, предоставляют более гибкие инструменты для моделирования сложных зависимостей и потенциально позволяют повысить качество оценки propensity score [3]. В работе рассматривается применение нейросетевых моделей для прогнозирования propensity score и оценивается их способность

улучшить баланс ковариат и снизить смещение по сравнению с классическими подходами.

Обзор литературы

Метод сопоставления оценок склонности (Propensity Score Matching, PSM) является одним из ключевых инструментов коррекции смещения в обсервационных медицинских исследованиях и широко применяется для оценки эффективности лечения, когда рандомизированные клинические испытания (РКИ) провести невозможно [4].

Ключевым этапом PSM является расчёт propensity score – вероятности получения лечения при заданных ковариатах. Традиционно для этого используется логистическая регрессия, которая относится к простейшим линейным моделям машинного обучения [5]. Несмотря на широкое применение, логистическая регрессия остаётся жёстко параметрической моделью: она чувствительна к выбросам и неспособна корректно отражать сложные нелинейные взаимодействия между ковариатами [6]. Как отмечают в работе К. Келлер даже при хорошем балансе по основным ковариатам корректность оценки propensity score не гарантируется, если скрытые признаки имеют сложную нелинейную структуру [7].

Рост сложности медицинских данных, а именно увеличение числа признаков, наличие нелинейных зависимостей, пропусков и выбросов, ставит под сомнение достаточность традиционных линейных моделей. В ответ на эти ограничения всё активнее применяются методы машинного обучения. Алгоритмы деревьев решений, случайных лесов, градиентного бустинга и ансамбли способны распознавать сложные нелинейные зависимости и обеспечивать более качественный баланс ковариат после сопоставления [8]. Работы А.И. Бурсова, Л.Н. Иванова и других исследователей показывают, что такие модели часто превосходят логистическую регрессию по способности выравнивать группы. При этом улучшение баланса не всегда автоматически снижает смещение оценки эффективности, а точность результатов во многом зависит от настройки моделей, от размера и качества выборки, а также структурных особенностей данных [9, 10].

Особый интерес в последние годы вызывают глубокие нейронные сети [11]. В литературе они представлены в различных формах: от классических многослойных персептронов (MLP), которые являются естественным нелинейным расширением логистической регрессии, до более специализированных архитектур с функциями потерь, ориентированными на уменьшение смещения и улучшение баланса ковариат, как например LBC-Net, представленная в результатах работы Wu & Li [12].

В рамках исследования в качестве основной модели предлагается многослойный перцептрон с несколькими скрытыми слоями. Эта сеть является расширенной версией логистической регрессии и позволяет учитывать более сложные связи между признаками. Кроме классического многослойного перцептрона можно рассмотреть варианты с дополнительной обработкой входных признаков. Необходимо сравнить разные варианты перцептронов с традиционными методами, чтобы понять, насколько современные архитектуры могут улучшить точность оценки propensity score и качество сопоставления групп.

Анализ литературы показывает, что нейронные сети обеспечат более качественный локальный и глобальный баланс ковариат по сравнению с логистической регрессией в контексте медицинских исследований. Методы машинного обучения, включая глубокие архитектуры, точнее оценивают propensity score в условиях сложной нелинейной структуры данных и снижать смещение причинного эффекта.

Практическая значимость и новизна

Новизна исследования заключается в интегрировании глубоких нейронных сетей в традиционный процесс расчёта propensity score и сравнить их эффективность с классическими статистическими методами. Такой подход может улучшить качество сопоставления и снизить смещение в обсервационных исследованиях.

Практическая значимость исследования состоит в разработке прототипа гибридной методики расчёта propensity score, а также сравнительной оценке её эффективности по отношению к традиционным статистическим моделям. Результаты и рекомендации, составленные на основе полученных результатов, могут служить основой для внедрения более надёжных алгоритмов анализа данных в медицинских учреждениях, исследовательских центрах и проектах, связанных с оценкой эффективности лечения.

Заключение

Использование нейронных сетей в расчёте propensity score открывает новые возможности для повышения качества анализа данных в медицинских исследованиях. Предварительный разбор теоретических и методологических аспектов показывает, что глубокие модели способны лучше отражать сложные отношения между факторами, влияющими на вероятность получения лечения. Запланированная экспериментальная проверка позволит определить, в какой мере такие модели действительно улучшают сопоставимость групп и уменьшают смещение, а также сформировать практические рекомендации по

применению гибридных подходов в задачах сопоставления оценок склонности.

Литература:

1. Wang J. To use or not to use propensity score matching? // *Pharmaceutical Statistics*. – 2021. – Т. 20. – № 1. – С. 15–24.
2. Langworthy B., Wu Y., Wang M. An overview of propensity score matching methods for clustered data // *Statistical Methods in Medical Research*. – 2023. – Т. 32. – № 4. – С. 641–655.
3. Collier Z. K., Leite W. L. A tutorial on artificial neural networks in propensity score analysis // *The Journal of Experimental Education*. – 2022. – Т. 90. – № 4. – С. 1003–1020.
4. Austin P. C. et al. Applying propensity score methods in clinical research in neurology // *Neurology*. – 2021. – Т. 97. – № 18. – С. 856–863.
5. Shiba K., Kawahara T. Using propensity scores for causal inference: pitfalls and tips // *Journal of Epidemiology*. – 2021. – Т. 31. – № 8. – С. 457–463.
6. Westreich D., Lessler J., Funk M. J. Propensity score estimation: neural networks, support vector machines, decision trees (CART), and meta-classifiers as alternatives to logistic regression // *Journal of clinical epidemiology*. – 2010. – Т. 63. – № 8. – С. 826–833.
7. Keller K., Kim H., Steiner P. Machine learning approaches for propensity score estimation: neural networks and beyond. *Journal of Causal Inference*. 2015;3(2):100–115.
8. Kallus N. Deepmatch: Balancing deep covariate representations for causal inference using adversarial training // *International Conference on Machine Learning*. – PMLR, 2020. – С. 5067–5077.
9. Бурсов А. И. Применение искусственного интеллекта для анализа медицинских данных // *Альманах клинической медицины*. – 2019. – Т. 47. – № 7. – С. 630–633.
10. Иванов Л. Н. и др. Возможность применения искусственного интеллекта для оценки рисков одномоментных операций у пациентов с сочетанным атеросклеротическим поражением коронарных и сонных артерий // *Современные технологии в медицине*. – 2022. – Т. 14. – № 1. – С. 56–63.
11. Peng M. et al. A Deep Learning Approach to Nonparametric Propensity Score Estimation with Optimized Covariate Balance // *arXiv preprint arXiv:2404.04794*. – 2024.
12. Wu Y., Li X. LBC-Net: Locally balanced covariates for propensity score estimation using neural networks. *Machine Learning in Healthcare*. 2024; 15: 1–18.

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ПОТЕНЦИАЛА ЦИФРОВИЗАЦИИ ДОСУГА

В. С. Мататова

**Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, vasilisamatatova@mail.ru**

Научный руководитель: Курчиева Г. И., к.э.н., доцент

В статье представлено исследование динамики сферы досуга в Сибирском федеральном округе (СФО) за период 2019–2024 годов с целью разработки методики оценки потенциала ее цифровизации. На основе данных Росстата и профильных министерств анализируются культурная, спортивно-рекреационная, туристическая и развлекательная группы. Установлено, что постпандемийный рост создает основу для цифровизации, особенно в туризме и спорте.

The article presents a study of the dynamics of the leisure sector in the Siberian Federal District (SFD) for the period 2019-2024 in order to develop a methodology for assessing the potential of its digitalization. Cultural, sports and recreational, tourism and entertainment groups are analyzed based on data from Rosstat and the relevant ministries. It has been established that postpandemic growth creates the basis for digitalization, especially in tourism and sports.

В современном мире цифровизация проникает во все сферы жизни, включая досуг, который охватывает культурные, спортивные, туристические и развлекательные активности. Пандемия COVID-19 ускорила этот процесс, подчеркнув необходимость онлайн-доступа к услугам. В Сибирском федеральном округе (СФО), составляющем 10–12% населения России, наблюдается постпандемийный рост досуга, но инфраструктура отстает.

Цель исследования – анализ динамики досуга в СФО и разработка методики для оценки цифровизационного потенциала.

Результаты анализа динамики досуга в СФО представим по группам факторов.

1. Культурный сектор. Наблюдается позитивная динамика восстановления культурной сферы после ограничений, связанных с пандемией. Количество театров остается стабильным (приблизительно 150 учреждений в СФО), однако посещаемость демонстрирует устойчивый рост: с 4,5 млн человек в 2019 году до 6,2 млн в 2024 году, что соответствует среднегодовому темпу роста (CAGR) в 4,8% (исключая аномальный 2020 год). На региональном уровне выделяется Красноярский край с 1,2 млн посещений в 2024 году, в то время как Республика Алтай показывает минимальный результат (0,05 млн).

В музейной сфере зафиксирован незначительный прирост числа посетителей с 15 до 15,2 млн человек при увеличении количества самих музеев на 10%. Лидером по посещаемости является Кемеровская область (3 млн). Сектор библиотек, напротив, сократился на 500 единиц, что, вероятно, связано с процессами цифровизации, однако книговыдача увеличилась до 120 млн экземпляров. Концертная деятельность также показывает рост аудитории с 5 млн до 7,5 млн зрителей, с наибольшей активностью в Красноярском крае (рис. 1).

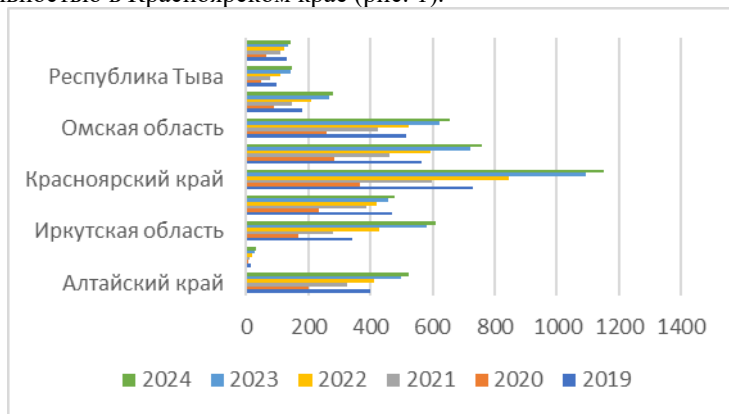


Рис. 4 - Посещаемость театров

2. Спортивно-рекреационный сектор. В данном сегменте отмечается устойчивое развитие материально-технической базы: число спортивных сооружений увеличилось с 10 тыс. в 2019 году до 12 тыс. в 2024 году (стадионы +15%, бассейны +10%). Доля населения, систематически занимающегося спортом, возросла с 35% до 42% (CAGR 4,2%). Региональное лидерство сохраняет Красноярский край (45% в 2024 году). Участие в спортивных мероприятиях выросло с 2 млн до 3,5 млн человек.

3. Туристический сектор. Туризм демонстрирует наиболее динамичное развитие. Количество туроператоров и агентств выросло на 20%, а объем размещения в средствах коллективного проживания увеличился с 10 млн до 15 млн ночевок (CAGR 5,1%). Внутренний туристский поток продолжает доминировать, показывая ежегодный прирост на 6%, тогда как въездной туризм восстановился незначительно. Ключевым центром приема туристов является Новосибирская область (3 млн размещенных).

4. Развлекательный сектор. В сфере кинопоказа, несмотря на стабилизацию количества киноустановок в связи с переходом на

цифровые технологии, посещаемость выросла с 20 млн до 25 млн зрителей. Массовые развлекательные мероприятия привлекли больше участников: показатель увеличился с 5 млн до 8 млн человек. Во всех ключевых показателях данного сектора лидирует Красноярский край (рис. 2).



Рис. 5 - Посещаемость кино

Сводный анализ среднегодовых темпов роста по секторам позволяет ранжировать их по динамике следующим образом: туризм (5,1%), спорт (4,2%), развлечения (3,8%), культура (3,5%). Среди субъектов СФО наибольший вклад вносят Красноярский край, Новосибирская и Иркутская области (табл. 1).

Таблица 2 - Анализ динамики по группам

Группа	CAGR (%)
Культурная	4,0
Спортивно-рекреационная	4,02
Туристическая	5,01
Развлекательная	3,05

Проведенный анализ позволяет ранжировать сектора сферы досуга по динамике развития в постпандемийный период. Наиболее значительные среднегодовые темпы роста (CAGR) демонстрирует туристический сектор (5,1%), что обусловлено устойчивым ростом внутреннего туристского потока. Следующим по уровню динамики является спортивно-рекреационный сектор (CAGR 4,2%). Сегменты культуры и развлечений характеризуются более умеренными темпами восстановления.

Совокупный прирост ключевых показателей по субъектам Сибирского федерального округа к 2024 году оценивается в 15–20% относительно допандемийного уровня. Однако для закрепления данной положительной динамики необходимы целенаправленные инвестиции в цифровую инфраструктуру и усиление событийного потенциала регионов.

Ранжирование субъектов СФО по совокупности анализируемых показателей выявляет значительную межрегиональную дифференциацию. Безусловным лидером выступает Красноярский край, демонстрирующий максимальные значения по большинству индикаторов. Напротив, Республика Алтай занимает позицию аутсайдера.

Заключение. Применение авторской методики, базирующейся на сопоставлении среднегодовых темпов роста и значений ключевых показателей, демонстрирует свою эффективность для объективной оценки возможностей цифровизации в сфере досуга. Полученные результаты свидетельствуют о консолидированном постпандемийном росте рынка на 15–20%, лидирующие позиции в котором занимают туристическая и спортивная отрасли. На основании выявленных диспропорций и точек роста основными направлениями государственной и корпоративной политики должны стать: финансирование цифровых платформ, разработка специализированных программ для отстающих регионов и формирование системы непрерывного мониторинга динамики развития.

Литература:

1. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2024: стат. сб. / Росстат. – М.: Росстат, 2025.
2. Статистика культуры [Электронный ресурс]: официальный сайт / Министерство культуры Российской Федерации. – Электрон. дан. – М., 2023–2024. – URL: <https://stat.mkrf.ru> (дата обращения: 26.10.2025).
3. Отчет о развитии физической культуры и спорта в Российской Федерации за 2024 год [Электронный ресурс] / Министерство спорта Российской Федерации. – Электрон. дан. – М., 2024. – URL: <https://minsport.gov.ru> (дата обращения: 26.10.2025).
4. Единая межведомственная информационно-статистическая система (ЕМИСС) [Электронный ресурс] / Федеральная служба государственной статистики. – Электрон. дан. – М., 2024. – URL: <https://fedstat.ru> (дата обращения: 26.10.2025).

ГЕЙМИФИКАЦИЯ В ВОЛОНТЁРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

В. Э. Никитин

Новосибирский государственный технический университет,

г. Новосибирск, fine.vladek@yandex.ru

Научный руководитель: Курчеева Г. И., к.э.н., доцент

Статья посвящена исследованию применения игровых элементов как инструмента цифрового продвижения волонтерства через веб-сайты. Цель работы – определить, какие игровые механики наиболее эффективно стимулируют участие и удержание волонтеров в краткосрочных акциях. Для этого предлагается эксперимент с созданием нескольких вариантов веб-страниц и сравнительным тестированием их эффективности. Результаты исследования могут применяться при разработке цифровых платформ и коммуникаций в сфере добровольчества.

The article examines gamification as a tool for promoting volunteering through websites. The study aims to identify which game elements most effectively increase volunteer participation and retention. The research involves creating several web page versions and testing their effectiveness. The results can help improve digital platforms and communication in the volunteer sector.

Введение

В последние годы волонтерство стало неотъемлемой частью жизни многих россиян. Согласно данным Всероссийского центра изучения общественного мнения (ВЦИОМ), 78 % граждан оказывали безвозмездную помощь за год, а доля тех, кто участвовал в волонтерской деятельности, увеличилась с 27 % в 2023 году до 36 % в 2025 году [1]. Более 8,9 миллиона человек зарегистрированы на платформе «Добро.рф» как активные волонтеры [2]. Наиболее активны молодые люди: 50 % россиян в возрасте 18-24 лет уже имеют опыт волонтерства, а 75 % готовы помогать в будущем [3]. Высокая готовность к участию, особенно среди молодёжи, подчёркивает важность разработки инструментов, которые помогут эффективнее привлекать и удерживать волонтеров [1].

Однако существуют значительные барьеры для вовлечения: 62 % россиян не могут заниматься добровольчеством из-за нехватки времени, а 27 % не знают, с чего начать [4]. В ответ на эти вызовы актуально развитие цифровых инструментов для мотивации и общения с потенциальными волонтерами. Среди методов продвижения волонтерства в цифровой среде можно выделить использование социальных сетей для распространения информации, email-рассылки для напоминаний и приглашений, мобильные приложения для координации акций, а также специализированные сайты и платформы,

которые служат центральными площадками для регистрации и поиска возможностей. Сайты играют ключевую роль как основной инструмент продвижения, поскольку они позволяют организованно представлять информацию, собирать данные о пользователях, отслеживать их активность и внедрять интерактивные элементы для повышения интереса. Например, на сайтах можно размещать формы регистрации, описания акций и инструменты для обратной связи, что делает их эффективным каналом для привлечения и удержания аудитории.

Одним из перспективных подходов является геймификация – это применение элементов игр в неигровых контекстах, таких как волонтерская деятельность, для повышения мотивации [5]. Игровые механики включают в себя, например, начисление очков за выполненные задачи, переход на новые уровни по мере накопления опыта, выдачу значков за достижения (бейджей) и составление таблиц лидеров, где участники видят свой рейтинг по сравнению с другими. Эти элементы можно встроить в сайты волонтерских организаций: например, на главной странице сайта разместить систему очков, которая мотивирует пользователей регистрироваться и участвовать в акциях, или добавить значки, отображаемые в личном профиле. Предполагается, что такие механики могут повысить первичную конверсию – то есть преобразование случайного посетителя сайта в зарегистрированного пользователя или подписчика – и способствовать долгосрочному удержанию, если они гармонично встроены в каналы привлечения, такие как сайты и рассылки, и учитывают мотивационные особенности целевых групп. Для проверки этих идей планируется создать несколько вариантов страниц сайтов с разными игровыми элементами и провести сравнительный эксперимент с анализом поведения пользователей и эффективности рассылок.

Обзор литературы

Исследования по геймификации волонтерской деятельности пока редки, но демонстрируют неоднозначные результаты. В 2025 году исследователь Карстен Сибенайхер с коллегами провёл эксперимент, в котором проверялась эффективность цифровых бейджей как стимула для волонтеров [6]. В ходе исследования одну группу участников просили пройти обычный онлайн-опрос, а другой – тот же опрос, но с выдачей виртуальных наград за выполнение разделов. Результаты показали, что такие бейджи не увеличили вовлечённость, а ответы стали короче, что говорит о снижении качества участия. Напротив, исследование в Саудовской Аравии (2024) зафиксировало статистически значимый рост внутренней мотивации медработников-добровольцев после внедрения комплексных

геймификационных систем (очки, бейджи, рейтинги). Респонденты отмечали ценность признания и соревновательных элементов, но предупреждали о рисках избыточной конкуренции и необходимости прозрачности системы [7]. Эти противоречивые результаты подчёркивают необходимость эмпирических сравнений разных типов игровых механик и каналов их внедрения – именно поэтому практический план исследования включает пилотное тестирование лендингов и e-mail рассылок. Под лендингом подразумевается одностраничный сайт, который создают специально для продвижения конкретного продукта, услуги или события.

Практические материалы операторов волонёрских платформ указывают: правильно сконструированные игровые элементы улучшают вовлечённость и удержание, делают обучение и рутинные операции более привлекательными, однако требуют этической оценки и аккуратной настройки под разные группы волонёров [8] [9].

Цели, гипотеза и план исследования

Цель исследования – определить, какие игровые механики наиболее эффективно стимулируют участие и удержание волонёров в краткосрочных акциях и разработать методику оценки их влияния в цифровых каналах.

Объект исследования – добровольческая деятельность в России. Предмет – механизмы мотивации волонёров с применением геймификационных инструментов в цифровых каналах.

Гипотеза состоит в том, что продуманная система игровых элементов, реализуемая на лендингах и в email-рассылках, повысит конверсию и удержание участников краткосрочных акций. Для проверки гипотезы планируется А/В/п-эксперимент – параллельное тестирование нескольких вариантов посадочных страниц: контрольный (без геймификации), а также с элементами геймификации, такими как, например, бейджи, микрозадачи, социальное подтверждение (таблица «сегодня записалось Х человек»). Пользователи будут распределяться по экспериментальным группам случайным образом в момент первого захода на посадочную страницу.

В рамках эксперимента будут зафиксированы ключевые показатели активности пользователей (регистрация, участие, взаимодействие с контентом), которые позволят оценить эффективность игровых механик. Исследование будет проводиться с соблюдением этических норм и требований к персональным данным.

Волонёрское сообщество разнообразно по мотивационным профилям. Фокус – на эпизодических волонёрах (краткосрочные акции вроде субботников, аудитория 18-24 лет), мотивированных социальными

связями, новизной и быстрым вкладом. Ниже – таблица сравнения типов волонтеров и стимулов, основанная на актуальных исследованиях 2023– 2025 годов, подчёркивающих различия в мотивациях.

Таблица 1 – таблица сравнения типов волонтеров и стимулов

Тип волонтеров	Описание	Доминирующие стимулы
Профессиональные/оперативные	Участники специализированных отрядов (поисково-спасательные, медицинские)	Компетентность, долг, профессиональный рост [10]
Регулярные	Постоянные помощники (социальная помощь, сопровождение пожилых)	Социальные связи, альтруизм, стабильность [11]
Эпизодические	Участники однодневных акций (субботники, городские мероприятия)	Новизна, социальное признание, быстрый вклад [12]

Такая классификация помогает адаптировать геймификацию: для эпизодических волонтеров подойдут быстрые награды, такие как значки за участие в акции, встроенные в сайт для немедленного обратного отклика.

Практическая значимость и новизна

Новизна работы заключается в сочетании российских статистических данных с зарубежным экспериментальным опытом для формулировки рекомендаций по внедрению геймификации в краткосрочные волонтерские акции. Практическая часть включает разработку шаблонов страниц сайтов с разными игровыми элементами и проведение пилотного А/В/п-тестирования, что позволит некоммерческим организациям и муниципалитетам получить конкретные советы по созданию веб-страниц для привлечения волонтеров.

Заключение

Геймификация представляет собой перспективный инструмент для повышения вовлеченности в волонтерство, если её механики разработаны продуманно и этично. Планируемый эксперимент позволит эмпирически оценить, какие элементы действительно повышают регистрацию и удержание в контексте краткосрочных акций, и

разработать практические рекомендации для организаторов добровольческих кампаний.

Литература:

1. Всероссийский центр изучения общественного мнения (ВЦИОМ). Волонтерство в России: мониторинг [Электронный ресурс]. – ВЦИОМ. – URL: <https://wciom.ru/analytical-reviews/analiticheskii-obzor/volonterstvo-v-rossii-monitoring> (дата обращения: 26.10.2025).
2. Добро.рф. Аналитика / Официальный портал добровольцев России [Электронный ресурс]. – URL: <https://dobro.ru/analytics> (дата обращения: 26.10.2025).
3. Веденова Я. Волонтеры России: статистика ВЦИОМ / Добро.press [Электронный ресурс]. – URL: <https://dobro.press/dobro-media/news/volontyory-rossii-statistika-vcziom> (дата обращения: 26.10.2025).
4. ACHBD.Media. Нет сил на важные дела? Играйте в них / Статья о геймификации в социальных инициативах [Электронный ресурс]. – URL: <https://achbd.media/a/gamification> (дата обращения: 26.10.2025).
5. Deterding S., Dixon D., Khaled R., Nacke L. From game design elements to gamefulness: defining “gamification” // Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments. Tampere, Finland, 2011. P. 9–15.
6. Siebeneicher K., Söderqvist E., Palamas G. Gamification in Volunteer Feedback: Do Digital Rewards Really Work? // Proceedings of the 18th European Conference on Game-Based Learning. – Academic Conferences and publishing limited.
7. Alshehri A. et al. Gamification and healthcare volunteer motivation: A qualitative survey in the Asir region, Saudi Arabia // Saudi Journal of Oral Sciences. – 2024. – Т. 11. – №. 3. – С. 193-203.
8. Volgistics. Adding Gamification to the Volunteer Experience [Электронный ресурс]. – Volgistics Blog. – URL: <https://www.volgistics.com/blog/adding-gamification-to-the-volunteer-experience/> (дата обращения: 26.10.2025).
9. VolunteerHub. 3 Ways to Increase Engagement with Gamification [Электронный ресурс]. – URL: <https://volunteerhub.com/blog/3-ways-to-increase-engagement-with-gamification/> (дата обращения: 26.10.2025).
10. Biermann K. Y. When Volunteerability Intersects Employability: A Conceptual Typology of Occupation-Related Volunteering and Opportunities

for Volunteering Research // VOLUNTAS: International Journal of Voluntary and Nonprofit Organizations. – 2025. – С. 1-15.

11. Huang L. et al. Motivations and strategies of voluntary service for urban home-based older adults provided by volunteers with nursing background: a qualitative study // BMC nursing. – 2025. – Т. 24. – №. 1. – С. 1-13.

12. Cnaan R. A. et al. You thought that this would be easy? Seeking an understanding of episodic volunteering // VOLUNTAS: International Journal of Voluntary and Nonprofit Organizations. – 2022. – Т. 33. – №. 3. – С. 415-427.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ВЕРИФИКАЦИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ТРЕБОВАНИЙ ЧЕРЕЗ СИНТАКСИЧЕСКИЙ И СЕМАНТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

К. Д. Овсяников

**Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, kirill54ko@gmail.com**

Научный руководитель: Курчеева Г. И., к.э.н., доцент

В статье рассматривается повышение качества спецификации функциональных требований за счёт автоматизированной верификации на ранних этапах разработки. Предлагается подход, соединяющий синтаксический разбор текстовых требований с их семантическим моделированием в виде ориентированного графа зависимостей для выявления явных логических противоречий и скрытых конфликтов при пересечении условий и состояний системы. Описаны формализация типичных ошибок непротиворечивости и алгоритм их обнаружения.

This paper examines improving the quality of functional-requirements specifications by means of automated verification in the early stages of development. We propose an approach that combines syntactic parsing of textual requirements with their semantic modeling as a directed dependency graph to reveal explicit logical contradictions and latent conflicts caused by overlapping conditions and system states. The formalization of typical consistency errors and an algorithm for their detection are described.

Введение

Процесс выдвижения и документирования требований — ключевой этап разработки сложных программных систем. Эмпирические исследования показывают, что плохо сформулированные требования остаются одной из главных причин провалов ИТ-проектов. При этом подавляющая часть требований описывается на естественном языке,

который удобен человеку, но неоднозначен и слабо формализован; в результате требования часто оказываются противоречивыми, неполными или двусмысленными, а чем позднее обнаружены ошибки, тем выше стоимость их устранения [3,2].

Помимо ручного анализа и матриц трассировки, развиваются формальные и инструментальные подходы; систематический обзор Umar и Lano подчёркивает важность автоматизированной поддержки, сокращающей цикл разработки и затраты. Во многих современных инструментах применяются технологии обработки естественного языка (NLP), но чисто NLP-решения требуют больших наборов данных и могут терять точность при отсутствии формальной структуры требований [4].

В этом исследовании предлагается автоматизированная верификация функциональных требований на основе строго структурированного представления и графовой семантической модели (узлы — элементы требований). Цель — на этапе спецификации выявлять явные логические противоречия и скрытые конфликты, вызванные пересечением условий, действий и состояний.

Обзор литературы

Существуют несколько подходов к проверке корректности требований. Хаусманн с соавт. [1] формализовали модели прецедентов (use-case) через теорию графовых преобразований — это позволяет точно выявлять конфликты и зависимости между функциональными требованиями; их статический анализ UML-диаграмм автоматически выделяет конфликты без дополнительного формализма. Кроха [10] превращают UML-модель в OWL-онтологию и с помощью логического выводчика находят несогласованности — подход хорошо связывает требования с доменной моделью, но ограничен анализом статических аспектов.

Другие работы сосредоточены на семантическом анализе текста: Гуо и коллеги [2] предложили FSARC — перевод требований в восьмиточечные семантические кортежи и детектирование семи типов конфликтов; на выборках авторы получили почти 100% полноты, однако метод опирается на эвристики и требует ручной настройки под предметную область. Обсуждаются и контролируемые языки (CNL): например, Rimaу для финансовых требований (Вейзага [3]) уменьшает двусмысленность NL-описаний.

Автоматизированные инструменты облегчают обнаружение отдельных ошибок (неполнота, форматные несоответствия), но часто не охватывают сложные сочетания условий и состояний; ранее предложенные подходы либо требуют явного формализма на этапе

моделирования, либо плохо выявляют скрытые логические пересечения на стыках сценариев и состояний.

Цели, гипотеза и план исследования

Цель исследования — разработать научно обоснованный метод автоматизированной верификации функциональных требований на основе синтаксического и семантического анализа. Задачи: 1) формализация структуры требования через акторов, действия, условия и реакции системы. 2) Построение ориентированного графа зависимостей, фиксирующего семантические связи между элементами требования. 3) Определение и формализация типовых несоответствий: конфликт действий (несовместимые действия в одинаковых обстоятельствах), конфликт условий (противоречивые пред-/постусловия) и неполнота переходов состояний. 4) Разработка алгоритмов анализа графовой модели для выявления этих ошибок.

Гипотеза исследования состоит в том, что при строгом шаблонном подходе к описанию требований и анализе их синтаксиса возможно построить компактную семантическую модель, достаточную для обнаружения скрытых конфликтов. Это позволит обойтись без больших обучающих выборок: алгоритм опирается на заранее заданные правила анализа структуры требований. Мы полагаем, что предложенное сочетание синтаксического разбора и графовой семантики обеспечит высокую точность обнаружения логических противоречий уже на ранних этапах разработки, что в свою очередь повысит надёжность спецификации требований.

План исследования включает следующие этапы:

1. Синтаксический анализ. Из текста формализованных функциональных требований извлекаются ключевые структуры с помощью морфологического и синтаксического парсера.

2. Семантическое моделирование. На основе разобранных элементов строится ориентированный граф зависимостей, где узлы соответствуют событиям системы, а рёбра отражают причинно-следственные и условно-логические связи.

3. Формализация конфликтов. Определяются формальные критерии обнаружения конфликтов.

4. Алгоритм верификации. Разрабатывается алгоритм обхода и анализа графа, который по заданным шаблонам находит ситуации конфликта. Паттерны обнаружения строятся на семантических связях между узлами графа.

5. Формальная обоснованность. Предполагается проведение теоретического анализа корректности алгоритма и оценка его сложности.

Практическая значимость и новизна

Научная новизна предлагаемого подхода состоит в синтезе синтаксического анализа требований и семантического моделирования в виде ориентированного графа зависимостей. В отличие от существующих работ, акцент делается на строго структурированные формулировки требований, что обеспечивает высокую точность обработки без обучения на больших наборах данных. Разработанный алгоритм выявляет прямые противоречия при наложении условий и состояний системы. Формализованы типичные ошибки непроотиворечивости — конфликт действий, конфликт условий, неполнота переходов — и предложены методы их автоматического обнаружения на графовой модели. Системный подход, объединяющий графовые структуры и паттерны семантического анализа, не имеет прямых аналогов в литературе.

Практическая значимость исследования проявляется в повышении эффективности сбора и анализа требований. Раннее выявление неточностей и конфликтов в ТЗ снижает затраты на их устранение в поздних фазах проекта [2] и уменьшает влияние «человеческого фактора» за счёт автоматизированной проверки. Освобождение аналитиков от рутинной валидации логики ускоряет проработку требований и улучшает взаимодействие с заказчиком. Для проектных команд это сокращает число уточняющих вопросов и повышает точность планирования сроков и ресурсов, что в сумме улучшает качество продукта и уменьшает риски перерасхода бюджета и сроков.

Заключение

Проведённый анализ актуальности темы показывает, что автоматизированная верификация функциональных требований является востребованной задачей науки и практики. С одной стороны, важность качественных требований для успешной разработки подтверждается исследованиями. С другой стороны, ручные методы проверки слишком трудоемки и ограничены, а существующие автоматизированные решения не охватывают всех типов ошибок. Представленный подход, основанный на синтаксическом разборе и семантическом представлении требований в виде графа, призван заполнить эту нишу. Он позволяет на ранних этапах выявлять сложные конфликты требований, ранее невидимые при традиционных методах, и тем самым повысить эффективность процесса разработки. Дальнейшее развитие исследования будет направлено на формальную валидацию предложенных алгоритмов и интеграцию метода в инструментарий системного анализа.

Литература:

1. Hausmann J. H., Heckel R., Taentzer G. Detection of conflicting functional requirements in a use case-driven approach: a static analysis technique based on graph transformation // Proc. 24th Int. Conf. on Software Engineering (ICSE'02). — New York: ACM, 2002. — P. 105–115. — DOI:10.1145/581339.581355.
2. Guo W., Zhang L., Lian X. Automatically detecting the conflicts between software requirements based on finer semantic analysis [Electronic resource] // arXiv preprint arXiv:2103.02255. — 2021. — URL: <https://arxiv.org/abs/2103.02255> (accessed: 13.11.2025).
3. Veizaga A., Villarroel R., Daza D., Pardo C. On systematically building a Controlled Natural Language for functional requirements (Rimay) // Empirical Software Engineering. — 2021. — DOI:10.1007/s10664-021-09956-6.
4. Umar M., Lano K. Automated requirements engineering: A systematic literature review // Software and Systems Modeling. — 2024. — Vol. 23, No. 2. — P. 357–380. — DOI: 10.1007/s10270-023-01054-9
5. Verma K., Kass A., Vasquez R.G. Using syntactic and semantic analyses to improve the quality of requirements documentation // Semantic Web. — 2014. — Vol. 5, No. 5. — P. 405–419. — DOI:10.3233/SW-2012-0071.
6. Boehm B. W., Papaccio P. N. Understanding and controlling software costs // IEEE Transactions on Software Engineering. — 1988. — Vol. 14, No. 10. — P. 1462–1477. — DOI:10.1109/32.6191.
7. Krogstie J., Dalberg V., Opdahl A.L. An ontology-based approach to consistency checking of UML models // Software and Systems Modeling. — 2009. — Vol. 8, No. 1. — P. 45–60. — DOI:10.1007/s10270-007-0066-0.
8. Lambers L., Ehrig H., Orejas F. Efficient conflict detection in graph transformation systems by essential critical pairs // Electr. Notes Theor. Comput. Sci. (Proc. Int. Workshop on Graph Transformation and Visual Modelling Techniques — GTVMT'06). — 2008. — Vol. 211. — P. 17–26. — DOI: 10.1016/j.entcs.2008.04.026.
9. Yan R., Cheng C.-H., Zhang G., Chai Y. Formal consistency checking over specifications in natural languages // arXiv preprint arXiv:1405.5003. — 2014. — URL: <https://arxiv.org/abs/1405.5003> (дата обращения: 13.11.2025).
10. Kroha P., Janetzko R., Labra J. E. Ontologies in checking for inconsistency of requirements specification // Proceedings of the 2009 Third International Conference on Advances in Semantic Processing (SEMAPRO). — Sliema, Malta, 11–16 Oct. 2009. — Washington, DC: IEEE Computer

ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ СТРАХОВАНИЯ БИЗНЕСА: ПОДХОДЫ И КРИТЕРИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ

О. Р. Ревин

**Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, olezhka_revin@mail.ru**

Научный руководитель: Курчиева Г. И., к.э.н., доцент

В статье обосновывается актуальность информационной модели для страхования бизнеса с использованием нейронных сетей. Рост объемов данных и интенсивное внедрение искусственного интеллекта в страховую отрасль создают предпосылки для новых систем поддержки принятия решений, основанных на анализе больших данных. Рассмотрены современные подходы к построению моделей прогнозирования рисков и критерии их эффективности.

This paper substantiates the need for an information model for business insurance based on neural networks. The increasing volume of data and the accelerated integration of artificial intelligence into the insurance industry create fertile ground for new decision-support systems founded on big-data analysis. The study reviews contemporary approaches to constructing risk-prediction models and the criteria used to evaluate their effectiveness.

Введение

Современный страховой бизнес становится всё более ориентированным на данные: использование больших объемов информации из различных источников позволяет создавать индивидуализированные продукты и улучшать управление рисками [1]. Одна из ключевых проблем — эффективная интеграция и обработка разнородных данных (история клиентов, внешние данные, телематика и др.) в единой информационной модели страховых процессов. Активное внедрение цифровых технологий и ИИ обострило требования к таким моделям: они должны обеспечивать точность прогнозов и быстрый доступ к актуальной информации. В литературе подчёркивается, что применение ИИ (нейронных сетей, машинного и глубокого обучения) для анализа данных в страховании позволяет повысить точность прогнозирования [2]. В частности, Гамалелдин и соавторы показали, что гибридная CNN-LSTM-модель (сверточная нейронная сеть + долгая краткосрочная память), достигает точности классификации страховых рисков около 98.5% [3], что значительно превосходит традиционные подходы. Аналогично, Морозов (2025) использует трансформеры для

предсказания вероятности наступления страхового случая, что позволило преодолеть ограничения классических деревьев решений [4]. Учитывая эти тенденции, возникает необходимость формализовать информационную модель страхового бизнеса, которая объединит современные аналитические методы и критерии оценки эффективности моделей прогнозирования.

Обзор литературы

Цифровая трансформация страховой отрасли приводит к появлению новых информационных систем с поддержкой ИИ. В Big Data Cognitive Comput [1] описана модель системы, объединяющей анализ больших данных и автоматическое обнаружение аномалий: такие системы направлены на повышение эффективности работы аналитиков страховых компаний и ускорение принятия решений. В литературе отмечается, что алгоритмы глубокого обучения позволили добиться прорывных результатов в задачах страховой аналитики: они хорошо справляются с анализом разреженных данных и сложных нелинейных зависимостей. Кириченко [2] анализируют применение нейросетей, машинного и глубокого обучения для прогнозирования страховых рисков и указывают их преимущество в повышении точности анализа данных. Вместе с тем отмечаются и ограничения ИИ в страховании, что подчёркивает необходимость комплексной научной проработки темы.

Существуют различные классы моделей прогнозирования в страховании. Гибридные нейросетевые модели, сочетающие сверточные и рекуррентные слои, доказали свою эффективность. Так, в рамках актуарной аналитики Гамалелдин и соавторы [0] разработали CNN-LSTM-модель для прогноза возрастания убытков по договорам, достигающую 98.5% точности валидации. Модели, основанные на пуассоновском смешивании, успешно применяются к предсказанию количества страховых выплат с избытком нулевых значений [0]. Существуют и другие инновационные подходы: например, использование трансформеров для табличных данных (TabTransformer) показало превосходство над классическими деревьями решений при прогнозировании страховых случаев [0].

Таким образом, анализ литературы показывает: существует тенденция к интеграции ИИ в информационные модели страхования с целью повышения точности и адаптивности прогнозов. Однако остаётся открытым вопрос о формализации информационной модели страхования бизнеса — структурированной модели данных и процессов, учитывающей особенности корпоративного страхования, которую можно было бы оценивать по научно обоснованным критериям

эффективности. Именно эту проблему призвано решить предлагаемое исследование.

Цели, гипотеза и план исследования

Исследование является разработкой и теоретическим обоснованием информационной модели для страхования бизнеса, использующей методы нейронных сетей для повышения качества прогнозирования рисков. Гипотеза заключается в том, что применение современных методов глубокого обучения в составе информационной модели позволит улучшить эффективность управления рисками. Для проверки гипотезы планируется последовательное решение следующих задач:

- провести детальный анализ требований к информационной модели страхового бизнеса, включая выявление ключевых сущностей, атрибутов и взаимосвязей в данных компании.

- спроектировать концептуальную информационную модель, обеспечивающую интеграцию исторических данных, параметров клиентов, рынка и внешних факторов.

- разработать и реализовать нейросетевые компоненты для прогнозирования характеристик рисков на основе этой модели.

- провести экспериментальное оценивание модели на реальных или приближенных данных, используя стандартные критерии (точность прогнозов, стабильность, способность выявлять аномалии).

Планируется использование комбинации статистических методов и машинного обучения. Особое внимание уделяется описательной части (обоснованию выбора структур данных и алгоритмов) и обоснованию критериев эффективности (точность прогнозов, уменьшение неопределённости при принятии решений).

Практическая значимость и новизна

Предлагаемая информационная модель страхования бизнеса обладает рядом новизны и потенциальной практической значимости. Во-первых, в ней объединяются классические концепции оценки рисков и современные нейросетевые подходы, что позволяет повысить адаптивность модели к реальным данным. Такой комбинированный подход до сих пор недостаточно разработан в научной литературе для корпоративного страхования. Во-вторых, практическая значимость заключается в том, что созданная модель может служить фундаментом для создания аналитических систем в страховой компании: она поможет более точно определять страховые премии, выявлять недооценённые риски и рекомендовать оптимальные стратегии перестрахования. Например, высокоточная CNN-LSTM-модель показала, что повышение точности прогноза позволяет существенно улучшить процессы ценообразования и риск-менеджмента [0]. Кроме того, учёт

современных факторов (например, взаимозависимости убытков по полисам) способен повысить экономическую эффективность портфеля, аналогично тому, как это демонстрирует подход с коррелированными моделями рисков

Новизна исследования также заключается в формализации критериев эффективности информационной модели. Помимо стандартных метрик качества предсказания, предлагается оценивать модель по интегральному эффекту: насколько она способствует снижению финансовых потерь (например, через точность планирования резервов) и оптимизации управленческих решений. Это согласуется с выводами ряда авторов о том, что эффективность информационных систем в страховании измеряется комплексно, включая экономические показатели и качество обслуживания клиентов [0].

Заключение

В статье показано, что актуальность темы обусловлена быстрым развитием цифровых технологий и ИИ в страховой индустрии. Анализ литературы подтверждает, что нейросетевые методы значительно повышают точность прогнозирования страховых рисков и могут стать неотъемлемой частью информационной модели страхового бизнеса [0]. Предложенная модель объединяет последние научные достижения (гибридные CNN-LSTM экспертные знания о рисках, что может привести к более эффективному управлению страховым портфелем. Подтверждением успеха таких подходов служит, в частности, получение точности классификации до 98.5% [0] в экспериментах с реальными данными.

Литература:

1. Reis T. An information system supporting insurance use cases by automated anomaly detection // Big Data and Cognitive Computing. – 2022. – Т. 7. – №. 1. – С. 4.
2. Кириченко А. О., Золкин А. Л., Поскряков И. А., Казьменко М. Н. Прогнозирование страховых рисков с использованием искусственного интеллекта [Электронный ресурс] // Прикладные экономические исследования. 2024. №3. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/prognozirovanie-strahovyh-riskov-s-ispolzovaniem-iskusstvennogo-intellekta> (дата обращения: 25.11.2025).
3. Gamaleldin W. A hybrid model based on CNN-LSTM for assessing the risk of increasing claims in insurance companies // PeerJ Computer Science. – 2025. – Т. 11. – С. e2830.

4. Морозов М. И. Предсказание наступления страхового случая с помощью трансформерных нейросетей //Системная инженерия и информационные технологии. – 2025. – Т. 7. – №. 2 (21). – С. 96-102.

5. Huang X., Khetan A., Cvitkovic M., Karnin Z. TabTransformer: Tabular Data Modeling Using Contextual Embeddings [Электронный ресурс]. — arXiv:2012.06678, 2020. — URL: <https://arxiv.org/abs/2012.06678>. — (дата обращения: 25.11.2025).

6. Usman F. Poisson Mixture Deep Learning Neural Network Models for the Prediction of Drivers' Claims with Excessive Zero Claims Using Telematics Data //North American Actuarial Journal. – 2025. – С. 1-29.

7. Holvoet F., Antonio K., Henckaerts R. Neural networks for insurance pricing with frequency and severity data: a benchmark study from data preprocessing to technical tariff [Электронный ресурс]. — arXiv:2310.12671, 2023. — URL: <https://arxiv.org/abs/2310.12671>. — (дата обращения: 25.11.2025).

ОБНАРУЖЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛИ YOLOV8N

Д. В. Савочка

**Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, savochka.2022@stud.nstu.ru**

Научный руководитель: Антонянц Е. Н., ассистент

В работе рассмотрена реализация программного обеспечения для обнаружения беспилотных летательных аппаратов на видеопотоке. Система разработана на основе архитектуры YOLO и языка программирования Python и демонстрирует точность 0.9 и полноту 0.82 на тестовой выборке.

The paper considers the implementation of software for detecting unmanned aerial vehicles on a video stream. The system is developed based on the YOLO architecture and the Python programming language and demonstrates a precision of 0.9 and a recall of 0.82 on the test set.

С ростом количества беспилотных летательных аппаратов все более актуальной становится задача создания надежных систем для их обнаружения. Существуют такие системы поиска БПЛА, как радиочастотные, радарные и оптические. Оптические системы на основе видеокамер являются универсальным и более доступным решением, позволяющим различать дроны среди других объектов.

В настоящее время при анализе видеорядов широко применяются методы компьютерного зрения с использованием нейронных сетей. Алгоритм YOLO (You Only Look Once) является одной из самых

эффективных одноэтапных моделей для детектирования объектов из видеопотока в реальном времени и на готовой видеозаписи.

В данной работе была использована архитектура YOLO для задачи детекции дронов на видеозаписи. Цель исследования – обучить модель на наборе данных изображений с БПЛА и внедрить её в систему анализа видеопотока с отрисовкой ограничивающих рамок вокруг обнаруженных дронов и последующим сохранением.

В качестве основы системы выбран алгоритм YOLOv8n – легкая версия семейства YOLOv8, изначально предназначенная для работы в режиме реального времени. Модель сохраняет классическую одноэтапную архитектуру: входное изображение делится на сетку, и для каждой клетки предсказываются ограничивающие рамки и вероятности искомым классов [1]. Такая схема позволяет достичь высокой скорости обработки по сравнению с двухэтапными подходами (например, Faster R-CNN), пусть и с некоторыми ограничениями в точности. Для обучения были использованы базовые веса из официального репозитория разработчиков.

После настройки среды, важной частью работы был сбор и подготовка датасета для обучения модели. Был использован набор данных с изображениями дронов и описанием их расположения на фото. Датасет включал в себя 51000 фото для обучения и 5000 фото для тестирования [2].

В датасете были представлены дроны различных типов, размеров, в различных окружающих средах и положениях. Так как описание положения дронов в датасете было в формате «.xml», был разработан конвертер, который приводит описательные данные в формат необходимый YOLO – «.txt».

Программный код был написан на языке Python с использованием пакетов: PyTorch для возможности обучения модели средствами графического процессора (GPU); Ultralytics для работы непосредственно с моделями YOLO; xml для конвертера; cv2 для обработки видеопотока, и вспомогательных математических пакетов. Были выбраны следующие метрики качества модели: точность (Precision) и полнота (Recall).

Обучение проводилось со следующими параметрами: 30 эпох обучения, количество изображений, обрабатываемых за один шаг обучения (batch) – 8, размер входного изображения, до которого YOLO автоматически масштабирует каждую картинку перед подачей в модель (imgsz) – 640 [3].

В результате обучения точность на тестовой выборке составила 0.869, а полнота 0.831. Это говорит о том, что модель обнаруживает 83.1% всех дронов, присутствующих на изображении, 86.9% объектов,

которые модель определила как дроны, действительно являлись дронами. После этого модель была дообучена еще на 21 эпохе со следующими параметрами: batch – 32, imgsz – 768. В результате дообучения точность увеличилась почти до 0.9, а полнота уменьшилась до 0.824. Результаты обучения и дообучения модели детекции дронов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Оценка качества модели

Количество эпох/параметр	Точность (Precision)	Полнота (Recall)
30	0.869	0.831
51	0.9	0.824

Графики на рисунке 1 демонстрируют динамику ключевых метрик обучения модели. На тренировочных кривых (train) видно устойчивое снижение box loss, cls loss и dfl loss, что говорит о постепенном улучшении качества предсказаний. У валидационных метрик (val) также прослеживается общая тенденция к уменьшению ошибок, несмотря на отдельные колебания. Показатели качества – precision, recall, mAP – имеют выраженный рост на протяжении всех эпох обучения. Рост mAP50 и mAP50–95 подтверждает общее улучшение локализации и классификации на разных уровнях IoU.

Таким образом, можно сделать вывод, что в результате дообучения, было получено явное улучшение точности и незначительные потери полноты.

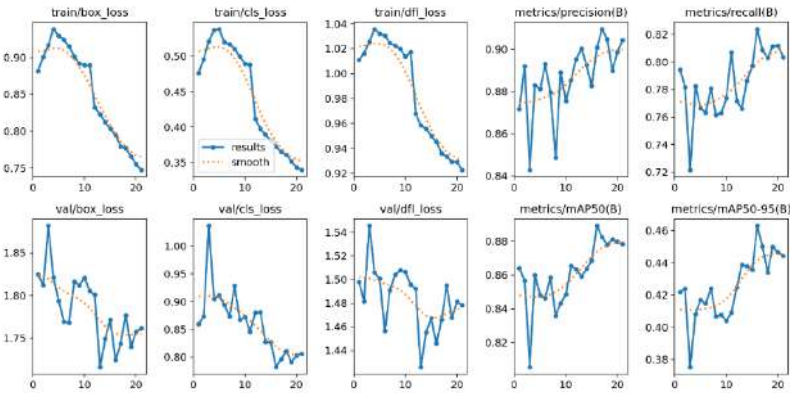


Рис.1 – Графики метрик качества модели нейронной сети при дообучении

На рисунке 2 представлен фрагмент анализа видеопотока, выполненного обученной моделью. Можно увидеть, что модель распознает БПЛА, отображает для него ограничивающую рамку и достоверность классификации.

В работе показана возможность применения модели YOLOv8n для задачи обнаружения дронов на изображениях и видео. Используя маркированный набор данных, была обучена и протестирована модель, которая показала значения точности – 90%, полноты – 82.4%. Полученные результаты подтверждают, что даже легкая версия YOLO может справляться с задачей детекции объектов разных размеров в сложной сцене. Модель может быть потенциально использована в системах видеонаблюдения и мониторинга воздушного пространства в реальном времени. Для улучшения качества модели необходимо более тщательно подбирать начальные параметры обучения и дополнять датасет большим количеством данных, в том числе разнообразных (птицы, самолеты, вертолеты) для повышения универсальности детекции.

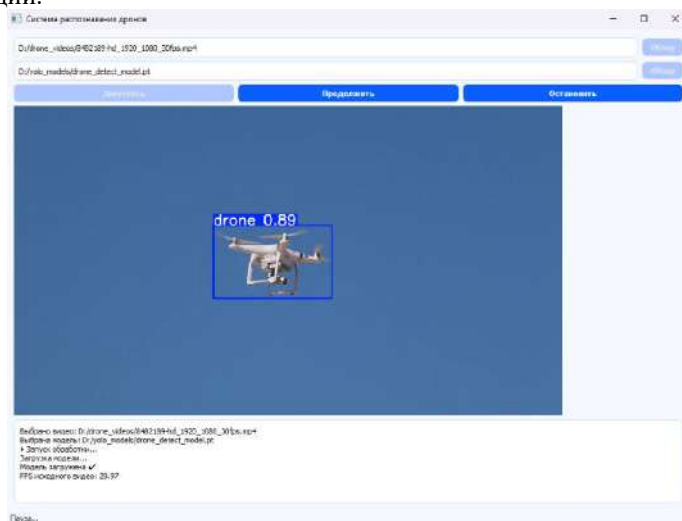


Рис. 2 – Графический интерфейс программы

Литература:

1. Liu Z. et al. Vision-based drone detection in complex environments: a survey // Drones. – 2024. – Т. 8, № 11. – Р. 643.
2. Pawełczyk M., Wojtyra M. Real world object detection dataset for quadcopter unmanned aerial vehicle detection // IEEE Access. – 2020. – Т. 8. – Р. 174394–174409.

3. Ghorbanzadeh O. et al. UAV-based slope failure detection using deep-learning convolutional neural networks // Remote Sensing. – 2019. – Т. 11, №. 17. – P. 2046.

ДЕТЕКТИРОВАНИЕ И ГЕНЕРАЦИЯ ТЕКСТОВОГО ОПИСАНИЯ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ВИДЕОСЦЕНЫ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

М. Д. Семенов, С. Р. Скорых

Новосибирский государственный технический университет,

г. Новосибирск, maoncheeg@gmail.com

Научный руководитель: Антонянц Е. Н., ассистент

В статье рассматривается применение компьютерного зрения и нейронных сетей для детектирования и генерации текстового описания дорожных видеосцен. Представленный в статье алгоритм позволяет детектировать объекты на видео и генерировать их текстовое описание.

The article discusses the use of computer vision and neural networks for detecting and generating text descriptions of road video scenes. The algorithm presented in the article allows detecting objects in videos and generating their text descriptions.

Безопасность дорожного движения всегда была крайне важной темой современности. Ежегодно в ДТП попадают миллионы человек. Записи этих происшествий было бы полезно анализировать с достаточной скоростью и качеством для принятия необходимых мер по устранению причин аварий в будущем [1].

В настоящий момент активно развиваются такие инструменты как нейронные сети и технологии компьютерного зрения, с помощью которых можно классифицировать и описывать объекты на изображениях и видеопотоках. Популярной архитектурой для детектирования объектов является YOLO (You Look Only Once).

Данные, полученные с помощью этой технологии, могут пригодиться при анализе ДТП и записей дорожного движения. Также данный детектор можно использовать для описания сцен в реальном времени с видеорегистратора в целях предупреждения водителя о появлении знака, пешехода или другого транспортного средства.

YOLO находит на изображении объекты и выделяет их ограничивающие рамки, но этого недостаточно для описания видеосцен. Алгоритм описания должен отслеживать объекты и убеждаться в том, что следит за одним и тем же объектом. Популярным способом для трекинга объектов является ByteTrack, который является

эффективным отслеживающим алгоритмом, использующим найденные моделью ограничивающие рамки [2].

За основу модели была взята архитектура YOLOv8n, которая была обучена с нуля на данных, содержащих нужные для предметной области классы, их расположения на изображениях и размеры ограничивающих рамок. Наборы данных содержали разные классы, поэтому они были объединены в один датасет.

Так как в реальных условиях движения существуют различные погодные условия, которые влияют на видимость объектов, при обучении модели будет применена аугментация Mosaic. Аугментация позволит добиться более высокого качества модели путем комбинации нескольких изображений и их искажения [3].

Обучение длилось 170 эпох при применении Mosaic на всех эпохах. В результате обучения метрики приняли следующие значения: точность (precision) – 0.58, а полнота (recall) – 0.5. По рисунку 1 можно утверждать, что в последние 10-15 эпох началось переобучение модели, и метрики практически перестали меняться.

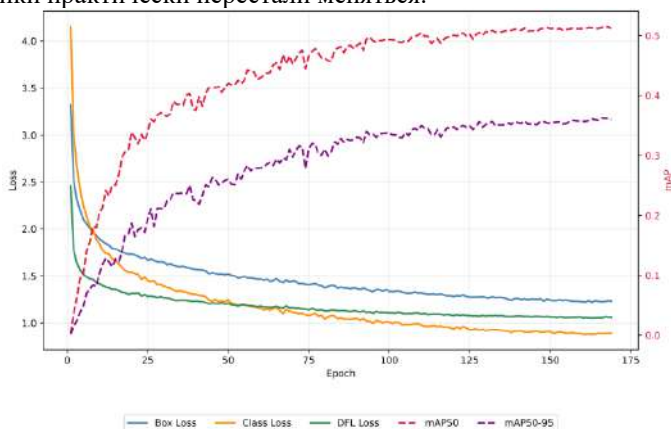


Рис. 1 – Графики потерь и mAP на протяжении 170 эпох при применении аугментации Mosaic на всех эпохах

Для следующего этапа обучения на 20 эпох были изменены гиперпараметры: Mosaic был применен только к половине эпох, была уменьшена скорость обучения. При отключении Mosaic на 10 эпохе потери в определении классов и рамок значительно упали. Таким образом, на более чистых данных модель работает лучше благодаря долгому обучению при комбинации четырех изображений. Обученная модель имеет точность – 0.7, полноту – 0.5

Алгоритм текстового описания сцен включает в себя:

1. Детектирование и трекинг объектов на видео.
2. Обработка найденных объектов.
3. Генерация текстового описания.

На вход обученной модели YOLOv8n должны поступать изображения, поэтому входное видео конвертируется в массив кадров, чтобы модель определяла объекты на каждом из них.

Трекинг объектов производится с помощью ByteTrack. В результате видно, как алгоритм определяет ограничивающие рамки для каждого объекта, название класса, уверенность (confidence) и идентификатор объекта, который позволит отличать объекты друг от друга (Рисунок 2).



Рис. 2 – Визуализация обнаружения и отслеживания объектов на видео

В результате детектирования получается массив кадров, внутри которых находятся обнаруженные объекты с идентификатором и указанием класса. По нему формируется список уникальных объектов в порядке их появления в видео. Важно отметить, что типы объектов переводятся на русский для более корректной генерации текстового описания.

В результирующий список не попадают объекты типов одного класса, например, дублирующиеся знаки пешеходного перехода по обеим сторонам дороги. Если в кадре несколько таких знаков, то по координатам рамки можно сравнить их площадь. В случае, когда площадь примерно одинаковая, один из знаков отбрасывается.

Для генерации текстового описания была выбрана модель Qwen2.5-1.5B-Instruct, которая обеспечивает поддержку русского языка, а также обладает не очень большим весом. Для нее был задан следующий системный промпт: «Нужно связно описать видео с

регистратора по объектам, попавших на видео. Описывая видео только по полученной информации, нужно связно перечислить объекты в виде текста. Обязательно укажи дорожные знаки. Не включай в описание автомобили и пешеходов. На основе количества автомобилей и пешеходов в конце сделай вывод о загруженности трафика». Затем передаются объекты, разделенные точкой с запятой. Такие инструкции обеспечивают четкое описание видео.

Для видеопотока, кадр которого показан на рисунке 1, было обнаружено несколько автомобилей и один пешеход. Дорожный знак "Уступи дорогу" указывает на необходимость снижения скорости для обеспечения безопасности движения. На главной дороге видны автомобили, которые движутся со стороны одного направления, а также один пешеход, который находится в переходе. На выходе разработанное программное обеспечение выдает следующее сообщение: «На главной дороге наблюдается высокая загрузка трафика из-за наличия нескольких автомобилей и пешехода».

Результатом работы алгоритма является текстовое описание видеосцены, которое можно применять при анализе большого объема записей, путем нахождения интересующих объектов или ситуаций на дороге. Модель детектирования можно дообучать для нахождения других классов, например, ям на дороге, тротуаров и других объектов важных для анализа.

Литература:

1. Четвергов М. А. Моделирование дорожно-транспортного происшествия как эффективный инструмент расследования преступлений // Журнал «Безопасность дорожного движения». – 2024. – № 1. – С. 58–63.
2. Liu J. et al. Vehicle flow detection and tracking based on an improved YOLOV8N and ByteTrack framework // World Electric Vehicle Journal. – 2024. – Т. 16, № 1. – Р. 13.
3. Бабичинецкий С. Г. Изучение влияния наличия аугментации данных на качество обучения модели сегментации YOLO8n // Научный журнал. – С. 61.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ВЗЫСКАНИЯ ЗАДОЛЖЕННОСТИ С КЛИЕНТОВ БАНКА

Р. И. Скоп

Новосибирский государственный университет

экономики и управления «НИНХ»,

г. Новосибирск, lvumbaskop@gmail.com

**Научный руководитель: Бобров Л. К., д.т.н., профессор кафедры
прикладной информатики Новосибирского государственного
университета экономики и управления «НИНХ»**

Статья посвящена ИТ-решениям по автоматизации работы с просроченной задолженностью. Рассматриваются основные понятия и стадии взыскания просроченной задолженности. Описываются доступные программные продукты.

The article is devoted to IT solutions for automating work with overdue debts. The basic concepts and stages of overdue debt collection are considered. The available software products are described.

Для коммерческих банков выдача ссуд – это наиболее эффективный способ получения дохода, но одновременно с этим он является более рискованным. Критически важной является задача – контролировать процесс взыскания задолженности с потребителей кредитов. От эффективности действий сотрудников отдела взыскания и от объема возвращенных средств зависит фактическая прибыль по договору, предоставленному клиенту.

Основные понятия, связанные с взысканием проблемной задолженности

Проблемной задолженностью по кредиту является та, которая не была частично или полностью погашена в установленный срок, включая полную стоимость кредита – сумма задолженности по основному долгу и проценты по кредиту, увеличенная на сумму неоплаченной комиссии за ведение банковского ссудного счета и иные выплаты, предусмотренные кредитным договором. Кредиты, имеющие такую задолженность, называются проблемными кредитами и возврат задолженности по ним сопряжен с определенными трудностями. [1]

В коммерческих банках досудебное взыскание задолженности разделяют на два этапа:

«Soft-collection» – совокупность всех дистанционных мер, которые направлены на должника.

«Hard-collection» – совокупность всех мер, связанных с личным воздействием специалиста на должника. [4]

Исполнительное производство – совокупность мер, направленных на принудительное исполнение судебных актов и актов других органов. [3] Возбуждается на основании исполнительного документа, которым может являться судебный акт. Решение по судебному приказу принимается судьей в отсутствие должника, с предварительным уведомлением при предъявлении взыскателем документов, подтверждающих наличие образовавшейся суммы задолженности. [2]

Работы

На рисунке 1 схематически показан процесс подбора источников, на тему автоматизации процесса взыскания задолженности и автоматизации этого процесса, в базах данных ScienceDirect, РИНЦ и Google Scholar. Была использована методология PRISMA.

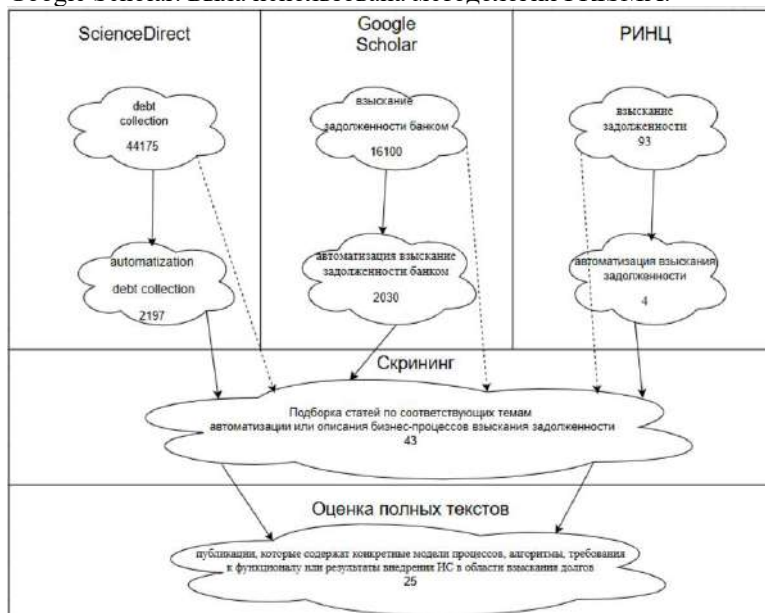


Рис.1 – поиск источников на тему автоматизация взыскания задолженности согласно методологии PRISMA

Отбор источников по теме проходил в 4 этапа. На первом этапе были найдены источники информации, которые относятся к объекту исследования, а именно взыскание задолженности. После чего было проведено сужение круга поиска до предмета исследования –

автоматизации взыскания задолженности. Следующим этапом было проведено выделение релевантных работ, которые либо направлены на описание процесса взыскания задолженности, либо имеют подробное описание бизнес-процесса отдела взыскания, которое потребуется для проектирования автоматизированной системы. Последним этапом было изучение полных текстов документов для выбора итогового списка источников.

Данный анализ подтверждает, что тема взыскания задолженности в научной сфере рассматривается в основном с юридической точки зрения. Оптимизация и автоматизация процессов взыскания долгов остается малоизученной.

ИТ-решения на рынке России

В рамках импортозамещения важно определить эффективное решение при замещении автоматизированных систем отдела взыскания.

Для выбора решения автоматизации работы с просроченной задолженностью З.В. Кадурина предлагает обращать внимание на основные функциональные требования: учет всей информации о заемщике, учет всей финансовой информации, учет просроченных платежей, элементы документооборота, управление задачами, управление процессами, отчетность. [1]

Также, немало важными требованиями являются: автоматизация рассылки предупреждения о появлении просроченной задолженности, наличие мобильной версии продукта для оперативной работы сотрудников «Hard-collection»

В таблице 1 представлены основные ИТ-решения для работы отдела взыскания. Эти продукты автоматизируют выполнение функций на большинстве стадий ведения дела должника, начиная с фиксации просроченной задолженности, заканчивая формированием и отправкой исполнительных документов.

Таблица 1 – ИС для взыскания задолженности

Информационная система	Описание
WS. Коллекторское агентство	Программа для ведения дел должников, интегрируется с 1С, АТС
Бит. Управление задолженностью	Основанная на 1С система для работы с задолженностью. Используется в коллекторских агентствах, банках, МКК, ЖКХ
FIS Collection Platform	Система для работы на всех стадиях: pre Collection, soft collection, hard collection, legal collection, передача активов в коллекторские агентства и цессия
Global C	Комплексное российское решение, которое помогает сделать взыскание долгов управляемым и контролируемым процессом

Любое из приведенных программных решений позволит банку повысить эффективность процесса взыскания задолженности, с учетом специфики кредитных предложений и заключенных договоров с клиентом.

Заключение

Взыскание задолженности сложный и многоступенчатый процесс, контроль этого процесса обеспечивает высокую доходность при возврате средств, которые должен возместить заемщик по кредитному договору. Сотрудникам и руководству банка требуется эффективное решение для работы с должниками, а также быстрая и точная отчетность о состоянии проблемных кредитов. На данный момент на рынке ИТ-решений представлено достаточное количество программных продуктов, которые удовлетворяют спрос и потребности конкретных коммерческих банков.

Литература:

1. Кадурина З. В. Проблемы мониторинга проблемной (просроченной) задолженности клиентов банка / З. В. Кадурина // Новая экономика, бизнес и общество: Материалы Апрельской научно-практической конференции молодых учёных, Владивосток, 23 марта – 16 2023 года / Отв. редакторы А.А. Волков, Е.А. Тюрина, М.В. Усова. – Владивосток: Дальневосточный федеральный университет, 2023. – С. 370-376. – EDN VXJYCY.

2. Фролов С. С. Исполнение требований исполнительных документов о взыскании кредиторской задолженности / С. С. Фролов // Актуальные проблемы деятельности подразделений УИС: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, Воронеж, 28 мая 2015 года. – Воронеж: ООО "Издательство "Научная книга", 2015. – С. 513-514. – EDN VYGJYF.

3. Герчак Ю. Я. Кредитные и некредитные финансовые организации как субъекты исполнительного производства / Ю. Я. Герчак, Н. Ю. Папушина // Архонт. – 2024. – № 12(51). – С. 160-165. – EDN EBAJMD.

4. Землина А. Подразделение по взысканию задолженности как бизнес-инструмент БАНКА / А. Землина // Вестник Хабаровской государственной академии экономики и права. – 2009. – № 4. – С. 25-29. – EDN TJEUJD.

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ КОНЦЕПЦИИ «УМНЫЙ ГОРОД»

Е. Д. Сороколетова

Новосибирский государственный технический университет,

г. Новосибирск, liza.sorokoletova@bk.ru

Научный руководитель: Курчеева Г. И., к.э.н., доцент

В статье обоснована актуальность разработки комплексной информационной модели «Умного города». Проведен анализ существующих подходов к моделированию, выявлены их недостатки, в частности, слабая интеграционность и недостаточное внимание к вопросам информационной безопасности. На основе системного подхода предложены ключевые направления для разработки новой модели, способной стать основой для эффективного управления городской средой.

The article substantiates the relevance of developing a comprehensive information model for a "Smart City". The analysis of existing modeling approaches is carried out, their shortcomings are identified, in particular, weak integration and insufficient attention to information security issues. Based on a systematic approach, key directions for developing a new model that can become the basis for effective urban environment management are proposed.

Введение

«Умный город» — это концепция интеграции информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) и Интернета вещей (IoT) для управления городским имуществом и ресурсами с целью повышения эффективности обслуживания, улучшения качества жизни граждан и обеспечения устойчивого развития.

Актуальность данной темы обусловлена глобальными трендами урбанизации. Согласно прогнозам ООН, к 2050 году 68% населения мира будет проживать в городах. Это создает беспрецедентную нагрузку на транспортную, энергетическую и жилищно-коммунальную инфраструктуру. Российские мегаполисы не являются исключением: по данным Росстата, доля городского населения в России уже превышает 75%, а количество городов-миллионников продолжает расти. В 2019 году в России был запущен федеральный проект «Умный город», в который вовлечены 209 городов, что демонстрирует государственный интерес к проблеме. Однако, несмотря на активные инвестиции, многие проекты сталкиваются с трудностями в реализации. Объем мирового рынка «умных городов» оценивается в \$1,7 трлн в 2024 году и продолжает расти, что подчеркивает его экономическую значимость.

Цель данного исследования — проанализировать существующие информационные модели «Умного города» и обосновать необходимость разработки новой, более совершенной модели, устраняющей выявленные недостатки.

Анализ существующих разработок

Современные исследования демонстрируют эволюцию подходов к моделированию умного города. Доминирующим трендом остается системный подход [1], где город анализируется как сложный организм с взаимозависимыми элементами. Однако на практике сохраняется фрагментарность: технологические решения часто разрабатываются для отдельных секторов без учета кросс-системного взаимодействия [3]. Критический анализ выявляет парадокс: несмотря на декларируемую целостность, 67% исследовательских моделей охватывают не более 2-3 городских подсистем одновременно [8].

Особую значимость приобретают работы по информационной безопасности [4, 5], демонстрирующие, что каждый новый подключенный IoT-устройство расширяет поверхность атаки. Российские исследования добавляют к этому организационный контекст, отмечая, что 80% проблем внедрения связаны с нормативными барьерами, а не технологическими ограничениями [6].

Ключевые проблемы

На основе анализа выделены следующие проблемы, препятствующие эффективной реализации:

1. **Операционная разобщенность:** Данные транспортных, энергетических и коммунальных систем существуют в изолированных цифровых системах. Например, отсутствие интеграции между системами парковок и общественного транспорта приводит к 30% потере потенциальной эффективности [2].

2. Угрозы информационной безопасности: С ростом числа подключенных устройств на 40% ежегодно, уязвимости становятся системными. Исследования показывают, что 65% инцидентов безопасности происходят на стыке различных подсистем, где отсутствуют единые протоколы защиты [5].

3. Адаптационный разрыв: Только 15% теоретических моделей учитывают региональную специфику [8]. В российских условиях это проявляется в несоответствии между "идеальными" схемами и реальными возможностями муниципальной инфраструктуры [7].

Направления для разработки новой модели

Перспективная модель должна базироваться на четырех фундаментальных принципах:

1. Целостность. Реализация подхода, основанного на системной теории, с описанием всех информационных потоков между компонентами.

2. Безопасность «по проекту». Интеграция компонента управления кибербезопасностью на уровне архитектуры модели.

3. Адаптивность. Учет специфики российских городов и включение механизмов обратной связи с гражданами.

4. Практическая ориентированность. Наличие четкого алгоритма внедрения и понятных метрик эффективности для ключевых сфер.

Заключение

Проведенное исследование подтвердило высокую актуальность разработки комплексной информационной модели «Умного города». Существующие наработки создают теоретический фундамент, но их фрагментарность и слабая связь с практикой внедрения обуславливают необходимость создания новой интеграционной модели. Разработка такой модели, основанной на принципах целостности, безопасности и практической ориентированности, позволит преодолеть барьеры на пути реализации концепции в России.

Литература:

1. Lom M., Pribyl O. Smart city model based on systems theory // International Journal of Information Management. – 2021. – Т. 56. – С. 102092.
2. Muvuna J. et al. A methodology to model integrated smart city system from the information perspective // Smart Cities. – 2019. – Т. 2. – №. 4. – С. 496-511.
3. Jiang D. The construction of smart city information system based on the Internet of Things and cloud computing // Computer Communications. – 2020. – Т. 150. – С. 158-166.

4. Курчиева Г. И., Денисов В. В. Угрозы для информационной безопасности в высокоорганизованных системах типа «Умный город» // Вестник евразийской науки. – 2016. – Т. 8. – №. 3 (34). – С. 45.
5. Wu Y. C., Sun R., Wu Y. J. Smart city development in Taiwan: From the perspective of the information security policy // Sustainability. – 2020. – Т. 12. – №. 7. – С. 2916.
6. Мухаметов Д. Р. Проблемы и перспективы реализации концепции «Умный город» в России (на примере Москвы) // Мир новой экономики. – 2019. – №. 3. – С. 81-88.
7. Анисимова Н. А. и др. Практические аспекты реализации концепции «Умный город» в жилищно-коммунальной сфере // Регион: системы, экономика, управление. – 2021. – №. 3 (54). – С. 26-33.
8. Myeong S., Park J., Lee M. Research models and methodologies on the smart city: A systematic literature review // Sustainability. – 2022. – Т. 14. – №. 3. – С. 1687.
9. Курчиева Г. И., Ключков Г. А. Разработка процессной модели «умный город» // Вестник евразийской науки. – 2017. – Т. 9. – №. 5 (42). – С. 34
10. Fernandez-Anez V., Fernández-Güell J. M., Giffinger R. Smart City implementation and discourses: An integrated conceptual model. The case of Vienna // Cities. – 2018. – Т. 78. – С. 4-16.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ НА ОСНОВЕ ДЕФЕКТОВ СТАЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Э. А. Тейхреб, Е. Н. Антонянц

**Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, eralandf@gmail.com**

Представлен метод автоматизированной оценки дефектов стальной поверхности при малом числе разметки. Используется модифицированная сиамская сеть для сравнения изображений. На базе NEU достигнута точность 0.8221, превзойдены LBP/SVM и GLCM/SVM. Подход перспективен для предиктивного обслуживания.

A method for automated steel-surface defect inspection with limited labels is proposed. A modified Siamese Network compares image pairs. On the NEU dataset it achieved 0.8221 accuracy, surpassing LBP/SVM and GLCM/SVM. The approach is promising for predictive maintenance.

Автоматизированный визуальный контроль критически важен для обеспечения качества продукции и перехода к предиктивному обслуживанию промышленного оборудования. Но широкое внедрение

методов глубокого обучения ограничивается трудоемкостью и стоимостью сбора больших размеченных наборов данных для всех возможных типов дефектов [1]. Особую сложность представляет идентификация новых, редко встречающихся дефектов. Классические подходы, такие как LBP/SVM и GLCM/SVM, обладают ограниченной обобщающей способностью и чувствительны к изменению условий [2]. Таким образом, актуальной является разработка методов, эффективно работающих в условиях малоразмерных выборок (few-shot learning).

Объектом исследования выступает процесс классификации дефектов поверхности холоднокатаной стали. В качестве метода предложено использование модифицированной архитектуры сиамской нейронной сети (Рисунок 1). В отличие от классических классификационных моделей, сиамская нейронная сеть обучается не распознаванию конкретных классов, а оценке степени сходства или различия между парой входных изображений [3]. Это позволяет модели обобщать знания и идентифицировать дефекты, представленные малым количеством примеров.

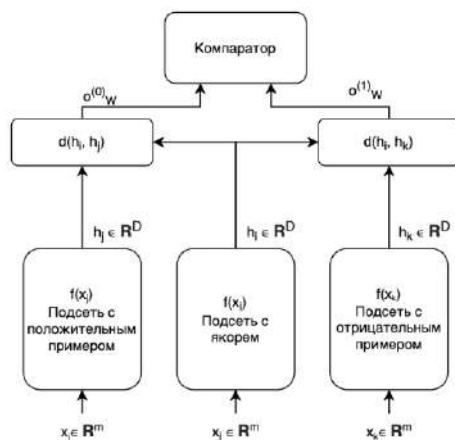


Рис. 1 – Обобщенная архитектура триплетной нейронной сети

Модифицированная сиамская нейронная сеть представляет собой развитие сиамской нейронной сети и состоит из трех идентичных ветвей-энкодеров с общими весами. Каждая ветвь преобразует одно из трех входных изображений – якоря (anchor), позитивного примера (positive) и негативного примера (negative) – в векторное представление (эмбединг) в низкоразмерном пространстве признаков. В качестве

энкодера используется сверточная нейронная сеть. Таким образом, под «модификацией» подразумевается переход от классической сиамской пары к триплетной конфигурации (трёхветвевой энкодер с общими весами), что позволяет напрямую оптимизировать относительные расстояния в эмбединг-пространстве. Обучение сети проводится с использованием тройственной функции потерь (triplet loss) по формуле 1. Ее цель – одновременно минимизировать расстояние между эмбедингами якоря и позитивного примера и максимизировать расстояние между эмбедингами якоря и негативного примера. Функция получает на вход объединённый вектор из трёх эмбедингов: anchor - изображение, относительно которого проводится сравнение, positive – изображение того же класса, что и anchor, negative – изображение другого класса. Таким образом, в пространстве признаков однотипные дефекты группируются вместе, в то время как разнотипные – отдаляются друг от друга:

$$L = \max(|a - p|^2 - |a - n|^2 + \alpha, 0), \quad (1)$$

где a – anchor, p – positive, n – negative, α - гиперпараметр отступа (пороговая разница между расстояниями positive и negative). Используются квадраты евклидовых расстояний.

Для верификации подхода были также реализованы классические методы машинного обучения: LBP/SVM и GLCM/SVM. Эксперименты проводились на публичной базе данных дефектов поверхности Northeastern University (NEU), содержащей 1439 изображений шести типов дефектов.

В ходе эксперимента для объективной оценки производительности была проведена 5-кратная кросс-валидация. Предложенная модифицированная модель сиамской сети показала среднюю точность 0.8221, что значительно превысило результат LBP/SVM (0.3801) и подтвердило её конкурентоспособность с методом GLCM/SVM (0.82). Анализ метрик Precision (0.8253) и Recall (0.8221) свидетельствует о сбалансированности модели: она не только достаточно точно идентифицирует дефекты, но и пропускает мало действительных дефектов, что критически важно для систем предиктивного технического обслуживания (Таблица 1).

Таблица 1 – Сравнительные характеристики методов

Метрика	Triplet	LBP/SVM	GLCM/SVM
Accuracy	0.8221	0.3801	0.82
Precision	0.8253	0.5103	0.8425
Recall	0.8221	0.3799	0.8199

Новизна работы заключается в адаптации и экспериментальном обосновании применения метрического обучения на основе модифицированной сямской нейронной сети для задачи классификации дефектов в условиях, имитирующих реальные промышленные ограничения по данным. Показано, что данный подход позволяет эффективно извлекать семантические признаки дефектов без необходимости создания обширных размеченных датасетов, превосходя по точности классические методы, основанные на ручной генерации признаков.

Разработанная модель является перспективным инструментом для интеграции в системы предиктивного обслуживания и автоматизированного контроля качества на промышленных предприятиях. Ее применение позволит повысить надежность оборудования, снизить эксплуатационные затраты и минимизировать простои за счет раннего обнаружения дефектов.

Таким образом, подтверждена эффективность подхода на основе модифицированной сямской нейронной сети для малоразмерной визуальной инспекции дефектов стальной поверхности. В качестве направления дальнейших исследований рассматривается адаптация архитектуры для задач детектирования объектов и исследование устойчивости модели к изменяющимся условиям в реальном производственном окружении.

Литература:

1. Hütten N. et al. Deep learning for automated visual inspection in manufacturing and maintenance: a survey of open-access papers // *Applied System Innovation*. – 2024. – Т. 7., № 1. – P. 11.
2. Abdullah D. M., Abdulazeez A. M. Machine learning applications based on SVM classification a review // *Qubahan Academic Journal*. – 2021. – Т. 1., № 2. – P. 81–90.
3. Serrano N., Bellogín A. Siamese neural networks in recommendation // *Neural Computing and Applications*. – 2023. – Т. 35., № 19. – P. 13941–13953.

АНАЛИЗ И УРОВНИ ЦИФРОВИЗАЦИИ АГРАРНО-ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА В КОНТЕКСТЕ КОНЦЕПЦИИ «УМНОГО ГОРОДА» И «ЦИФРОВОЙ ФЕРМЫ»

Е. С. Терещенко

**Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, kat.teres2003@yandex.ru**

Научный руководитель: Курчеева Г. И., к.э.н., доцент

Исследование посвящено разработке модели цифровой трансформации АПК для интеграции с "умным городом". Выявлены ключевые барьеры: высокие затраты, дефицит кадров, отсутствие стандартов данных. Предложена четырехуровневая модель цифровой зрелости агропредприятий и три направления интеграции: локализация производства, цифровые цепочки стоимости, управление спросом на основе big data. Результаты применимы для государственных программ, бизнеса и образования в условиях импортозамещения.

The study develops a digital transformation model for agriculture integration with smart cities. Key barriers include high costs, staff shortage, and lack of data standards. A four-level digital maturity model for farms and three integration vectors are proposed: production localization, digital value chains, and big data-driven demand management. The results are applicable for government programs, business and education amid import substitution.

Введение

Концепция «умного города» эволюционирует в сторону создания комплексных экосистем, включающих все сектора экономики, где агропромышленный комплекс становится ключевым, но недостаточно изученным элементом. Глобальный вызов заключается в растущей урбанизации - к 2050 году доля городского населения достигнет 68% [1], а в России этот показатель уже составляет 75,3% [2], что создает беспрецедентную нагрузку на системы продовольственного снабжения. Российский АПК сталкивается с масштабными задачами, включая увеличение объема производства на 25% к 2030 году [3], что требует ускоренной цифровой трансформации в условиях старения сельского населения и климатических рисков. Мировой рынок технологий для «цифрового» АПК демонстрирует опережающий рост, достигая \$12,9 млрд к 2025 году [5], а в России объем рынка оценивается в 85 млрд рублей с прогнозируемым ростом до 115-120 млрд рублей к 2024 году [6]. «Цифровая ферма» представляет собой не просто оснащенное датчиками предприятие, а сложную киберфизическую систему, интегрирующую физические объекты с вычислительными и коммуникационными мощностями, однако процесс цифровой

трансформации в АПК остается неравномерным и требует системного осмысления.

Проблемы

Анализ современного состояния АПК показывает, что лишь 15% сельхозпредприятий активно внедряют цифровые решения, тогда как более 50% находятся на начальных стадиях цифровизации [4]. Основными барьерами интеграции в концепцию «умного города» являются высокие капитальные затраты, дефицит квалифицированных кадров, отсутствие единых отраслевых стандартов данных, недостаточное качество интернет-соединения в сельской местности и сопротивление персонала организационным изменениям. Преодоление этих проблем требует комплексного подхода.

Цель, объект исследования и гипотеза

Цель исследования: разработать модель уровней цифровой зрелости агропредприятий и оценить их интеграционный потенциал в экосистему «умного города».

Объект исследования: процесс цифровой трансформации предприятий агропромышленного комплекса.

Гипотеза исследования: цифровизация АПК происходит по уровням зрелости, где каждый последующий уровень усиливает синергетический эффект от интеграции в экосистему «умного города», способствуя решению задач продовольственной безопасности и устойчивого развития.

Результаты исследования

1. Концептуальные основы интеграции АПК и «умного города»

Интеграция АПК и «умного города» осуществляется через три направления: локализация производства с применением современных агротехнологий, создание цифровых цепочек стоимости и управление спросом на основе анализа данных. Это формирует единую экосистему, где город и АПК становятся взаимодополняющими элементами устойчивого развития.

2. Модель уровней цифровизации агропредприятия («цифровой фермы»)

На основе проведенного анализа предложена четырехуровневая модель цифровой зрелости (Таб. 1).

Уровень 1: Начальный. Характеризуется точечным внедрением цифровых инструментов. Данные собираются, но их анализ слаб, и они редко используются для стратегического планирования.

Уровень 2: Автоматизированный. Происходит автоматизация рутинных операций (полив, внесение удобрений). Данные с датчиков

используются для оперативного управления, но системы работают разрозненно.

Таблица 1. Модель уровней цифровизации «цифровой фермы»

Уровень	Название	Ключевые характеристики	Технологии
1	Начальный (Data Collection)	Фрагментарный сбор данных. Отсутствие интеграции. Решения принимаются человеком.	Отдельные датчики, GPS-трекеры, простые учетные системы.
2	Автоматизированный (Automation)	Автоматизация отдельных процессов. Локальная аналитика данных.	Системы автоматического полива и кормления, метеостанции, базовый IoT.
3	Интегрированный (Integration & Analytics)	Создание единого цифрового контура (Digital Twin). Сквозная аналитика и предиктивное моделирование.	Платформенные решения, AI/ML для прогноза урожайности и болезней, дроны, спутниковый мониторинг.
4	Когнитивный (Cognitive)	Автономное принятие решений. Самооптимизирующаяся система. Полная интеграция в экосистему «умного города».	Продвинутый ИИ, автономная техника, блокчейн для прослеживаемости, прямое взаимодействие с городскими сервисами.

Уровень 3: Интегрированный. Ключевой признак - создание «цифрового двойника» фермы, который аккумулирует данные из всех источников. На этом уровне становятся возможными предиктивная аналитика (предсказание всплеск заболеваний, оптимизация сроков сбора урожая) и эффективное управление ресурсами.

Уровень 4: Когнитивный. Ферма становится автономной экосистемой. Искусственный интеллект не только анализирует, но и

самостоятельно принимает решения, например, корректируя маршруты автономной техники в реальном времени. На этом уровне происходит полная симбиотическая интеграция с «умным городом»: данные о урожае в реальном времени поступают в логистические и ритейл-сервисы города, а городские данные (погода, спрос) используются для тонкой настройки производства.

3. Взаимодействие «Цифровой Фермы» и «Умного Города»

На интегрированном и когнитивном уровнях «цифровая ферма» становится поставщиком данных и услуг для городской экосистемы. Граждане получают доступ к экологически чистым продуктам с прослеживаемостью, администрация - инструменты мониторинга безопасности, логистические компании - оптимизацию поставок. Интеграция «цифровой фермы» в городскую инфраструктуру способствует устойчивому развитию и повышению качества жизни.

Область применения результатов

Разработанная модель уровней цифровой зрелости АПК имеет практическое значение для государственного управления, агробизнеса, научно-образовательной сферы и IT-сектора. Модель служит основой для программ цифровизации, формирования дорожных карт предприятий, разработки учебных программ и создания технологических решений

Научная новизна

Научная новизна работы заключается в разработке комплексной модели уровней цифровой зрелости агропредприятий, адаптированной к требованиям интеграции в экосистему «умного города». Впервые предложена четырехуровневая система оценки цифровой трансформации АПК, учитывающая не только технологические аспекты, но и параметры интеграции с городской инфраструктурой. Определены критерии перехода между уровнями цифровизации и обоснован синергетический эффект от интеграции «цифровых ферм» в систему «умного города».

Заключение

Цифровизация АПК представляет собой поэтапный процесс, где переход на более высокие уровни зрелости повышает эффективность и устойчивость агропроизводства. Интеграция "цифровых ферм" в экосистему "умного города" способствует решению задач продовольственной безопасности. Однако для массовой цифровизации необходимо преодоление ключевых барьеров: высоких затрат, дефицита кадров и отсутствия единых стандартов данных.

Литература

1. The State of Food and Agriculture [Electronic resource] / Food and Agriculture Organization of the United Nations. - Rome: FAO, 2023. - URL: <https://www.fao.org/interactive/state-of-food-agriculture/en/> (accessed: 09.10.2025).
2. Численность населения Российской Федерации по муниципальным образованиям на 1 января 2024 года [Электронный ресурс] / Федеральная служба государственной статистики. - М., 2024. - URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/BUL_MO_2024.xlsx (дата обращения: 10.11.2025).
3. О государственной программе Российской Федерации «Развитие сельского хозяйства» [Электронный ресурс]: постановление Правительства Рос. Федерации от 14 июля 2012 г. № 717 (ред. от 15.12.2023) // Гарант. Справочно-правовая система. - URL: <https://base.garant.ru/70210644/> (дата обращения: 10.11.2025)
4. Национальный доклад о цифровой трансформации агропромышленного комплекса Российской Федерации [Электронный ресурс] / Аналитический центр при Минсельхозе России. - М., 2023. - 96 с. - URL: <https://mcx.gov.ru/upload/iblock/28f/28f56de9c3d40234dbdcbfac94787558.pdf> (дата обращения: 10.11.2025).
5. Мировой и российский рынок точного земледелия: итоги 2021 года, прогноз до 2025 года [Электронный ресурс]: аналитический отчет / J'son & Partners Consulting. - М., 2022. - 84 с. - URL: <https://json.tv/analytic/?tag=it-po-razrabotka-integratsiya> (дата обращения: 09.11.2025).
6. Цифровая трансформация агропромышленного комплекса России: вызовы и возможности [Электронный ресурс]: аналитический доклад / Рос. акад. нар. хоз-ва и гос. службы при Президенте РФ (РАНХиГС). - М., 2023. - 112 с. - URL: <https://www.ranepa.ru/nauka/nauchnye-zhurnaly-akademii/> (дата обращения: 08.11.2025).
7. Вызовы и возможности цифровой трансформации АПК России [Электронный ресурс] / Н.В. Климовских, В.Е. Бобрышева, В.Г. Киракосян, В.В. Мороз // Экономика и бизнес. – 2023. – № 45. С. 73. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vyzovy-i-vozmozhnosti-tsifrovoy-transformatsii-apk-rossii/viewer> (дата обращения: 09.11.2025).
8. Цифровая трансформация агропромышленного комплекса / Т.И.Ашмарина, Т.В. Бирюкова, В.Т. Водяников. - Москва: Общество с ограниченной ответственностью «Мегаполис», 2022- 160 с.

9. Аграрная политика России: инвестиции и конкурентоспособность/ И.Г. Ушачев, А.Г.Папцов, А.Ф. Серков. - Москва: Общество с ограниченной ответственностью «Научный консультант», 2020. – 292 с.

10. Маринченко, Т.Е. Перспективы цифровизации АПК в России/ Т.Е. Маринченко // Наука и образование. – 2020.- Т.3. №4. -С. 56.

11. Янгиров, А.В. На пути цифровизации АПК: анализ предметной области/ А.В. Янгиров, Д.Р. Мусина // Уфимский гуманитарный научный форум. – 2021.- №2(2). – С. 75-81.

12. Пешкова, Г.Ю. Актуальные тенденции и проблемы цифровизации АПК/ Г.Ю. Пашкова, К.Ф. Федоров // Международный научно-исследовательский журнал. – 2023 - № 4-4(118). - С. 150-153.

ПЛАНИРОВАНИЕ И УЧЕТ ЗАГРУЗКИ СПЕЦИАЛИСТОВ В ИТ-КОМПАНИИ ПО SCRUM: АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ

М. А. Токмин

**Новосибирский государственный университет экономики
и управления «НИНХ», г. Новосибирск, mishatokmin@yandex.ru
Научный руководитель: Бобров Л. К., д.т.н., профессор кафедры
прикладной информатики Новосибирского
государственного университета экономики и управления «НИНХ»**

Статья посвящена процессам планирования и учета рабочей загрузки специалистов в ИТ-компаниях, использующих фреймворк SCRUM, которым необходима автоматизация.

The article is devoted to the processes of planning and accounting for the workload of specialists in IT companies using the SCRUM framework, which require automation.

Проблема эффективного планирования и точного учета рабочей загрузки специалистов в условиях гибкой методологии SCRUM является актуальной для ИТ-индустрии. Несмотря на итеративную природу SCRUM, обеспечивающую адаптивность к изменениям [1], планирование ресурсов для всех проектов часто проходит несистематизированно, приводя к перегрузкам сотрудников, неравномерному распределению работы и невозможности объективно оценить эффективность выполнения проектов. Как отмечают исследователи, в традиционном проектном управлении лишь 44% проектов завершаются в срок, а проекты в среднем занимают 222% от запланированной длительности [3], что во многом обусловлено ошибками планирования и учета.

Планирование и учет загрузки: ключевые проблемы

Проблемы управления загрузкой специалистов в SCRUM чаще всего связаны с человеческим фактором. Руководители проектов, фокусируясь на своих задачах, могут не видеть совокупную нагрузку на специалиста. Это приводит к выгоранию сотрудников, снижению качества их работы и срыву сроков. Планирование спринтов часто ведется без учета реальной доступности разработчиков и аналитиков, которые могут быть задействованы в нескольких проектах одновременно. Отсутствие единого календаря загрузки приводит к двойному бронированию человеческих ресурсов, что недопустимо.

Также, частой проблемой является несовершенство учета фактических трудозатрат. Учет времени ведется постфактум и неточно, что не позволяет построить достоверную картину о реальной занятости сотрудников. Без автоматизированного сопоставления плановых и фактических показателей невозможно определить, какие проекты были оценены оптимистично, а какие пессимистично, и выявить системные ошибки в планировании.

Автоматизированная система управления загрузкой специалистов

Если рассматривать различные программы управления проектами для решения данных проблем, то многие из них могут быть достаточно дорогостоящими, не давая экономического эффекта. Несмотря на то, что программы для управления проектами могут давать большой набор инструментов, во многих случаях эти системы требуют индивидуальной доработки или дополнительных покупок программного обеспечения [2]. В связи с этим предлагается внедрение специализированного модуля управления загрузкой, который можно интегрировать в корпоративную систему, например, на платформе 1С: ЗУП.

Данный модуль должен включать в себя следующие функции:

- централизованный календарь загрузки специалистов для распределения сотрудников по проектам с учетом их доступности и возможностью долгосрочного планирования;
- контроль перегрузки сотрудников с автоматическими предупреждениями о превышении 100% загрузки;
- отслеживание доступности ресурсов с учетом отпусков и других нерабочих периодов;
- интеграция с смежными системами документооборота и тайм-трекинга;
- отчеты для расчета экономических показателей проектов и с сравнением плановых и фактических показателей для выявления отклонений.

Таким образом, сочетание гибкости SCRUM и внедрение модуля по планированию загрузки специалистов, позволит создать прозрачную и надежную систему учета, которая легко подстраивается под конкретные нужды компании.

Заключение

Правильное планирование и учет загрузки специалистов является ключевым элементом повышения эффективности IT-компаний. Внедрение специализированного модуля в систему управления персоналом позволяет оптимизировать распределение рабочей загрузки специалистов, снизить риски выгорания специалистов, позволяет более четко оценивать результаты проектов и вносить изменения в планы. Это также помогает принимать решения о том, нанимать ли новых сотрудников или перераспределять уже имеющиеся ресурсы.

Итак, инвестиции в автоматизацию управления загрузкой окупаются за счет повышения общей производительности и устойчивости компании.

Литература:

1. Перфилов В. А. Анализ традиционных и гибких методологий управления проектами / В. А. Перфилов, В. О. Асланов, Е. Ю. Дубцова // Инженерный вестник Дона. – 2025. – № 2(122). – С. 177-187. – EDN ZIYPMN.
2. Ревенко В. Г. Автоматизация управления проектами по Scrum методологии / В. Г. Ревенко, В. Л. Розалиев, Д. С. Степанищев // Международный научно-исследовательский журнал. – 2017. – № 5-3(59). – С. 98-102. – DOI 10.23670/IRJ.2017.59.094. – EDN YOSMLZ.
3. Калинина Н. А. Усовершенствование метода критического пути для использования в программных приложениях по управлению проектной деятельностью / Н. А. Калинина, Г. Ф. Павленко // Инновации в науке. – 2017. – № 8(69). – С. 4-7. – EDN YNBYED.

АВТОМАТИЧЕСКОЕ РАСПОЗНАВАНИЕ ВИДОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

Д. А. Хаустов, С. В. Трифонова

Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, khaustovdn@vk.com, sofia.trifonova035@gmail.com

Научный руководитель: Антонянц Е. Н., ассистент

В данной статье представлена реализация системы автоматического распознавания и классификации восьми видов сельскохозяйственных культур по изображениям. Система разработана на Python с использованием библиотек TensorFlow и Keras для обучения модели свёрточной нейронной сети.

This article presents a system for automatically standardizing and classifying eight types of agricultural crops from images. The system was developed in Python using the TensorFlow and Keras libraries to train rotational neural network models.

Вследствие развивающихся технологий компьютерного зрения и машинного обучения, возникает потребность в автоматизации процессов в различных сферах, таких как сельское хозяйство и розничная торговля. Важной задачей на сегодняшний день является распознавание продуктов питания, в том числе сельскохозяйственных культур по их изображениям. Системы для автоматического распознавания сельскохозяйственных культур по изображениям могут быть интегрированы в предприятия с целью повышения точности идентификации весовых товаров, а именно сельскохозяйственных культур, имеющих визуальное сходство; анализа потребительской корзины, а также оказания помощи при составлении диетических рекомендаций.

Методы классификации, организованные на механическом извлечении признаков, в масштабах крупных предприятий могут показать себя, как недостаточно эффективные. Инновационные системы, построенные на глубоком обучении, в частности свёрточные нейронные сети (Convolutional Neural Networks, CNN), показывают высокую производительность в задачах классификации изображений, автоматически выделяя многоуровневые признаки из материалов.

Целью данной работы является разработка и обучение модели CNN для классификации изображений восьми видов сельскохозяйственных культур: фасоль, брокколи, капуста, морковь, огурец, картофель, тыква, помидор.

Для системы классификации сельскохозяйственных культур за основу была взята архитектура свёрточной нейронной сети. В реализации модели использовался фреймворк TensorFlow и API Keras.

Свёрточная нейронная сеть – нейронная сеть, в которой присутствует слой свёртки. Свёрточные нейронные сети применяются для оптического распознавания образов, классификации изображений, детектирования предметов, семантической сегментации, и других задач [2].

Архитектура модели включала 32, 64, 128 и 256 фильтров с отсеивающимися слоями для предотвращения переобучения. За свёрточными блоками последовали полносвязанные слои с 512 и 256 нейронами, также с пакетной нормализацией и исключением.

Для обучения модели был использован открытый набор данных, содержащий 1600 изображений овощных культур [1]. Набор данных был разделен на обучающий и валидационный наборы в соотношении 80/20. Все изображения были предварительно нормализованы путем деления значений пикселей на 255, чтобы поместить их в диапазон [0, 1]. Для того чтобы улучшить обобщающую способность модели, была применена расширенная аугментация данных, включая случайные вращения, горизонтальные и вертикальные повороты, масштабирование, горизонтальные и вертикальные перевороты и вариации яркости.

Модель была настроена с использованием оптимизатора Adam и функции точности. Изначально планировалось провести 50 эпох обучения, но из-за механизма ранней остановки процесс был завершён на 41-й эпохе, что обеспечило наилучшее соотношение между точностью распознавания и устойчивостью модели к переобучению. В результате была достигнута точность 98,77% на обучающей выборке, а максимальная точность на контрольной выборке составила 99,69% на 31-й эпохе.

В процессе обучения модель достигла сходимости, о чем свидетельствует график точности (Рис. 1) на обучающей и валидационной выборках.



Рис. 1 – График обучения модели: точность (ассурасу) на обучающей и валидационной выборках

Обе кривые (обучение и валидация) графика точности возрастают, достигая максимума к 31-й эпохе. Небольшой разрыв между кривыми обучения и валидации указывает на хорошую обобщающую способность модели.

Итоговая оценка качества модели на тестовой выборке представлена в таблице 1.

Таблица 1 - Оценка качества модели на тестовой выборке

Класс	Точность (Precision)	Полнота (Recall)	F1-мера	Количество объектов
Фасоль	1.000	1.000	1.000	200
Брокколи	0.900	0.990	0.990	200
Капуста	0.995	0.980	0.987	200
Морковь	1.000	1.000	1.000	200
Огурец	0.995	1.000	0.998	200
Картофель	1.000	1.000	1.000	200
Тыква	0.980	0.995	0.988	200
Помидор	1.000	0.995	0.997	200
Accuracy			0.995	1600
Macro Avg	0.995	0.995	0.995	1600
Weighted Avg	0.995	0.995	0.995	1600

Наилучшие результаты достигнуты для классов с выраженными визуальными особенностями: «Картофель», «Огурец», «Морковь», «Фасоль».

На основе обученной модели было разработано программное обеспечение для классификации видов сельскохозяйственных культур. Программа реализует модель, осуществляющую категоризацию объектов по заданным классам с высокой точностью, что демонстрируется результатами проверки, где доля верного предсказания для основного класса достигает 100% (Рисунок 2).

Таким образом, разработанная модель продемонстрировала отличные результаты в задаче классификации сельскохозяйственных культур, достигнув конечной точности в 99,5% при равномерном распределении по набору данных. Стабильная сходимость модели свидетельствует о правильном выборе структуры обучения и параметров.

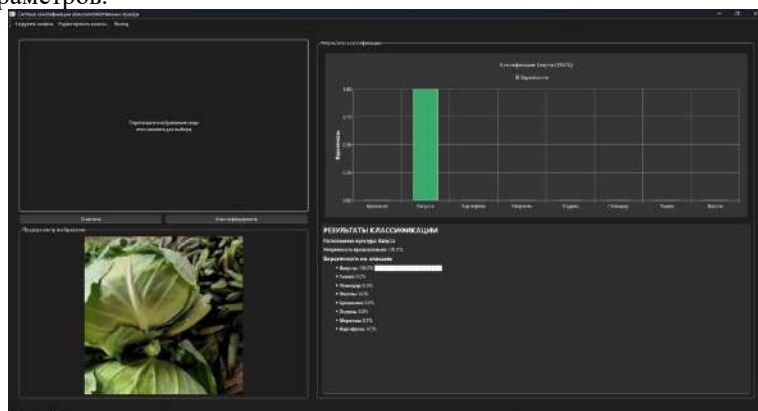


Рис. 2 – Программное обеспечение для распознавания видов сельскохозяйственных культур

Модель была сохранена в формате HDF5 («vegetable_classification_final.h5») и готова к интеграции в практические системы автоматической классификации пищевых продуктов на предприятия в сферах сельского хозяйства и розничной торговли.

Литература:

1. M. Ahmed, Vegetable Image Dataset [Электронный ресурс] / Kaggle: URL: <https://www.kaggle.com/datasets/misrakahmed/vegetable-image-dataset/data> (дата обращения: 09.11.2025).

2. Сикорский О. С. Обзор свёрточных нейронных сетей для задачи классификации изображений // Новые информационные технологии в автоматизированных системах. – 2017. – № 20. – С. 37–42.

ВЕДЕНИЕ УЧЕТА ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ НА ПОЛИГОНАХ: АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ

Б. Е. Шумейко

Новосибирский государственный университет

Экономики и управления «НИНХ»,

г. Новосибирск, b.e.shumeiko@yandex.ru

**Научный руководитель: Бобров Л. К., д.т.н., профессор кафедры
прикладной информатики Новосибирского государственного
университета экономики и управления «НИНХ»**

Статья посвящена процессам ведения учета твердых коммунальных отходов на полигоне, которым необходима автоматизация. Рассматриваются причины, по которым необходим переход от ручного и полуавтоматического управления процессами к машинному. В статье также содержатся способы автоматизации.

This article focuses on landfill solid municipal waste management processes that require automation. It examines the reasons for the need to transition from manual and semi-automated process control to automated systems. The article also discusses automation methods.

Проблема ведения учета твердых коммунальных отходов (ТКО) на полигоне является актуальной по той причине, что она лежит в основе каскада глобальных кризисов – от экологической катастрофы до систематизированных нарушений правопорядка. Отсутствие точных и достоверных данных не просто пробел в статистике, а серьезный сбой, который делает невозможным переход к экономике замкнутого круга, то есть построение эффективной стратегии переработки отходов. Наличие возможности вручную вносить и подменять данные создает почву для преступлений и коррупции, позволяя недобросовестным операторам занижать объемы, уклоняться от экологических платежей и незаконно размещать отходы повышенной опасности под видом ТКО на полигонах.

Учет ТКО: процессы и причины их автоматизации

Полигон ТКО – это специально оборудованный природоохранный комплекс для размещения и захоронения твердых коммунальных отходов, обеспечивающий изоляцию отходов для минимизации вреда

окружающей среде. Это не единственный, но основной способ обращения с отходами в России.

Чтобы сформировать итоговую годовую отчетность для Росприроднадзора, содержащую информацию по всему движению отходов на полигоне и за его пределами, необходимо получать корректные данные на вход. Список основных бизнес-процессов, для которых необходима автоматизация:

- фиксация номера транспортного средства (ТС), поставляющего отходы на полигон в журнале учета ТКО для дальнейшего деления поставщиков на две группы – региональный оператор и другие;
- определение класса опасности и код отходов по федеральному классификационному каталогу отходов (ФККО), который также фигурирует в отчетности;
- фиксация веса или кубатуры привезенных отходов – основная информация, которая необходима для анализа состояния окружающей среды для Росприроднадзора;
- движение ТКО, то есть, какие дальнейшие манипуляции были проведены с отходами, например, передача на переработку или захоронение.

Фиксация номер ТС, определение класса опасности и кода, движение ТКО – процессы, с которыми сотрудники полигона работают вручную, а фиксация веса является полуавтоматическим бизнес-процессом, при котором оператор вводит данные, полученную с весов, в систему учета ТКО. Дело не в уровне подготовки и квалификации кадров, а в человеческом факторе, который способен ошибиться.

Причины, по которым необходима автоматизация:

- оператор полигона вводит данные вручную, исходя из номера, который он увидел с камеры видеонаблюдения, установленной на уровне государственного номера машины или с паспорта транспортного средства (ПТС), то есть нет никакой автоматической или повторной проверки корректности заполненной информации, что является причиной ошибок в дальнейшем при формировании отчетности;
- определение класса опасности и кода отходов происходит исходя из визуального осмотра оператором груза, прибывшего на полигон. Например, сверху кузова ТС засыпана земля, которая определена как V класс опасности (практически неопасные), а под землей – шины, которые недопустимы для размещения на полигонах ТКО. Таким образом, визуальный осмотр при приеме отходов недостаточен для корректного определения класса опасности;

- вес – атрибут сущности в базе данных, который может быть некорректно заполнен вручную оператором (если вес с весов не передается напрямую в систему) или же может быть подвержен изменениям тем же оператором или другим сотрудником, готовящим отчетность для Росприроднадзора с целью личной выгоды, например, чтобы поставщик ТКО закрыл обязательства или годовой отчет сошелся с предполагаемыми данными.

Исходом является тот факт, что Росприроднадзор получает ложные данные, которые в дальнейшем помогают сформировать ложную стратегию по работе с отходами. Как следствие, в России 90% от числа всех отходов отправляются на полигоны и несанкционированные свалки [1], а количество мусора ежегодно увеличивается, а состояние природы продолжает ухудшаться, тем самым возможная некорректная информация в передаваемых отчетах от полигонов и региональных операторов приводит к тому, что Россия является одной из самых загрязненных стран.

Способ автоматизации

Способом автоматизации является внедрение компьютерного зрения в бизнес-процессы полигона. Компьютерное зрение (Computer Vision), а также иногда машинное зрение (Machine Vision) – научная область, занимающаяся исследованиями в области автоматической фиксации и разного рода обработки изображений (обнаружение, отслеживание, идентификация) с помощью компьютера [2]. Это помогло бы при фиксации номера, за счет чего число ошибок уменьшится. Определение класса опасности и присвоения кода ФККО должно проходить на стадии разгрузки ТКО, что позволило бы дать более корректный класс за счет большего числа просматриваемого объема мусора. Компьютерное зрение могло бы обрабатывать данные с камер, располагаемых на участках разгрузки ТС для присвоения класса опасности.

Не менее важным процессом, который должен быть полностью автоматизирован, является фиксация веса ТС нетто и брутто. То есть, необходимо проводить повторное взвешивание после разгрузки, чтобы найти массу отходов. Изменение и подмена данных сотрудниками разных ролей недопустима по той причине, что это может стать причиной махинаций с целью получения личной выгоды одной или обеих сторон бизнес-процесса.

Таким образом, Росприроднадзор получит прозрачные данные в форме ТП-2 (Отходы), в которых меньшее число ошибок, вызванных человеческим фактором [3], что позволит сформировать более объективную оценку состояния окружающей среды в России.

Заключение

Ведение учета твердых коммунальных отходов с помощью ручной работы с данными приводит к ошибочным стратегиям со стороны Росприроднадзора и пагубно влияет на состояние окружающей среды. Автоматизация основных бизнес-процессов ведения учета ТКО полигона способствовала бы более реальной оценке природы и новым механизмам над ее улучшением со стороны служб надзора. Возможно, это может привести к помощи со стороны государства предприятиям, занимающимся переработкой отходов.

Литература:

1. Шилкина С. В. Мировые тенденции управления отходами и анализ ситуации в России / С. В. Шилкина // Отходы и ресурсы. – 2020. – Т. 7, № 1. – С. 5. – DOI 10.15862/05ECOR120. – EDN ZZGXBE.
2. Горячкин Б. С. Компьютерное зрение / Б. С. Горячкин, М. А. Китов // E-Scio. – 2020. – № 9(48). – С. 317-345. – EDN EBYPIO.
3. Агаханянц П. Ф. Форма 2-ТП (отходы). Семь проблем / П. Ф. Агаханянц, В. В. Унжаков // Экология производства. – 2019. – № 3. – С. 36-41. – EDN XNEHOP.

**Секция IT – РЕШЕНИЯ И ПЕРЕДОВЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ БУДУЩЕГО (ДЛЯ СПО И ШКОЛЬНИКОВ)**

**СОЗДАНИЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ РЕЗКОГО
ИЗМЕНЕНИЯ УРОВНЯ ГАЗА В ПОМЕЩЕНИИ**

А. М. Агзаев

МАОУ Лицей №113,

г. Новосибирск, agazev13@mail.ru

**Научный руководитель: Кузюков А. Д., преподаватель ЧУДО
“САИКТ”**

В данной работе рассматривается проблема опасного присутствия углекислого газа. Разрабатывается компактное устройство для оперативного обнаружения резких скачков концентрации углекислого газа в помещениях на основе датчика MQ-135. Система использует адаптивный алгоритм анализа показателей с автоматической калибровкой и имеет индикацию через RGB-светодиод и пьезоизлучатель. Преимуществом решения является сочетание недорогих компонентов, что делает его доступным для использования в бытовых помещениях.

In this article, the problem of the dangerous presence of carbon dioxide is considered. A compact device based on the MQ-135 sensor is being developed for the rapid detection of sudden spikes in indoor carbon dioxide concentrations. The system uses an adaptive algorithm for analyzing indicators with automatic calibration and is indicated via an RGB LED and a piezo emitter. The advantage of the solution is the combination of inexpensive components, which makes it affordable for indoor use.

До сегодняшних дней остается актуальной проблема опасного взаимодействия с углекислым газом. Из-за отсутствия у него запаха его сложно обнаружить, а при взаимодействии человека с его большим количеством - вызывает гиперкапнию (отравление углекислым газом). При острой гиперкапнии возникает головная боль, потеря сознания, и в конечном итоге - смерть. Углекислый газ легко встретить в повседневной жизни, например, при гниении органики (овощей как пример) выделяется углекислый газ и потребляется кислород. Мой проект направлен на помощь в обнаружении газа и предупреждения пользователя.

Существующие решения представляют собой стационарные устройства и получение пользователем информации происходит непосредственно через экран, что является удобным для использования в жилом помещении, но никак не в критически опасных условиях.

Профессиональные приборы же точны в своих показаниях, но и цена за качество соответствующая.

Следует отметить, что несмотря на малый диапазон измерения дешевых датчиков, ими можно реагировать на резкое изменение показаний. Т.е. датчик может всего-навсего улавливать аномально быстрое изменение показаний от нормальных до максимальных и на основании этого бить тревогу.

Выбор дешевых датчиков критически мал, и датчик MQ-135 является лучшим решением, так как он сочетает в себе низкую цену и относительно неплохой диапазон измерений.

Датчики температуры и влажности же в свою очередь разнообразны. Я выбрал DHT22, так как серия датчиков DHT пользуется большим спросом и дает близкие значения показаний при сравнительно небольшой цене.

Мозгом всего устройства я выбрал arduino nано, которая за свою ничтожную цену имеет малые габариты и приемлемую производительность. Arduino работает на напряжении в 5V, что облегчает работу с энергозатратным датчиком MQ-135. Схема подключения датчиков к плате представлена на рисунке 1.

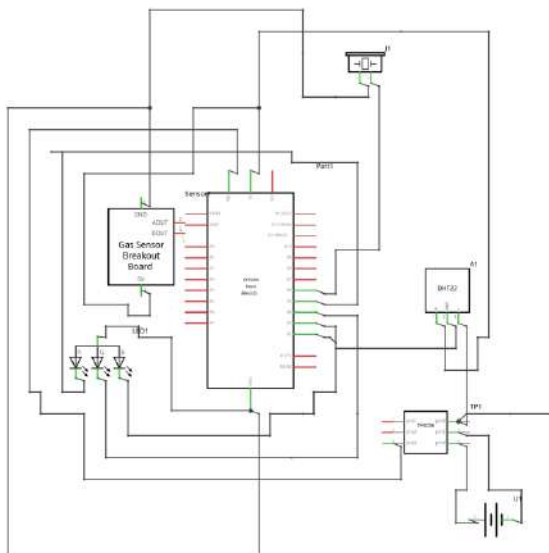


Рис 1. – Схема подключения

Программа представляет собой систему для обнаружения внезапных и значительных изменений концентрации газов в воздухе с использованием датчика MQ-135. Основная задача системы заключается не в точном измерении концентрации, а в выявлении резких скачков показателей от нормального уровня до критического.

Система отслеживает динамику изменения показаний газового датчика, используя адаптивный алгоритм анализа. Программа вычисляет базовый уровень концентрации на основе усредненных данных, что позволяет адаптироваться к различным условиям окружающей среды. Основным параметром детектирования аномалий является скорость нарастания концентрации, которая рассчитывается как производная от изменения показаний во времени. Дополнительно анализируется величина отклонения от скользящего среднего значения и продолжительность аномального сигнала для исключения ложных срабатываний. Визуализация состояния системы реализована с помощью RGB-светодиода, который отражает различные режимы работы. В нормальном режиме, когда концентрация газов стабильна и близка к базовому уровню, светодиод излучает спокойный зеленый цвет. При выявлении резкого нарастания концентрации, светодиод переключается на интенсивный красный цвет с возможностью мигания и включения пьезоизлучателя для привлечения внимания. Дополнительно реализован желтый режим индикации, который активируется при обнаружении подозрительных тенденций, требующих повышенного внимания, но еще не достигших критического уровня. Система включает механизм автоматической калибровки базового уровня, который периодически пересчитывается на основе последних данных измерений. Это позволяет программе адаптироваться к медленным сезонным изменениям фоновой концентрации газов.

Для реализации программы использовались две библиотеки: «MQUnifiedsensor» и «DHT». Обе библиотеки являются универсальными для всех видов датчиков типа MQ и DHT соответственно.

MQUnifiedsensor дает гибкую настройку с коррекцией на основе внешних факторов. Она значительно упрощает создание систем мониторинга воздуха, скрывая сложные математические расчеты и предлагая готовые калибровочные кривые для различных типов газов.

Библиотека DHT предоставляет простой интерфейс для чтения показаний температуры и влажности с датчиков типа, возвращая готовые значения в градусах Цельсия и процентах влажности. Она автоматически обрабатывает низкоуровневый протокол обмена

данными, что делает работу с этими датчиками максимально прямолинейным.

Литература:

1. MQ-135 Air Quality Sensor [Electronic resource] // URL: <https://github.com/Bobbo117/MQ135-Air-Quality-Sensor/tree/main?tab=readme-ov-file> (accessed 10.11.2025).
2. Vandana Kalra, Chaitanya Baweja, Dr. Simmarpreet, Supriya Chopra. Influence of Temperature and Humidity on the Output Resistance Ratio of the MQ-135 Sensor [Electronic resource] // URL: https://www.researchgate.net/publication/328875972_Influence_of_Temperature_and_Humidity_on_the_Output_Resistance_Ratio_of_the_MQ-135_Sensor (accessed 10.11.2025).
3. Kizhakkumbadan Sukhdev, Peringot Harinarayanan, Ulayil Sajesh Kumar, Padiillam Baburaj A Simplified Model for Calculating the Dependence of Ambient Temperature and Relative Humidity on Commercial Metal Oxide Chemiresistive Gas Sensors [Electronic resource] // URL: https://sensors.myu-group.co.jp/sm_pdf/SM3049.pdf (accessed 11.11.2025).
4. Zhengzhou Winsen Electronics Technology Co., Ltd Air Quality Gas Sensor Manual [Electronic resource] // URL: [https://www.winsen-sensor.com/d/files/PDF/Semiconductor%20Gas%20Sensor/MQ135%20\(Ver1.4\)%20-%20Manual.pdf](https://www.winsen-sensor.com/d/files/PDF/Semiconductor%20Gas%20Sensor/MQ135%20(Ver1.4)%20-%20Manual.pdf) (accessed 11.11.2025).

АВТОМАТИЗАЦИЯ ФИНАНСОВОГО АНАЛИЗА БУХГАЛТЕРСКОГО БАЛАНСА

Д. А. Дратова, М. Ю. Черных

**Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, alaeva@corp.nstu.ru**

Научный руководитель: Алаева Н. С., преп. в.кв.к.

В статье описывается программное обеспечение для расчета финансовых показателей деятельности предприятия на основе данных бухгалтерского баланса.

The article describes software for calculating financial performance indicators of an enterprise based on balance sheet data.

Финансовый анализ хозяйственной деятельности является одним из существенных элементов менеджмента любого предприятия, поскольку служит реальным средством не только для выявления резервов и

обоснования бизнес-планов, но и для результативного контроля за их выполнением с целью получения прибыли [1].

Основным источником информации для проведения финансового состояния предприятия является его бухгалтерская отчетность, которая представляет собой отчетные формы, показатели и пояснительные материалы к ним и в которых отражаются результаты хозяйственной деятельности предприятия. В настоящее время все предприятия обязаны выкладывать свою бухгалтерскую отчетность на сайте bo.nalog.gov.ru, к которому любой заинтересованный пользователь имеет свободный доступ. Данные отчетности можно скачать в формате Word или Excel.

Основная информация для финансового анализа содержится в 2-х формах бухгалтерской отчетности – «Бухгалтерский баланс» и «Отчет о финансовых результатах». Для разработки программного обеспечения для финансового анализа данных бухгалтерской отчетности были выбраны показатели [2,3], представленные на рисунке 1.

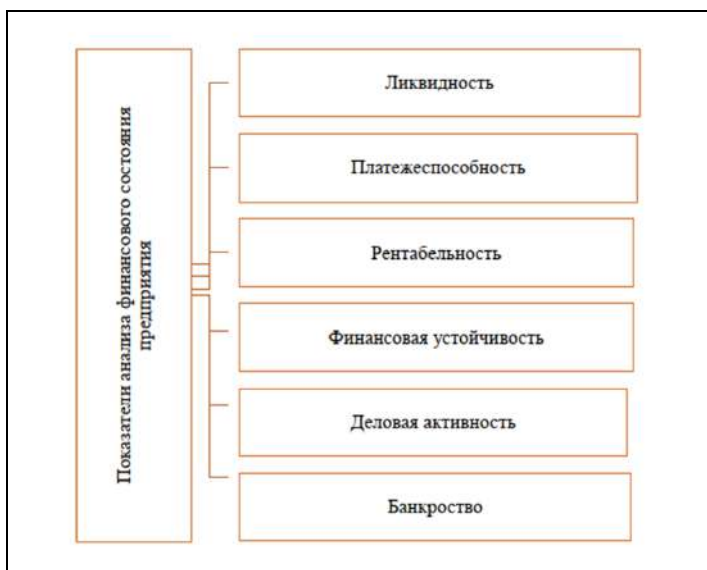
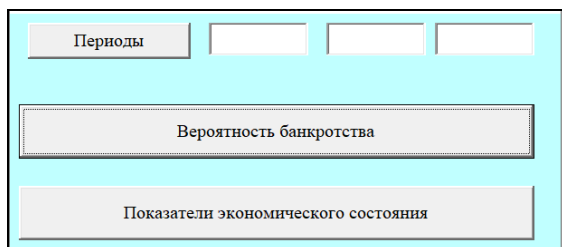


Рис.1. – Показатели финансового состояния предприятия

Для их обработки было создано программное обеспечение, которое позволяет выполнить все необходимые расчеты и представить результаты в удобной для пользователя-непрограммиста форме. На

рисунках 2-5 представлены формы, с помощью которых ведется диалог с пользователем.



The form has a light blue background and a black border. It contains three main sections: a top section with a button labeled 'Периоды' followed by three empty input boxes; a middle section with a button labeled 'Вероятность банкротства'; and a bottom section with a button labeled 'Показатели экономического состояния'.

Рис.2. – Форма для запуска ПО для анализа данных



The form is titled 'Показатели экономического состояния предприятия' with a close button (X) in the top right corner. It has a light blue background and a black border. It contains five buttons stacked vertically: 'Платежеспособность', 'Ликвидность', 'Финансовая устойчивость', 'Деловая активность', and 'Анализ доходности предприятия'.

Рис.3. – Форма для выбора показателей для анализа

Показатель	Входное поле 1	Входное поле 2	Входное поле 3
Рентабельность активов			
Рентабельность оборотных активов			
Рентабельность инвестиций			
Рентабельность собственного капитала			
Рентабельность рекламной продукции			

Рис.4. – Форма с демонстрацией значений показателей рентабельности

Модель	Входное поле 1	Входное поле 2	Входное поле 3
Модель Лиса			
Модель Таффлера			
Модель Спингейта			

Рис.5. – Форма с демонстрацией значений показателей возможного банкротства предприятия

Программное обеспечение создано с использованием табличного процессора Excel и языка программирования Visual Basic for Application. При разработке использованы дипломные работы студентов-выпускников прошлых лет – Бакалдиной А.Б., Тимофеева А.П., Тимофеевой М.В. [4]. Программный комплекс был апробирован на данных ПАО Газпром.

Литература:

1. Тюленева Н. А. и др. Финансовый анализ в схемах, рисунках и таблицах: учебное пособие: для студентов бакалавриата и магистратуры, обучающихся по направлению «Экономика». 2022 – 121 с.
2. Горфинкель Я. В. Экономика предприятия: учебник для вузов / под ред. проф. В.Я. Горфинкеля. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2017. – 663 с.
3. Брижак А. С. Современные методы оценки вероятности банкротства коммерческих организаций // Электронный научный журнал «Вектор экономики». – 2020. – Т. 3.

4. Тимофеева М. В. Разработка инструментальных средств для автоматизации финансового анализа деятельности предприятия по данным бухгалтерского баланса – «Дни науки НГТУ-2015», С. 100.

СОЗДАНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ-СИМУЛЯТОРА ДИСПЕТЧЕРА 112 С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ LLM

М. М. Шелинговский

**Сибирская академия инновационных и компьютерных технологий,
г. Новосибирск, Shelingovskiiimax@gmail.com**

**Научный руководитель: Кузюков А. Д., преподаватель ЧУДО
«САИКТ» МБОУ СОШ №29**

Разработано приложение-симулятор диспетчера 112 для отработки навыков действий в ЧС с использованием технологий искусственного интеллекта. Продукт сделан на игровом движке Unity с интеграцией русскоязычной большой языковой модели saiga-llama3_8b_Q6_k через платформу для запуска LLM Ollama. Ключевой особенностью является система оценки действий пользователя по 3-балльной шкале с генерацией описания последствий от ИИ. Приложение позволяет отрабатывать навыки принятия решений в стрессовых ситуациях в виртуальной среде.

An application simulator of a 112 dispatcher has been developed to practice emergency response skills using artificial intelligence technologies. The product is built on the Unity game engine with integration of the Russian-language large language model saiga-llama3_8b_Q6_k through the Ollama platform for running LLMs. The key feature is a system for evaluating user actions on a 3-point scale with AI-generated descriptions of consequences. The application allows practicing decision-making skills in stressful situations within a virtual environment.

В современном мире жизненно необходимы практические навыки действий в чрезвычайных ситуациях. Однако существующие уроки обучения, такие как школьный курс ОБЖ, часто представляют собой теоретическую подготовку, что недостаточно для формирования навыка, который применяется в стрессовых ситуациях.

Существующие подходы обучения, такие как книги, конспекты, фильмы обеспечивают только передачу знаний на теории. Теоретических знаний в реальных условиях может оказаться недостаточно. Необходимы именно практические знания.

Проанализировав существующие решения, стало понятно, что готовые продукты, как «112 Operator» [1] и «ДИСПЕТЧЕР112.COM» [2] пускай и затрагивают тему работы диспетчера 112, но имеют ограничение - использование готового перечня действий. Пользователь

не сам формулирует команды, а только лишь выбирает из заготовленного автором выбора команд. Данный подход не развивает важный навык - анализ ситуации и самостоятельное принятие решений.

Для решения данной проблемы предлагается интерактивный подход с использованием большой языковой модели (LLM). Для взаимодействия пользователя и нейросетью разработан интерфейс на Unity. Преимущества такого подхода:

Формулирование команд на своём языке.

Балльной оценки действий пользователя искусственным интеллектом.

Получение от нейронной сети подробное описание с места происшествий.

Подход в использовании LLM в будущем поможет реализовать генерирование сценариев самой нейронной сетью (на данном этапе мной заготовлено 10 ситуаций, опираясь на них пользователь даёт команды, а искусственный интеллект анализирует, даёт ответ и оценивает результат).

Для реализации были выбраны 3 ключевых инструмента: игровой движок, платформу для локального запуска LLM и саму языковую модель.

Игровой движок: Unity (выбран, так как он обеспечивает быструю разработку интерфейсов любой сложности и связку с Ollama).

(Платформа для запуска LLM: Ollama (выбрана, потому что данная платформа идеально подходит для задачи локального запуска больших языковых моделей)

Языковая модель: saiga-llama3_8b_Q6_k [3] (выбрана, потому что данная модель оптимизирована для работы с русским языком)

Для работы с LLM, чтобы модель понимала свою роль и отвечала в соответствии с ней, необходимо задать ей системный промт с описанием роли, задачи, структуры ответа, ситуаций и правил. Для модели был разработан следующий системный промт (сокращённый):

«Ты — AI-ассистент в симуляторе диспетчера службы 112. Ты анализируешь ответы оператора на ситуацию. Твоя задача определить правильность ответа, написать последствия, в зависимости от правильности ответа. Пиши строго 2-3 предложения, не больше. Оцени по 3-балльной шкале. Отвечай ТОЛЬКО на РУССКОМ языке.

Формат: ВЕРДИКТ: [ВЕРНО/ОШИБКА]. ОЦЕНКА: [1/2/3]. ПОСЛЕДСТВИЯ: [подробное описание с места происшествия]. Считай количество слов, которое будет в команде, ведь это критерий оценивания.»

Системный промпт даёт задачу модели анализировать текстовые команды оператора, проверять их на правильность действий, логику и полноту. Затем LLM генерирует краткий (2-3 предложения), ответ, который имеет строгую структуру и описывает последствия действий пользователя.

Приложение-симулятор диспетчера 112 представляет собой сцену, на которой расположены 4 элемента:

- Текст ситуации - случайный выбор из 10 заранее подготовленных сценариев ЧС (ДТП, пожар, драка и др.)
- Поле ввода команды - для свободного формулирования команд пользователем.
- Кнопка отправки - после нажатия на неё команда из поля ввода отправляется на анализ самой LLM.
- Ответ нейросети - структурированный ответ в виде вердикта (ВЕРНО/ОШИБКА), оценки (1/2/3) и описанием последствий (подробное описание с места происшествия).

Система оценки:

1 балл - даётся в случае ошибки в действиях, бездействия. В этом случае пользователю предлагается попробовать ещё раз.

2 балла - даются в случае правильных действий, но недостаточно подробно расписаны.

3 балла - даются в случае идеального ответа, в этом случае из списка выбирается новый сценарий и процесс продолжается.

Вывод: разработанное решение показывает новый подход к обучению действиям в ЧС. Результат доказал, что связка Unity и LLM - достаточно эффективное решение для такого рода задач. Работа над проектом продолжается в направлении:

- Дизайна
- Расширения сценариев
- Улучшения системного промта

Данный проект наглядно демонстрирует, как даже небольшое приложение, используя современные технологии помогает решить большую проблему - подготовка людей к действиям в чрезвычайных ситуациях

Литература:

1. 112 Operator [Электронный ресурс] // Steam [Официальный магазин]. — URL: https://store.steampowered.com/app/793460/112_Operator/ (дата обращения: 23.11.2025).

2. Официальный сайт игры «Диспетчер 112» // [Электронный ресурс]. – URL: https://www.dispatcher-112.com/users/sign_up (дата обращения: 23.11.2025).

3. Модель Saiga Llama 3 8B на Hugging Face // [Электронный ресурс]. – URL: https://huggingface.co/QuantFactory/saiga_llama3_8b-GGUF (дата обращения: 16.11.2025).

РАЗРАБОТКА ИНТЕРАКТИВНОГО ТРЕНАЖЕРА ПО ВЕБ-БЕЗОПАСНОСТИ ДЛЯ НАЧИНАЮЩИХ

В. Д. Огнерубов

МБОУ СОШ №5 г. Искитима, г. Искитим, petapetkin82@gmail.com

**Научный руководитель: Кузюков А.Д., преподаватель ЧУДО
«САИКТ»**

Разработан интерактивный веб-тренажер с процедурной генерацией уникальных заданий для обучения основам веб-безопасности. В отличие от существующих решений, тренажер создает индивидуальные учебные среды со случайной структурой БД для каждой сессии, исключая заучивание ответов. Реализованы сценарии SQLi и XSS на Python/Flask/SQLite. Проект восполняет дефицит русскоязычных образовательных инструментов для начинающих.

An interactive web simulator with procedural generation of unique tasks has been developed for teaching the basics of web security. Unlike existing solutions, the simulator creates individual learning environments with a random database structure for each session, preventing rote memorization of answers. SQLi and XSS attack scenarios have been implemented using Python/Flask/SQLite. The project addresses the lack of Russian-language educational tools for beginners.

В мире, где цифровые технологии становятся частью буквально каждой сферы жизни, вопрос информационной безопасности выходит на первый план. Особенно уязвимыми оказываются веб-приложения — основа современных образовательных платформ. Неудивительно, что они всё чаще становятся целью кибератак. По данным Positive Technologies, более 70% утечек данных происходит из-за взлома веб-ресурсов [1].

Из-за этого растет потребность в квалифицированных специалистах по безопасности. Однако между тем, чему учат в теории, и тем, что происходит на практике, всё ещё остаётся заметный разрыв.

Несмотря на обилие теоретических материалов (книги, конспекты, лекции), у начинающих специалистов и школьников возникает проблема с приобретением практических навыков. Существующие зарубежные платформы (HackTheBox, WebGoat [2, 3]) имеют высокий порог входа,

не локализованы и зачастую требуют сложной настройки окружения, что является непреодолимым барьером для новичков.

Анализ способов донесения информации показывает, что активная практика более эффективна для формирования навыков, чем пассивное потребление (чтение, просмотр). В метаанализе Freeman et al. (2014) показано, что активное обучение увеличивает успеваемость студентов в естественнонаучных и технических дисциплинах в среднем на 6% и снижает процент неудач на 31% [4]. Поэтому данный подход и был положен в основу разрабатываемого тренажера.

В качестве основных учебных векторов атак были выбраны SQL-инъекция (SQLi) и межсайтовый скриптинг (XSS), стабильно входящие в топ уязвимостей OWASP Top 10 [1]. Реализованы сценарии, эмулирующие уязвимые формы поиска, входа в систему и отзывать, позволяющие на практике изучить принципы атак типа SQLi, Stored/Reflected XSS.

Главная особенность проекта — это процедурная генерация уникальных учебных сред и заданий. Для каждой новой сессии создается отдельная изолированная база данных SQLite, где случайным образом формируются названия таблиц, полей и сами данные. Задания тоже подбираются случайно из набора шаблонов — например, «найди пароль пользователя X».

Благодаря такому подходу студент не может просто выучить готовые ответы: каждое задание получается неповторимым. Это делает обучение более практичным и максимально приближенным к реальным условиям работы специалиста по безопасности.

Выбранный стек технологий Python + Flask + SQLite. Их выбор обоснован следующими факторами: Python и Flask обеспечивают высокую скорость разработки и возможности моделирования уязвимостей [5], а SQLite позволяет реализовать механизм изолированных случайных сессионных баз данных без необходимости развертывания сложной серверной БД [6]. Такой стек позволяет эффективно создать прототип тренажера с уязвимостями.

В ходе работы было разработано веб-приложение, включающее backend на Flask, механизм генерации БД, набор шаблонов заданий и пользовательский интерфейс на HTML/CSS/JS. Интерфейс представляет собой карточки заданий с описанием. Сами задания имеют интерфейс настоящих страниц, поля для ввода полезных нагрузок (payload), отображение сгенерированного SQL-запроса (для обучения) и механизм проверки решений через ввод флага.

На данный момент реализованы и отлажены базовые сценарии SQLi и XSS. Проведено первичное функциональное тестирование, которое

подтвердило корректную работу генерации базы данных, уязвимых форм и механизма проверки решений. Прототип уже готов к пилотному использованию — в первую очередь, чтобы оценить удобство интерфейса и подобрать оптимальный уровень сложности заданий.

Таким образом, в рамках проекта удалось решить актуальную задачу — создать доступный и эффективный инструмент для начального практического обучения веб-безопасности. Разработанный тренажер, основанный на интерактивности и процедурной генерации, даёт учащимся возможность безопасно отрабатывать навыки поиска и эксплуатации распространённых уязвимостей. В дальнейшем планируется расширить набор поддерживаемых типов уязвимостей и добавить систему отслеживания прогресса, чтобы обучение стало еще более структурированным и гибким.

Литература:

1. OWASP Top Ten - OWASP Foundation [Electronic resource]. – URL: <https://owasp.org/www-project-top-ten/> (accessed: 01.10.2025)
2. WebGoat - OWASP Foundation [Electronic resource]. – URL: <https://owasp.org/www-project-webgoat/> (accessed: 03.10.2025)
3. TryHackMe [Electronic resource]. – URL: <https://tryhackme.com/> (accessed: 03.10.2025)
4. Freeman S. et al. Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics // Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2014.
5. Документация Flask [Электронный ресурс]. – URL: <https://flask.palletsprojects.com/en/stable/> (дата обращения: 05.10.2025)
6. Документация SQLite [электронный ресурс]. – URL: <https://www.sqlite.org/> (дата обращения: 05.10.2025).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИГРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ЭЛЕКТРОННЫХ УЧЕБНЫХ МАТЕРИАЛОВ

П. В. Березкин, З. В. Мишуров

**Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, alaeva@corp.nstu.ru**

Научный руководитель: Алаева Н. С., преп. в. кв. к.

В статье рассматривается классификация и использование игровых технологий при разработке электронных учебных материалов для изучения экономики организации.

The article discusses the classification and use of gaming technologies in the development of electronic educational materials for studying enterprise economics.

Игровые технологии в учебном процессе — это подход, который использует игровые элементы и методики для повышения мотивации учащихся, их вовлеченности в учебный процесс и эффективности обучения [1].

Основные направления использования игровых технологий [2]:

- Геймификация: добавление баллов, уровней, таблиц лидеров, квестов и др. в обычные учебные задачи.
- Сетевые образовательные игры.
- Симуляторы и обучающие игры: реалистичные модели процессов (биология, физика, экономика, инженерия) для практической отработки навыков.

Одно из направлений — использование игровых ситуаций при разработке электронных учебных материалов [3].

В данной статье рассмотрены возможности внедрения игровых технологий при разработке отдельных компонент электронного учебника (ЭУ) по экономике организации. Общая структура учебника представлена на рисунке 1, одна из страниц учебника — на рисунке 2.



Рис. 1. – Структура электронного учебника

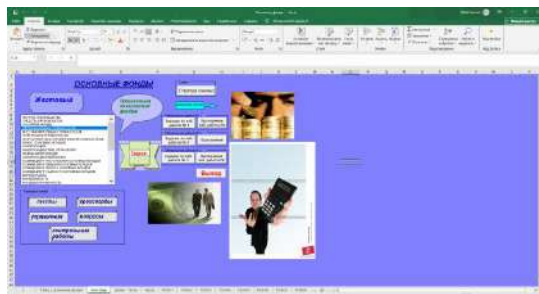


Рис. 2. – Пример страницы электронного учебника

Игровые компоненты встроены в ЭУ при разработке блока контролирующих материалов и представлены в виде кроссвордов, занимательных тестов и вопросов, а также экономических игр. Примеры кроссвордов и тестов представлены на рисунках 3 и 4.



Рис. 3. – Пример тестов по теме

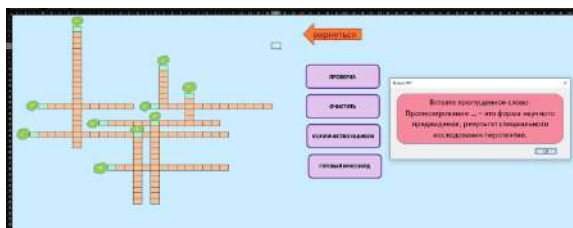


Рис. 4. – Пример кроссворда

Для разработки ЭУ, включая тесты, кроссворды, демонстрационные ролики и др. использованы средства электронной таблицы Excel и язык программирования Visual Basic for Application, встроенный в пакет

Microsoft Office и существенно расширяющий его инструментальные возможности.

Электронная таблица Excel предоставляет уникальные возможности для имитации реальных экономических ситуаций на ПК. Игровые варианты таких задач рассмотрены в работе Мунтян А.В., Оконниковой И.М. и др. [4]. Занимательные варианты решения бухгалтерских проблем также довольно активно рассматриваются в литературе [5].

В рамках работы над ЭУ по экономике организации были подготовлены и встроены в электронный учебник две экономические игры – «Бизнес-симулятор» и «Судьба предпринимателя».

При использовании игры «Бизнес-симулятор» студенту предлагается выбирать различные экономические стратегии в области улучшения качества продукта, логистики, рекламы и др. При правильном экономическом выборе предприниматель может получить годовой доход в размере 400000 р. Начальная страница игры представлена на рисунке 5.

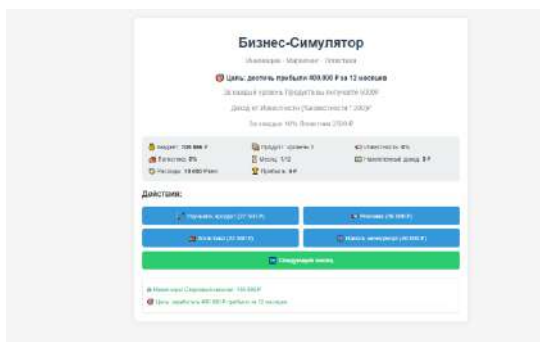


Рис. 5. – Страница игры «Бизнес-симулятор»

При разработке игры «Бизнес-симулятор» были использованы инструментальные средства и технологии веб-программирования – язык разметки веб-страниц HTML (HyperText Markup Language) и каскадные таблицы стилей CSS (Cascading Style Sheets), с использованием которых задается стиль, внешний вид и оформление элементов на веб-странице. Были добавлены также интерактивные элементы, формы обратной связи, слайдеры, анимации и другие функциональные возможности веб-сайта с использованием языка программирования JavaScript. Анализ результатов принятия решений участником компьютерной игры также выполняется средствами JavaScript.

Игра «Судьба предпринимателя» выполнена с использованием визуальной платформы Scratch, которая позволяет создавать игры, анимации и интерактивные истории с помощью блочного программирования, где код собирается из цветных блоков без необходимости писать текст вручную. Она поддерживает работу с графикой, звуком и видео, а также интеграцию с робототехникой. Начальная страница игры представлена на рисунке 6.



Рис.6. – Страница игры «Судьба предпринимателя»

При правильной стратегии поведения предприниматель может достичь больших успехов и превратиться в преуспевающего бизнесмена, в иной ситуации участь его печальна.

Таким образом, практика подтверждает, что введение в учебный процесс подготовки специалиста игровых и занимательных элементов обеспечивает:

- активизацию всех познавательных процессов, включая теоретическое и логическое понятийное мышление;
- формирование необходимых профессиональных качеств в игровой и непринужденной форме;
- имитацию реальных производственных ситуаций.

Литература:

1. Алиева М. К. Применение цифровых образовательных игр в учебном процессе / М. К. Алиева // Молодой ученый. – 2024. – № 13(512). – С. 205-207.
2. Воронкова О. Б. Информационные технологии в образовании. Интерактивные методы / О. Б. Воронкова. — М.: Феникс, 2019.

3. Алаева Н. С. Игровые ситуации в обучении инвалидов по слуху / Н. С. Алаева, Т. В. Андрюшина // Техничко-экономическое образование в XXI веке: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. - Новосибирск: Изд-во НГПУ, 2009. - С. 175-184
4. Мунтян А. В., Оконникова И. М., Мунтян М. Г., Мерзляков А. С. Увлекательно об экономике. - Ижевск, 1992.
5. Каморджанова Н. А. Бухгалтерский учет: вопросы, тесты, игры: Учеб. Пособие. - М.: Финансы и статистика, 1999.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АНАЛИЗА КАВИТАЦИОННЫХ ПУЗЫРЬКОВ НА ОСНОВЕ СЕМАНТИЧЕСКОЙ СЕГМЕНТАЦИИ, ДЕТЕКЦИИ И ГИБРИДНОЙ КЛАССИФИКАЦИИ

Д. О. Чехлов, К. А. Холин

МАОУ Лицей № 22 «Надежда Сибири»

г. Новосибирск, dimazoll801@gmail.com

**Научный руководитель: Заозернов В. А., лаборант кафедры АСУ
НГТУ**

Представлен метод автоматизированного анализа кавитационных пузырьков по видеопотоку. Разработанная система извлекает признаки пузырьков, определяет их геометрию и формирует интегральный индикатор опасности.

An automated method for analyzing cavitation bubbles in video streams is presented. The developed system extracts bubble features, determines their geometry, and generates an integral hazard indicator.

Кавитация вызывает эрозию гидравлических элементов, снижение эффективности насосов и аварийные остановки [1]. Раннее обнаружение пузырьков позволяет снизить их негативное воздействие, но сложна в реализации, поскольку начальная стадия кавитации визуально слабо заметна.

В большинстве промышленных случаев оператор контролирует состояние субъективно, а акустические методы теряют эффективность при шуме. Целью исследования было создание метода, автоматически фиксирующего начало образования кавитационных пузырей, анализируя их форму. Дальнейшая обработка становится более доступной и предоставляет возможность дать чёткий сигнал о начале кавитации.

Использовались два набора данных с изображениями кавитационных пузырей и масками для семантической сегментации [2]. Было

выполнено распределение изображений по типам и датасетам, визуализация примеров исходных изображений и бинарных масок, сравнение train/valid/test разбиений, анализ геометрии пузырей на изображениях (Рисунок 1).

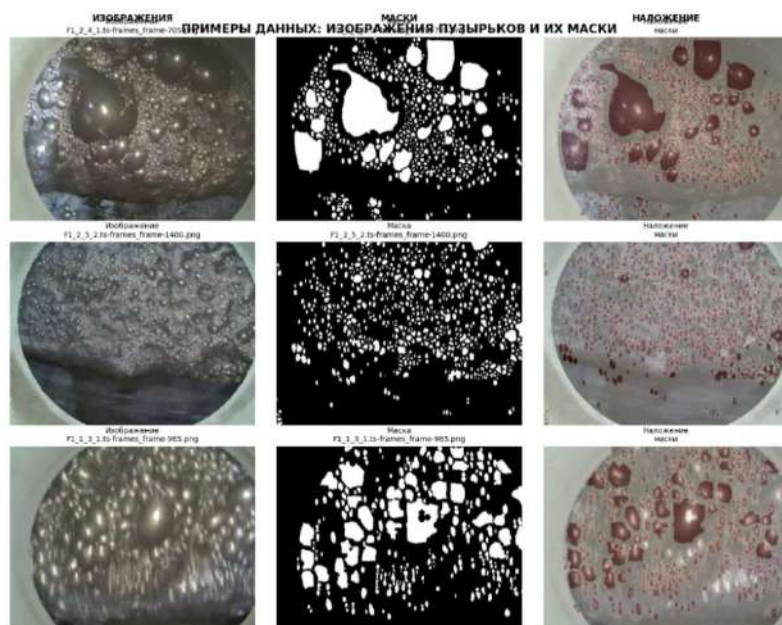


Рис. 1. — Пример фото с наложением маски

Сегментация используется для выделения формы пузырька и получения его геометрических параметров: площадь, контур (сама маска), степень деформации, относительный размер [3].

Эти признаки являются основой для определения стадии кавитации и сегментации самих пузырьков.

Из изображений пузырей извлекались CNN-признаки. Модель работала в режиме feature extractor:

- 1) из изображений получают сверточные слои.
- 2) из выхода последнего слоя выходит вектор признаков фиксированной длины.
- 3) далее признаки передаются в классический классификатор [4].

Для классификации стадий кавитации применён метод SVM с вероятностным выводом.

Алгоритм состоит из обучения SVM на CNN-признаках train-выборки, вычисления вероятностей принадлежности к классам, использования калиброванных вероятностных метрик.

Преимуществом данного метода является то, что SVM даёт стабильную классификацию, особенно при небольшом количестве обучающих примеров (поэтому была использована лишь часть от всего датасета) [5].

Также было проведено сравнение различных классификаторов, представленное в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительный анализ классификаторов

	precision	recall	F1-score	Accuracy
Random Forest	0.88	0.86	0.87	0.8
Gradient Boosting	0.89	0.85	0.87	0.79
SVM	0.92	0.82	0.86	0.78
Ensemble	0.9	0.83	0.87	0.8

Для локализации пузырьков на изображениях реализован облегчённый YOLO-подобный детектор [2]. Он возвращает: координаты bounding box, уверенность детекции, вероятность наличия характерного пузыря.

Детектор фиксирует даже мелкие зарождающиеся пузырьки, что важно для раннего предупреждения (Рисунок 2).

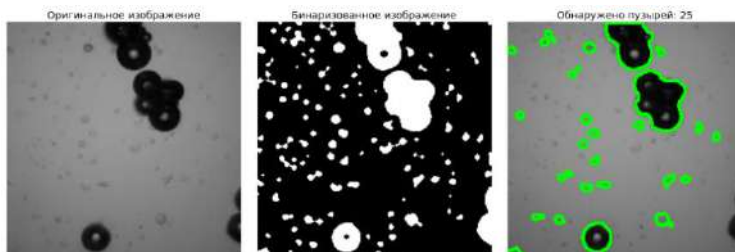


Рис. 2. Пример наложения маски

Таким образом, были объединены два источника информации:

1. вероятности SVM (CNN-признаки формы пузыря).
2. вероятности YOLO-детектора (появление и локализация).

Такой подход повышает устойчивость и снижает количество ложных тревог:

1. YOLO используется для детекции начало образования пузырей.
2. SVM классифицирует их состояние.
3. гибридная модель стабилизирует вывод [3].

Также была реализована улучшенная схема классификации, позволяющая превзойти точность 75% без перебора гиперпараметров. Главные улучшения стали: нормализация признаков, оптимизация слоёв CNN, корректная балансировка классов, использование отобранных CNN-признаков [4].

Система выполняет последовательность из четырех основных стадий. На первом этапе выполняется сегментация изображения с целью выделения контуров пузырьков. Далее осуществляется их детекция для фиксации момента зарождения. На третьей стадии извлекаются признаки с использованием сверточной нейронной сети (CNN), которые затем классифицируются с помощью метода опорных векторов (SVM). Финальный этап предполагает агрегацию всех частных результатов для формирования интегральной оценки риска кавитации [1].

Таким образом, был разработан метод анализа кавитационных пузырей, позволяющий автоматически фиксировать появление и развитие кавитации. Использование гибридной модели (YOLO + CNN-SVM) обеспечивает высокую точность классификации и устойчивость к шумам [3]. Подход подходит для внедрения в системы мониторинга гидравлических агрегатов, где требуется простой и надёжный индикатор начала кавитации [1].

Литература:

1. Кубасов И. А., Лекарь Л. А. Проектирование системы автоматического мониторинга подвижных территориально разнесенных объектов // Надежность и качество сложных систем. – 2025. – № 2 (50). – С. 5–14.
2. Корчагин В. Д. Анализ современных SOTA-архитектур искусственных нейронных сетей для решения задач классификации изображений и детекции объектов // Программные системы и вычислительные методы. – 2023. – № 4. – С. 73–87.
3. Гушанский С. М., Буглов В. Е. Разработка гибридной нейросети для классификации изображений // Инженерный вестник Дона. – 2023. – № 1 (97). – С. 174–186.
4. Маркеев М. В. Методика идентификации объектов по уникальным характеристикам на изображениях // Universum: технические науки. – 2022. – № 11-1 (104). – С. 24–27.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В ОБРАЗОВАНИИ

Д. А. Коронатов

**Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, daniil.koronatov@mail.ru**

Научный руководитель: Скорняков С.В., преподаватель

В статье рассматривается вопрос внедрения методов машинного обучения в образование, вызванного переходом от универсального к персонализированному обучению. Представлены ключевые направления и этические риски и ограничения, связанные с машинным обучением.

The article studies the integration of machine learning methods into education, that is caused by the transition from universal to personalized learning. It details major application areas, as well as the ethical risks and limitations of machine learning.

Сегодня процесс цифровизации прочно входит во все сферы общества. Образование не стало исключением. Традиционное обучение сочетается, но все чаще трансформируется, уступая место технологиям искусственного интеллекта (ИИ), которые кардинально меняют подходы к обучению, оцениванию и содействию студенту. Актуальность данного исследования обусловлена необходимостью индивидуального подхода в условиях массового обучения, где технологии машинного обучения (МО) позволяют создавать адаптивные образовательные траектории. Цель – анализ современных практик применения машинного обучения в образовании, а также потенциала и вызовов МО. Объектом исследования выступает современная образовательная среда, в которую интегрируется машинное обучение.

Как известно, основой традиционной модели образования являются универсальные программы и стандартизированные методы преподавания. Однако, они не до конца удовлетворяют запросы и потребности современных студентов, которые предпочитают быструю обработку информации и все больше внимания уделяют технологиям, нейросетям [1]. Как отмечает К.Б. Мухамадиева, традиционный подход массового обучения игнорирует индивидуальные способности, не учитывает скорость обучения и стиль восприятия информации обучающимися, следовательно, снижается эффективность обучения [2]. И напротив, цифровизация образования даёт возможность для создания персонализированной образовательной среды, так как каждый клик или любое взаимодействие студента с LMS (Learning Management System)

фиксируется, т.е. оставляет цифровой след. Машинное обучение, способное анализировать большие массивы данных и находить скрытые закономерности, выходит на передний план и становится механизмом перехода от концепции «один размер для всех» к индивидуальному подходу, который позволяет учитывать исходный уровень знаний, академические достижения, психоэмоциональный фон студента, что подтверждается мнением экспертов [3].

Машинное обучение используется в образовании в нескольких сферах, связанных между собой, но решающих индивидуальные конкретные задачи. В данном исследовании изучены 4 направления, которые представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Направления машинного обучения

Направление	Описание	Особенности
Персонализация и адаптивные учебные траектории	создание индивидуальных программ обучения, динамично меняющихся в зависимости от прогресса студента	- обеспечение адаптивного обучения за счет анализа ошибок с последующей корректировкой последовательности изучения тем
Автоматизация оценивания и формирование обратной связи	проверка домашних заданий, особенно текстовых работ и эссе через обработку естественного языка (NLP)	- автоматическая проверка грамматики и структуры текста; - содержательная обратная связь, основанная на анализе тысяч комментариев экспертов; - автоматическая генерация тестовых заданий
Прогнозирование успеваемости и профилактика отчислений	высокоточное прогнозирование (через алгоритмы МО) риска академической неуспешности или отчисления на ранних этапах обучения	- сигнализирование преподавателю или куратору для своевременного вмешательства и оказания поддержки
Поддержка преподавателей и совершенствование педагогического дизайна	корректировка и улучшение качества контента курсов, программ на основе анализа больших данных	- выявление слабых мест в курсах; - определение тем, вызывающих наибольшие трудности у большого числа студентов; - корректировка содержания программы

Таким образом, ключевые направления использования МО обеспечивают персонализацию обучения, автоматизацию оценивания, прогнозирование академических рисков, а также эффективную поддержку преподавателей. Приведённые примеры платформ (см. таблицу 2) и систем активно используют в образовательных учреждениях. Например, Университет 20.35 разработал «цифрового двойника преподавателя» – виртуального агента, который отвечает на вопросы студентов, используя технологии Deep Fake для имитации присутствия.

Таблица 2 – Машинное обучение в образовании: примеры

Направление	Описание	Особенности
Персонализация и адаптивные учебные траектории	создание индивидуальных программ обучения, динамично меняющихся в зависимости от прогресса студента	- обеспечение адаптивного обучения за счет анализа ошибок с последующей корректировкой последовательности изучения тем
Автоматизация оценивания и формирование обратной связи	проверка домашних заданий, особенно текстовых работ и эссе через обработку естественного языка (NLP)	- автоматическая проверка грамматики и структуры текста; - содержательная обратная связь, основанная на анализе тысяч комментариев экспертов; - автоматическая генерация тестовых заданий
Прогнозирование успеваемости и профилактика отчислений	высокоточное прогнозирование (через алгоритмы МО) риска академической неуспешности или отчисления на ранних этапах обучения	- сигнализирование преподавателю или куратору для своевременного вмешательства и оказания поддержки
Поддержка преподавателей и совершенствование педагогического дизайна	корректировка и улучшение качества контента курсов, программ на основе анализа больших данных	- выявление слабых мест в курсах; - определение тем, вызывающих наибольшие трудности у большого числа студентов; - корректировка содержания программы

Безусловно, инновации в сфере ИИ способствуют росту эффективности, доступности и качества образования. Однако их внедрение сопряжено с рядом серьёзных вызовов, таких как этическая прозрачность, защита данных и педагогическая осмысленность их применения. Во-первых, существует риск алгоритмической предвзятости. Так, при обучении модели на исторических данных студенты из определённых регионов или социальных групп могут продемонстрировать худшие результаты; зафиксированные алгоритмом полученные результаты могут привести к воспроизведению и закреплению существующих предубеждений, порождая систематическую дискриминацию в отношении новых обучающихся из этих регионов или социальных групп. Во-вторых, становится очевидным вопрос о защите персональных данных. Согласно исследованиям, проведённым экспертами СберУниверситета, возникает опасность сохранения конфиденциальности или невозможного злоупотребления данными, во время сбора подробной информации о поведении, психоэмоциональном состоянии и даже сбора биометрических данных (камеры для распознавания лиц) [3]. В-третьих, к группе риска специалисты относят проблему доверия. Многие модели принимают решения, которые сложно объяснить, например, почему система советует именно это решение или ставит именно такую оценку. Следовательно, важно добиться прозрачности решений, принятых системой. Четвертая проблема, которая чрезвычайно актуальна сегодня, – чрезмерная зависимость от технологий. Существуют опасения, что искусственный интеллект может ослабить естественный интеллект, снижая уровень критического мышления студента и ослабление роли живого взаимодействия между студентом и педагогом.

В заключение, машинное обучение – реалия сегодняшнего дня, которая вносит коренные изменения в систему образования. Оно способствует переходу от стандартизированного массового обучения к персонализированному и эффективному процессу. Несмотря на обозначенные преимущества использования технологий ИИ, существует ряд вызовов, которые следует решить в переходный период цифровой трансформации образования. Считаем, что будущее системы образования видится в гибридной модели «естественный интеллект + искусственный интеллект», где педагог отвечает за человекоцентричность [5], разум, эмоции, творчество, а технологии выполняют технические и аналитические функции.

Литература:

1. Зайцев Д. Л., Коронатов Д. А., Веселова С. А. Роль нейросетей в научно-исследовательской деятельности: польза или зло? // Молодая наука: материалы IV Всерос. науч. чтений молодых исследователей (Новосибирск, 11 апреля 2024 г.) / Сиб. гос. ун-т путей сообщения. – Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2025. – С. 58-65.
2. Мухамадиева К. Б. Машинное обучение в совершенствовании образовательной среды // Образование и проблемы развития общества. – 2020. – №4 (13). – С. 70-77.
3. EduTech. Информационно-аналитический журнал. Сбер Университет [Электронный ресурс]. – № 4 (49). – 2022. – 60 с. — URL: https://sberuniversity.ru/upload/iblock/09f/85v0n3to7fvy3awqz3p1lboeq0sk464r/EduTech_49_web.pdf?ysclid=mi90prj5ke236931159 (дата обращения: 21.11.2025).
4. Сухоруков Д. С. Персонализация процесса обучения с помощью технологий искусственного интеллекта и машинного обучения: опыт образовательных платформ // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2025. – №6-1. – С. 179-187.
5. Веселова С. А. Трансформация технического вуза в «фабрику знаний» // Педагогика современности. – 2025. – №3-1 (33). – С. 17-20.

DIY-СИСТЕМА ИНЕРЦИАЛЬНЫХ ТРЕКЕРОВ ДЛЯ ОТСЛЕЖИВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ТЕЛА

Н. А. Никитин

**Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, nikitin.ko7@gmail.com**

Научный руководитель: Сафаров Р. А., преподаватель в. кв.к.

В данной статье автор описывает процесс реализации собственной системы носимых инерциальных трекеров на основе сенсора ICM-45686. Система предназначена для точного захвата движений тела с последующим использованием в анимации, виртуальной реальности и игровых приложениях.

In this paper, the author describes the implementation process of a custom wearable inertial tracking system based on the ICM-45686 sensor. The system is designed for accurate full-body motion capture, intended for subsequent use in animation, virtual reality, and gaming applications.

Современные технологии захвата движения (motion capture) традиционно опираются на дорогостоящее оборудование — оптические камеры, инфракрасные маркеры или промышленные инерциальные

системы. Однако в последние годы активно развиваются открытые и доступные альтернативы, основанные на микроконтроллерах и дешёвых сенсорах. Одной из таких платформ является SlimeVR — open-source проект, позволяющий собрать собственную систему трекинга на базе IMU-датчиков и Wi-Fi-модулей. В данной статье представлена реализация такой системы, адаптированной под задачи детализированной анимации и привязки движений к виртуальному аватару в реальном времени.

Основу каждого трекера составляет микроконтроллер ESP8266 (Wemos D1 mini), выполняющий роль «мозга» устройства. На нём размещена прошивка SlimeVR, обеспечивающая сбор данных с датчиков, их предварительную обработку и передачу по Wi-Fi на локальный сервер. В качестве сенсора движения используется 6-осевой IMU ICM-45686 (3 оси гироскопа + 3 оси акселерометра), отличающийся высокой стабильностью, низким уровнем шума и поддерживающий современных интерфейсов связи (I²C/SPI). Это позволяет фиксировать как статические позы, так и динамические движения — от плавных поворотов до резких вибраций.

Питание каждого трекера осуществляется от LiPo-аккумулятора 3.7В ёмкостью 1000 мА•ч, что обеспечивает автономную работу в течение нескольких часов. Для безопасной зарядки применены модули TP4056, по одному на каждый аккумулятор. Контроль уровня заряда реализован через делитель напряжения на основе резистора 180 кОм, подключённого к аналоговому входу ESP8266. Изначально в схему были включены диоды Шоттки (по два на трекер) для развязки цепей питания при подключении к USB, однако в дальнейших версиях от них планируется отказаться ради уменьшения габаритов.

Все корпуса и крепления для ремешков изготовлены методом 3D-печати из PETG-пластика — материала, сочетающего прочность, термостойкость и лёгкость обработки. Это позволило создать эргономичные и лёгкие модули, удобные для ношения на теле.

Всего в системе задействовано 8 основных трекеров и 10 IMU-модулей. При этом часть модулей используется по схеме «основной трекер + расширение»: например, основной модуль крепится на голень, а к нему по проводу подключается дополнительный IMU на ступне. Такой подход позволяет сократить количество контроллеров и Wi-Fi-соединений, уменьшить энергопотребление и упростить калибровку, сохраняя при этом высокую плотность сенсоров на конечностях. Проводное подключение дополнительных модулей осуществляется через интерфейс I²C, что не требует значительных изменений в прошивке.

Сервер SlimeVR, размещённый на локальном компьютере, принимает данные со всех трекеров, синхронизирует их и строит виртуальный скелет. Каждому трекеру присваивается определённая «роль» (нога, ступня, рука и т.д.), что позволяет серверу корректно интерпретировать входящие сигналы и генерировать реалистичные трансформации костей скелета.

Разработанная система обеспечивает высокую точность и детализацию захвата движений. Благодаря качеству IMU и алгоритмам фильтрации в прошивке SlimeVR (включая компенсацию дрейфа), система способна отслеживать даже мелкие движения — например, повороты запястий, перенос веса с пятки на носок или вибрации мышц при физической нагрузке. Это делает её пригодной не только для игрового трекинга, но и для записи анимационных клипов с последующей постобработкой в таких программах, как Blender или Unity.

В VR-играх и симуляторах система позволяет управлять аватаром естественным образом: движения тела напрямую отражаются в виртуальном пространстве, что усиливает эффект присутствия. Кроме того, благодаря поддержке до 20 одновременных трекеров, система легко масштабируется для захвата пальцев, плечевого пояса или даже мимики (при использовании соответствующих датчиков).

Представленная DIY-система демонстрирует, что высококачественный захват движения возможен и вне профессиональных студий. Использование доступных компонентов, открытого ПО и гибкой архитектуры, позволяет создать персонализированное решение, адаптированное под конкретные задачи пользователя — будь то разработка игр, создание анимации или погружение в виртуальную реальность. Дальнейшее развитие системы может включать интеграцию магнитометров для улучшения ориентации в пространстве, переход на более энергоэффективные контроллеры (например, ESP32) и автоматизацию процесса калибровки. Таким образом, подобные проекты не только расширяют доступ к технологиям motion capture, но и стимулируют инновации в области персонализированного взаимодействия с цифровыми мирами.

Литература:

1. Максимова Е. И., Туманова Е. И. Исследование методов фиксации движений человека для отображения в трехмерной виртуальной среде // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании (АПИНО 2023). Сборник научных статей XII

Международной научно-технической и научно-методической конференции в 4-х томах. СПб.: СПбГУТ, 2023. Т. 3. С. 398–402.

2. Киселев В. А., Клименко А. С., Клименко С. В., Михайлюк М. В., Пестриков В. И., Хламов М. А., Чувилін К. В., Фурса М. В., Хаким Н. Л., Ши Т. К. Современные устройства трекинга для систем виртуального окружения // Труды международной научной конференции cрт1617. 2017. С. 114–121.

3. Официальная документация SlimeVR, сравнение IMU систем [Electronic resource]. – URL: docs.slimevr.dev/diy/imu-comparison.html (accessed: 11.11.2025).

4. Alexiev K. Algorithms for IMU Navigation - A Review. Information Technologies and Control. 2019. P. 11.

5. Официальная документация SlimeVR, описание проекта [Electronic resource]. – URL: docs.slimevr.dev/slimevr101.html (accessed: 11.11.2025).

6. Репозиторий nRF-трекеров на GitHub [Electronic resource]. – URL: github.com/SlimeVR/SlimeVR-Tracker-nRF (accessed: 11.11.2025).

7. PRUSA Research a.s.. Prusament Portfolio [Electronic resource] / PRUSA Research a.s. - [Brno]: PRUSA Research a.s., 2025. – URL: <https://www.prusa3d.com/downloads/press/prusament-portfolio-november-2025.pdf> (accessed: 11.11.2025).

УДАЛЁННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ БЫТОВЫХ ИК-УСТРОЙСТВ НА ОСНОВЕ MQTT И МИКРОКОНТРОЛЛЕРА ESP8266

Р. С. Денисов

**Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, r.denisov.2022@stud.nstu.ru**

Научный руководитель: Сафаров Р. А., преподаватель

В статье представлена разработка и изготовление малогабаритного модуля дистанционного управления бытовыми устройствами, использующими инфракрасный (ИК) интерфейс. Система основана на микроконтроллере ESP8266 и протоколе обмена сообщениями MQTT, обеспечивающем централизованную передачу команд и масштабируемость. Описываются аппаратная конфигурация устройства, особенности изготовления, принципы взаимодействия с MQTT-сервером и потенциальные области применения.

This paper presents the development and fabrication of a compact module for remote control of household devices that rely on infrared (IR) communication. The system is based on the ESP8266 microcontroller and the MQTT messaging protocol, which together ensure centralized command transmission and high scalability. The

hardware configuration, manufacturing workflow, and methods of interaction with the MQTT server are described in detail.

Несмотря на широкое распространение «умных» бытовых устройств, значительная часть техники в домах пользователей остаётся зависимой от традиционного инфракрасного управления. Это ограничивает возможность интеграции подобных приборов в современные автоматизированные экосистемы. Одним из подходов к решению данной задачи является применение компактных микроконтроллерных устройств, способных преобразовывать MQTT-команды в ИК-сигналы.

В последние годы MQTT [1] стал одним из основополагающих протоколов для систем Интернета вещей (IoT) [2][3] благодаря своей лёгкости, низкому энергопотреблению и устойчивости к потере пакетов. Использование ESP8266, обладающего встроенным Wi-Fi-модулем и доступной аппаратной архитектурой, делает возможным создание недорогих и гибких устройств для управления устаревшими бытовыми приборами.

Данная работа описывает разработку и реализацию миниатюрного модуля ИК-управления, а также анализ его преимуществ и технических особенностей.

Аппаратная архитектура устройства

Основу устройства составляет микроконтроллер ESP8266 Wemos D1 Mini, включающий 4 МБ флеш-памяти и интегрированный модуль Wi-Fi IEEE 802.11 b/g/n. Его низкая стоимость, компактные размеры и широкая поддержка со стороны сообщества делают его удобной платформой для IoT-разработок.

ИК-светодиод управляется через PNP-биполярный транзистор, работающий в качестве ключевого элемента. Управление осуществляется через цифровой вывод ESP8266, на который подаётся управляющее напряжение, открывающее транзистор и позволяющее подавать питание на ИК-диод от внешнего источника 5 В. В цепь также включён ограничительный резистор, обеспечивающий корректный ток через ИК-излучатель.

Данная схема позволяет повысить мощность излучаемого ИК-сигнала и обеспечить совместимость с широким спектром бытовых приборов (телевизоры, кондиционеры, медиаплееры и др.).

Питание устройства осуществляется через стандартный USB Type-C кабель без линий передачи данных (Data+/Data-), что упрощает эксплуатацию и снижает стоимость. Возможна работа от любого блока питания стандарта 5 В.

Корпус изготовлен методом 3D-печати на принтере FDM с использованием PETG-пластика, который отличается высокой термостойкостью и долговечностью. Миниатюрность элементов позволяет создавать чрезвычайно компактные устройства.

Программное обеспечение и взаимодействие с MQTT [4][5]

Модуль прошивается пользовательской прошивкой на базе Arduino-экосистемы. Программное обеспечение отвечает за:

- подключение к локальной Wi-Fi-сети, параметры которой задаются пользователем через конфигурационное приложение;
- подключение к MQTT-серверу в качестве клиента;
- получение команд с сервера и преобразование их в последовательности ИК-сигналов;
- оптимизацию энергопотребления, включая перевод микроконтроллера в режимы пониженного энергопотребления между передачами.

Архитектура MQTT обеспечивает возможность подключения неограниченного количества модулей к одному брокеру. Любое клиентское устройство – смартфон, ПК, планшет – может публиковать команды, которые будут моментально переданы ИК-контроллеру.

Технологический процесс изготовления

Процесс сборки устройства включал следующие этапы:

- Выбор и подготовка компонентов. Были определены параметры ИК-излучателя, транзистора и резистора, подготовлена модель корпуса для печати.
- Изготовление печатной платы. Плата подгонялась по форме вручную, после чего на неё последовательно были впаяны транзистор, резистор и ИК-диод.
- Прошивка контроллера ESP8266. Была разработана пользовательская прошивка с применением Arduino IDE, реализующая функциональность MQTT-клиента.
- Сборка устройства в корпусе. После отладки модуль помещался в печатный корпус, обеспечивающий надёжную фиксацию и защиту компонентов.

Преимущества и потенциальное применение

Предложенное решение обладает рядом ключевых преимуществ:

- Универсальность и интеграция. Устройства позволяют объединить бытовую технику с традиционным ИК-управлением в единую умную экосистему, используя MQTT как центр управления.
- Упрощённая настройка. Пользователю достаточно однократно указать параметры Wi-Fi; дальнейшая работа не требует технических знаний.

- Масштабируемость. К одному брокеру может быть подключено большое количество модулей без изменения архитектуры.
- Полная автономность. В отличие от коммерческих решений, система работает без облачных сервисов и не зависит от сторонних производителей.
- Гибкость. Возможность кастомизации прошивки позволяет адаптировать устройство под любое ИК-оборудование и сценарии автоматизации.

Кроме управления бытовой техникой, устройство может применяться для записи, воспроизведения и анализа сложных последовательностей ИК-команд, что открывает возможности для автоматизации, проведения исследований и интеграции с анимационными или симуляционными системами.

Разработанное устройство демонстрирует возможность создания компактных, недорогих и независимых от сторонних облачных систем решений для автоматизации бытовой техники. Использование ESP8266 и MQTT обеспечивает надёжность, масштабируемость и простоту внедрения в инфраструктуру «умного дома». Представленный подход может стать основой для дальнейшего развития пользовательских и исследовательских систем дистанционного управления.

Литература:

1. Блинков С. А., Сисенова К. А. Разработка системы управления «умным домом» [Электронный ресурс] // Научные исследования и инновации. 2021. №9. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-sistemy-upravleniya-umnym-domom> (дата обращения: 20.11.2025).
2. Ромасевич Е. П. Исследование агрегированного трафика беспроводных IoT устройств [Электронный ресурс] // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2017. №3. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-agregirovannogo-trafika-besprovodnyh-iot-ustroystv> (дата обращения: 21.11.2025).
3. Носов А. В. Анализ прикладных протоколов передачи данных для систем интернета вещей [Электронный ресурс] // Научные междисциплинарные исследования. 2021. №2. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-prikladnyh-protokolov-peredachi-dannyh-dlya-sistem-interneta-veschey> (дата обращения: 21.11.2025).
4. Киселев С. А. Обзор актуальных программно-аппаратных решений для разработки системы мобильного управления умным домом [Электронный ресурс] // Вестник науки. 2025. №5 (86). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-aktualnyh-programmno-apparatnyh-res>

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В УПРАВЛЕНИИ РАБОЧИМИ ПРОЦЕССАМИ

С. А. Безгина

**Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, elina.grushkina@mail.ru**

Научный руководитель: Бертик А. А., преподаватель в. кв. к.

В данной статье автор рассматривает технологии искусственного интеллекта как инструмент, позволяющий управлять рабочими процессами на предприятии. Искусственный интеллект рассматривается как самостоятельный инструмент в автономных системах управления, так и компонент советующих систем принятия решений. В статье приводится обзор современных технологий, базирующихся на искусственном интеллекте.

In this article, the author examines artificial intelligence technologies as a tool for managing business processes in an enterprise. Artificial intelligence is considered as an independent tool in autonomous management systems, as well as as a component of advisory decision-making systems. The article provides an overview of modern technologies based on artificial intelligence.

В 2025 году системы искусственного интеллекта (ИИ) становятся неотъемлемой частью повседневной реальности, переходя от узкоспециализированных решений к универсальным системам, что проявляется в следующих тенденциях: генеративный ИИ для создания контента и автоматизации; мультиагентные системы для выполнения сложных задач без вмешательства человека; физический ИИ, интегрируемый в робототехнику и транспорт; а также усиление регулирования и разработка законодательства в этой сфере.

Ключевые тенденции в системах ИИ 2025 года:

Генеративный ИИ: Развитие моделей для создания контента (текст, изображения, видео), персонализированного маркетинга, симуляций и дизайна продуктов.

Мультиагентные системы: Системы из нескольких ИИ-агентов, которые взаимодействуют для достижения сложных целей, например, в логистике или на производстве. Они становятся все более автономными, способны оптимизировать рабочие процессы и принимать решения в режиме реального времени.

Физический ИИ: Интеграция ИИ с физическими системами, такими как роботы, транспорт и устройства IoT. Это позволяет машинам осмысленно взаимодействовать с окружающей средой.

Квантовый ИИ: Сочетание квантовых вычислений с ИИ для решения сверхсложных задач в науке, логистике и финансах, что ранее было недоступно из-за ограничений классических компьютеров.

Агентный ИИ: ИИ-агенты, способные собирать данные и самостоятельно выполнять многоэтапные задачи, от юридических документов до управления производственными линиями, что приводит к автоматизации сложных процессов.

Усиление регулирования: Государства разрабатывают и внедряют законодательные акты для регулирования использования ИИ, включая вопросы безопасности и этики.

Влияние на бизнес и общество проявляется, прежде всего, в процессах автоматизации и повышении производительности труда: ИИ автоматизирует рутинные и все более сложные задачи, что повышает производительность труда и снижает затраты, а также в персонализации продуктов и услуг: Компании используют ИИ для создания персонализированных продуктов, услуг, а также для более глубокого понимания клиентов. Однако, помимо преимуществ, развитие ИИ несет новые риски, связанные с безопасностью, этикой и возможным сокращением рабочих мест.

Искусственный интеллект (ИИ) в управлении используется для анализа данных, автоматизации рутинных процессов и повышения эффективности принятия решений в различных сферах, от HR до управления проектами и государственного сектора. Он помогает оптимизировать рабочие процессы, прогнозировать спрос, персонализировать клиентский сервис и управлять рисками.

Основные направления применения ИИ в управлении:

- Анализ и прогнозирование: обработка больших объемов данных для выявления закономерностей, что помогает принимать обоснованные управленческие решения.

- Прогнозирование спроса, рыночных тенденций и других будущих событий для оптимизации производства, и закупок.

- Анализ данных о конкурентах и поведении клиентов для корректировки стратегии.

- Автоматизация процессов: автоматизация рутинных административных и бюрократических задач, обработка резюме и первичные интервью с кандидатами в HR, оптимизация графиков работы на основе исторических данных, прогнозов и предпочтений сотрудников.

- Управление проектами: использование виртуальных ассистентов для постановки задач, отслеживания их выполнения и коммуникации в команде, планирование встреч с учетом доступности всех участников и приоритетности задач, систематизация задач и их ранжирование по приоритету.

- Персонализация и взаимодействие: использование чат-ботов и виртуальных ассистентов для обслуживания клиентов и сотрудников, предоставление более адресного и оперативного клиентского сервиса, персонализация продуктов и предложений на основе анализа данных.

- Управление рисками: анализ данных для выявления и минимизации рисков, автоматизация процессов поиска мошенников и недобросовестных сотрудников.

- Управление персоналом (HR): автоматизация оформления документов, например, трудовых договоров, анализ данных для улучшения процессов найма и удержания сотрудников, оценка потребностей в обучении и повышении квалификации.

Искусственный интеллект (ИИ) в управлении предприятием помогает автоматизировать рутинные задачи, повышать эффективность и принимать более точные решения путем анализа данных, прогнозирования и оптимизации процессов. ИИ применяется в таких областях, как клиентская поддержка (чат-боты), маркетинг и продажи (персонализация), логистика (оптимизация маршрутов) и управление производством (планирование и контроль качества).

Ключевыми областями применения ИИ являются:

- Прогнозирование и аналитика: прогнозирование спроса, выручки и рыночных тенденций, анализ данных из CRM, ERP и других систем для выявления закономерностей, прогнозирование рисков и оценка их вероятности.

- Оптимизация бизнес-процессов: планирование производства, загрузка мощностей и управление запасами, оптимизация логистических маршрутов и управление цепочками поставок, динамическое ценообразование на основе анализа спроса и остатков.

- Автоматизация и роботизация: автоматизация рутинных задач, например, составление отчетов, написание писем и формирование задач, использование чат-ботов и голосовых помощников для обслуживания клиентов, автоматизированный анализ резюме и отбор кандидатов в HR.

- Контроль и безопасность: визуальный контроль качества продукции для выявления дефектов, мониторинг безопасности на рабочем месте и предотвращение инцидентов, обнаружение мошеннической активности и нетипичного поведения.

Преимущества внедрения ИИ заключаются в следующем:

1. Снижение издержек: Оптимизация ресурсов (топливо, сырье, время сотрудников) и уменьшение себестоимости операций.
2. Повышение эффективности: Автоматизация рутины освобождает сотрудников для более сложных задач.
3. Улучшение качества: Более точный контроль качества, снижение вероятности ошибок.
4. Конкурентное преимущество: Компании, использующие ИИ, получают преимущество на рынке за счет повышения эффективности и конкурентоспособности.

Искусственный интеллект (ИИ) в управлении персоналом (HR) автоматизирует рутинные задачи, улучшает подбор, обучение и удержание сотрудников за счет анализа данных и прогнозирования. Основные области применения включают автоматическую обработку резюме, создание персонализированных программ обучения, прогнозирование увольнений и выявление рисков выгорания. ИИ помогает HR-специалистам принимать более обоснованные решения и концентрироваться на стратегических задачах.

ИИ находит свое широкое применение и в области HR. Так, с помощью него проводится автоматизация рекрутинга. ИИ сканирует и сортирует тысячи резюме, помогает с первичной коммуникацией с кандидатами с помощью чат-ботов, а также генерирует задания для собеседований.

ИИ позволяет осуществить персонализацию обучения персонала организации: алгоритмы создают индивидуальные программы обучения и развития, учитывая навыки, производительность и предпочтения каждого сотрудника.

Кроме того, ИИ прогнозирует текучесть кадров и выявляет факторы, влияющие на удержание сотрудников, помогает предсказать потребность в найме или перераспределении ресурсов. Он делает возможным анализ рабочей нагрузки и выявляет риски, такие как выгорание. Автоматизация административных задач позволит специалистам по персоналу сосредоточиться на стратегическом развитии, ИИ может помочь в оценке настроения сотрудников и анализе командной работы.

ИИ предоставляет ценную аналитику, которая помогает менеджерам принимать обоснованные решения по управлению персоналом.

Вызовы и ограничения в применении ИИ:

- ИИ не всегда способен учесть эмоциональные и культурные аспекты, поэтому человеческий контроль важен при принятии решений.

- Неполная замена человека: ИИ должен выступать как помощник, а не полный заменитель человека. Этические соображения и важность человеческого фактора остаются ключевыми.

Примеры внедрения ИИ на производстве:

1. Предиктивное обслуживание (predictive maintenance) — это стратегия непрерывного мониторинга состояния оборудования при стандартных условиях эксплуатации и прогнозирования оставшегося срока его службы. Реактивное и превентивное техобслуживание помогает снижать количество сбоев или просто предотвращать их, в то время как предиктивное обслуживание использует модели для предсказания сбоев компонентов конкретной единицы. Это минимизирует время простоя и помогает заранее планировать техобслуживание.

2. Робототехническая автоматизация процессов для упрощения работы с документами. Французская международная компания в сфере цифровой автоматизации и управления энергетикой Schneider Electric решила использовать RPA для устранения задач, не создающих дополнительной ценности (например, для автоматизации подготовки документов и тому подобного). В результате компании удалось добиться экономии времени сотрудников и направить их усилия на повышение удовлетворённости клиентов. Проблема заключалась в том, что операторам, отвечавшим за монтаж электрических щитов на территории клиентов, приходилось иметь дело с монотонной и объёмной обработкой документации, например, нанесением маркировки электроцепей или производственных спецификаций электрощитов. Для выполнения этой долгой и утомительной задачи был внедрён ИИ-бот, позволивший освободить время операторов для более ценной и сложной производственной работы. Робот, разработанный всего за два с половиной дня, успешно справился с задачей открытия и печати документации, освободив операторов.

3. Контроль качества и проверка состояния изготавливаемой продукции при помощи компьютерного зрения. Компания Foxconn, производящая электронные продукты для таких гигантов, как Apple, Nintendo, Nokia, Sony и других, успешно внедрила на своих фабриках Google Cloud Visual Inspection AI для контроля качества. Эта программа машинного обучения, запущенная Google в 2021 году, помогает производителям выявлять дефекты продукции, а значит, и снижать затраты на QA.

Основные направления внедрения ИИ на производстве:

Предиктивное обслуживание оборудования:

ИИ анализирует данные с датчиков, чтобы предсказать возможные отказы оборудования и спланировать профилактическое обслуживание, что сокращает время простоя.

Контроль качества:

Системы компьютерного зрения на базе ИИ способны мгновенно выявлять дефекты продукции, которые не видны человеческому глазу, что повышает точность и снижает количество брака.

Автоматизация и роботизация:

Роботы с элементами ИИ выполняют сложные задачи, такие как сварка, покраска, сборка и перемещение материалов, что повышает производительность и безопасность труда.

Управление производственными процессами:

ИИ помогает оптимизировать планирование производства, управлять запасами и прогнозировать спрос, что повышает эффективность и снижает затраты.

Цифровые двойники:

Создание виртуальных моделей производственных объектов или процессов позволяет проводить их моделирование, прогнозировать инциденты и оптимизировать работу систем в режиме реального времени.

Управление цепочками поставок:

ИИ используется для анализа данных, прогнозирования спроса и оптимизации логистики, что обеспечивает более эффективное движение товаров.

Разработка и инжиниринг:

Генеративный дизайн на основе ИИ помогает создавать новые материалы и конструкции, оптимизируя их свойства и стоимость, а также разрабатывать новые продукты.

Отечественные технологии в сфере ИИ

Yandex B2B Tech открыла доступ к новой генеративной модели YandexGPT 5.1 Pro на платформе Yandex Cloud AI Studio. В 2025 году YandexGPT 5.1 Pro — лучшая модель Яндекса для обработки текстов. На потоке, в котором сочетаются вопросы пользователей и сложные задачи, востребованные в бизнес-сфере, она превосходит предыдущую модель и достигает уровня GPT-4.1 компании OpenAI.

Также YandexGPT 5.1 Pro эффективнее работает с системным промптом и почти вдвое реже прошлой версии даёт выдуманные ответы. Пользователям новая модель доступна в чате с Алисой, а компаниям — в Yandex Cloud AI Studio.

По результатам внутреннего слепого попарного сравнения для широкого потока запросов к сервисам Яндекса YandexGPT 5.1 Pro

превосходит YandexGPT 5 Pro в 58% случаев, а GPT-4.1 компании OpenAI — в 56% случаев.

С выполнением стандартизированных тестов (бенчмарков) YandexGPT 5.1 Pro справляется лучше сопоставимых по мощности моделей с открытыми весами. А в некоторых тестах догоняет лидеров рынка.

Суммаризация, модель точнее анализирует текст запроса и выносит корректный вердикт на его основании.

Выделение информации, модель извлекает из текста запрошенную информацию и точно следует инструкции.

Системный промт, модель строго следует инструкции в системном промте.

Доля выдуманных и некорректных ответов сократилась почти в два раза, до 16%. При этом общее качество хороших ответов выросло с 60 до 71%, а модель стала лучше понимать границы своих знаний и сообщать об этом.

Алиса AI — это нейросеть от Яндекса, доступная как в формате голосового ассистента для умных устройств, так и в виде чат-бота. Она может общаться, генерировать тексты и изображения, работать с файлами и выполнять другие задачи, такие как планирование или помощь в обучении. Нейросеть использует технологию YandexGPT и интегрирована в сервисы Яндекса, например, в «Поиск», «Яндекс.Браузер» и приложения Яндекса.

Что умеет Алиса AI:

- ☐ Генерация контента: Создает тексты, изображения и видео по запросу, а также может анализировать и обобщать файлы и фотографии.
- ☐ Общение и помощь: Отвечает на вопросы, предоставляет информацию и может вести диалог на различные темы.
- ☐ Решение сложных задач: Может работать в режиме рассуждения, помогая анализировать многосоставные задачи и предлагая пошаговые решения.
- ☐ Управление и повседневные дела: Управляет устройствами умного дома, помогает с заказами (такси, еда) и может создавать списки дел или напоминания из голосовых заметок.
- ☐ Обучение и развитие: Помогает в изучении английского языка, а также объясняет логические задачи и делится интересными фактами.
- ☐ Анализ и исследования: Может анализировать данные, сайты и документы, а также составлять отчеты.

Где доступна:

- ☐ В поисковой строке на главной странице Яндекса.
- ☐ В приложениях «Яндекс» и «Алиса».

- ☐ На сайтах, таких как a.ya.ru.
- ☐ На умных устройствах «Яндекс Станция».
- ☐ Через приложения в App Store и Google Play.

GigaChat — чат-бот на базе искусственного интеллекта от Сбера. Нейросеть может ответить на вопросы пользователя, поддержать диалог, написать код и любые виды статей по промпту. GigaChat умеет делать пересказ статей или документов, выполняет рерайт текста без потери смысла, помогает с докладами, рефератами и переводами. Также можно использовать ИИ для SEO.

GigaChat выполнен на основе модели RuGPT-3 для разработчиков, которая понимает естественный текст. Нейросеть обучена на русскоязычных источниках: художественной и бизнес-литературе, статьях, энциклопедиях, социальных сетях.

Все желающие могут воспользоваться сервисом бесплатно и без ограничений.

Таблица 1. – Положительные и отрицательные стороны применения ИИ

Плюсы		Минусы	
Хорошо адаптирован к российским реалиям, запоминает контекст и поддерживает диалог. Можно встроить в бизнес-инструменты		Иногда выдаёт поверхностный анализ, даёт формальные или сухие ответы	

Кому и как помогает в работе:

- ☐ SEO-копирайтерам — генерирует тексты с учётом ключевых слов и целевой аудитории.
- ☐ Бизнесу — автоматизирует ответы на запросы клиентов, составляет и проверяет документы.
- ☐ Разработчикам — пишет код и технические статьи.
- ☐ Преподавателям — упрощает проработку учебной программы, адаптирует материал под возраст учеников.

Литература:

1. Тренд и развитие искусственного интеллекта (ИИ) [Электронный ресурс]. — URL: roscongress.org/materials/trendy-i-razvitie-iskusstvennogo-intellekta-ii/ (дата обращения: 24.11.2025).

2. Тенденции развития искусственного интеллекта [Электронный ресурс]. — URL: productstar.ru/blog/trendy-razvitiia-iskusstvennogo-intellekta (дата обращения: 28.11.2025).

3. Ключевые тренды искусственного интеллекта в 2025 году [Электронный ресурс]. — URL: elma365.com/ru/products/ecm/news/ai-trends-in-2025 (дата обращения: 23.11.2025).

4. Искусственный интеллект и автоматизация: каким будет будущее бизнеса? [Электронный ресурс]. — URL: sostav.ru/blogs/278699/60327 (дата обращения: 24.11.2025).

5. Автоматизация HR-процессов бизнеса: зачем и как её внедрять [Электронный ресурс]. — URL: kontur.ru/articles/52924-avtomatizaciya_hr_processov_biznesa (дата обращения: 25.11.2025).

6. ИИ для бизнеса: как и зачем внедрять искусственный интеллект в 2025–2026 годах [Электронный ресурс]. — URL: korusconsulting.ru/blog/tsifrovaya-transformatsiya/ii-dlya-biznesa-kak-i-zachem-vnedryat-iskusstvennyy-intellekt-v-2025-2026-godu (дата обращения: 25.11.2025).

ПРОАКТИВНАЯ КИБЕРБЕЗОПАСНОСТЬ МЕССЕНДЖЕРА CUPPAAPP: РЕАЛИЗАЦИЯ МНОГОУРОВНЕВОЙ ЗАЩИТЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ RATE LIMITING И ПОВЕДЕНЧЕСКОГО АНАЛИЗА

О. Н. Блинов, П. И. Пантеев, В. А. Плескова

**Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, petyaranteev@gmail.com**

Научный руководитель: Хоцина Л.В., преподаватель

Проектирование и реализация комплексной, многоуровневой системы кибербезопасности для мессенджера CuppaApp, демонстрирующую проактивные механизмы защиты, встроенные в архитектуру приложения на базе Spring Boot 3 и WebSocket.

Design and implementation of a comprehensive, multi-level cybersecurity system for the CuppaApp messenger, demonstrating proactive protection mechanisms built into the application architecture based on Spring Boot 3 and WebSocket.

Актуальность работы обусловлена критической потребностью в высоконадежных и безопасных инструментах коммуникации в

современной цифровой среде. Мессенджеры являются основной мишенью для кибератак (DDoS, Brute-Force, XSS), что требует интеграции проактивных и многоуровневых механизмов защиты.

Проект реализован на основе безсессионной (Stateless) архитектуры, использующей Spring Boot 3 (Java 21) в качестве Backend-ядра и PostgreSQL в качестве базы данных. Основные технические решения:

- Real-Time Связь: асинхронный обмен данными реализован через WebSocket/STOMP, что обеспечивает мгновенную доставку сообщений;
- масштабируемость: система использует безсессионную JWT-аутентификацию (JwtTokenProvider), что позволяет горизонтально масштабировать Backend-серверы без необходимости обмена состоянием сессий;
- оптимизация базы данных: применены оптимизированные JPQL-запросы и механизмы массового обновления (@Modifying) для минимизации задержек и быстрой работы интерфейса списка чатов.

Безопасность реализована на четырех независимых уровнях, обеспечивающих глубокую (Defense-in-Depth) и проактивную защиту.

1. Уровень API и Авторизации: JWT и Аутентификация:

- применен индустриальный стандарт аутентификации на основе JWT (подпись HS512);
- защита WebSocket, т.е. WebSocketSecurityService обеспечивает строгую валидацию членства в чате (validateChatAccess) и использует метод validateSender для предотвращения спуфинга (отправки сообщений от чужого имени), сравнивая ID отправителя с ID аутентифицированного пользователя.

2. Уровень Предотвращения Атак (Rate Limiting и Brute-Force):

- DDoS/API Abuse, т.е. сервис RateLimitService реализует защиту от злоупотреблений на уровне API с помощью алгоритма скользящего окна (ConcurrentHashMap), контролируя частоту запросов на пользователя в минуту/час;
- Brute-Force защита, т.е. AuthService интегрирован с механизмами блокировки, реализуя временную блокировку аккаунта (на 15 минут) после 5 неудачных попыток входа.

3. Уровень проактивного поведенческого анализа: AnomalyDetectionService и класс UserActivity реализуют поведенческий анализ для выявления компрометации аккаунта. Система отслеживает и логирует:

- аномальную частоту действий (например, 10+ действий в минуту);
- сложные подозрительные паттерны, т.е. выявляется, если аутентифицированный пользователь обращается к аномально большому

количеству разных чатов (более 8 за 10 минут), что является ключевым признаком сканирования или взлома.

4. Уровень Защиты Целостности Данных:

- XSS Protection, т.е. сервис XSSProtectionService интегрирован для санитизации и проверки входящего пользовательского контента. Опасные конструкции (например, `<script>`, `onerror`) заменяются безопасными эквивалентами, что полностью предотвращает XSS- атаки;
- изоляция данных использует паттерн DTO для предотвращения утечки чувствительных полей (например, `passwordHash`) за пределы сервера.

Проект SupraApp является наглядной демонстрацией глубокой проработки вопросов кибербезопасности и промышленных стандартов разработки. Была реализована инновационная, многоуровневая система защиты, включающая проактивный поведенческий анализ, XSS-защиту, Rate Limiting и безсессионную JWT-аутентификацию.

Полученные навыки в области интеграции проактивных систем безопасности и работы с высоконагруженными асинхронными приложениями являются основой для успешной карьеры в сфере разработки безопасного программного обеспечения.

Литература:

1. Аппенцеллер Дж. Основы кибербезопасности: защита от современных угроз — М.: Эксмо, 2022. — 416 с.
2. Мартин Р.С. Идеальный программист: как стать профессионалом своего дела. — СПб.: Питер, 2020. — 272 с.
3. Осипов А.В. React Native: разработка мобильных приложений. — СПб.: Питер, 2023. — 480 с.
4. Уоллс К. Spring в действии. Шестое издание. — СПб.: Питер, 2023. — 800 с.
5. Шилдт Г. Java: руководство для начинающих. Восьмое издание. — М.: Диалектика, 2023. — 720 с.

НАУЧНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ – ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

Секция МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, АНАЛИЗ И ОБРАБОТКА ДАННЫХ

ВЫЧИСЛЕНИЕ КРИВИЗНЫ ТРАЕКТОРИИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ ПО ДАННЫМ ИЗМЕРЕНИЙ

Е. А. Осинцева, В. С. Карманов

Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, osinceva.2022@stud.nstu.ru

Рассматриваются математические методы вычисления кривизны по дискретным координатам железнодорожного пути. На основе исходных данных формируется график кривизны, позволяющий представить геометрию пути в аналитической форме. Проанализированы характеристики функции кривизны и её поведение на реальных измерениях.

Mathematical methods for calculating curvature based on discrete track coordinates are examined. A curvature graph is generated using the initial data, allowing the track geometry to be represented analytically. The characteristics of the curvature function and its behavior in real-world measurements are analyzed.

ВВЕДЕНИЕ

Железные дороги России, протяжённость которых превышает 120 тысяч километров, ежедневно подвергаются деформациям под воздействием различных факторов. Геометрическая структура железнодорожного пути включает отрезки прямых, дуги окружностей и переходные участки, обеспечивающие плавное сопряжение элементов трассы и комфортное движение подвижного состава [1]. Введение переходных участков на стыках прямых и круговых сегментов снижает нагрузку на рельсовые стыки и повышает долговечность путей.

Контроль геометрического состояния дороги традиционно выполняется с использованием специализированных измерительных средств. Такие обследования требуют значительных временных затрат и подвержены инструментальным погрешностям. В качестве альтернативного подхода рассматривается применение лидарных технологий [2]. Облака точек, сформированные по данным лазерного сканирования, позволяют создавать цифровой паспорт пути [3], по которому можно сравнивать текущее состояние с эталонным и выявлять

потенциально опасные участки. Настоящая работа является развитием ранее выполненного исследования [4] и ориентирована на модификацию используемых формул и сравнительный анализ методов.

Моделирование входных данных

Для моделирования и анализа входных данных разработано программное обеспечение, позволяющее визуализировать и обрабатывать геометрические характеристики железнодорожного пути. Входные данные представляют собой дискретный набор точек с координатами (x_i, y_i, z_i) описывающих железнодорожное полотно в трехмерном пространстве. На начальных этапах исследования используются только координаты (x_i, y_i) для упрощения анализа в двумерной плоскости. Пример интерфейса программы представлен на рисунке 1.

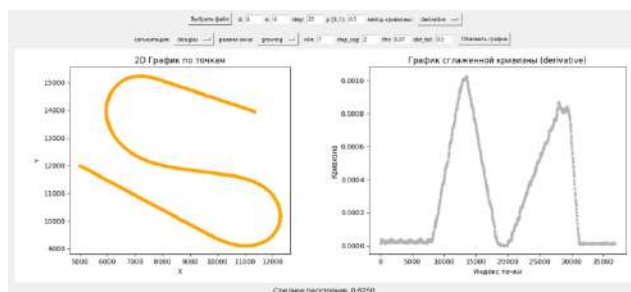


Рис. 1 – Пример экранной формы программы для визуализации железнодорожного пути

Программа обеспечивает визуализацию железнодорожного полотна в виде набора точек (x_i, y_i) на плоскости, вычисление кривизны пути, на основе дискретных данных.

Алгоритмы анализа кривизны.

Для анализа геометрии железнодорожного пути были реализованы алгоритмы с учетом дискретного характера данных. Ниже описаны рассматриваемые методы вычисления (оценки) кривизны.

1. Применение конечных разностей.

Метод основан на вычислении производных с использованием левой, правой и центральной разностей. Из-за высокой чувствительности к шумам предпочтение отдается центральной разности [4,5]:

$$f'(x_i) \approx \frac{f(x_{i+N}) - f(x_{i-N})}{2h_i},$$

$$f''(x_i) \approx \frac{f(x_{i+N}) - 2f(x_i) + f(x_{i-N}))}{h_i^2},$$

где N — размах, определяющий расстояние между точками. Оценка кривизны вычисляется по формуле [6, 7]:

$$\kappa_i^{(N)} = \frac{x'_i \cdot y''_i - y'_i \cdot x''_i}{(x'^2_i + y'^2_i)^{3/2}}.$$

2. По хорде и длине дуги.

Показателем уровня кривизны может служить величина

$$\kappa \approx 2 \frac{\sqrt{6(1 - \frac{l}{s})}}{s},$$

где s — длина дуги, l — длина хорды (рис. 2).

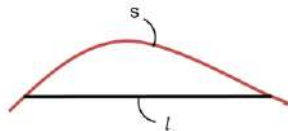


Рис. 2 – Геометрическая схема оценки кривизны через длину хорды и длину дуги

3. По стреле прогиба.

Оценка кривизны [8] определяется по формуле

$$\kappa \approx \frac{9h}{L^2 + 4h^2},$$

где h — высота стрелы прогиба, L — длина хорды (рис. 3).

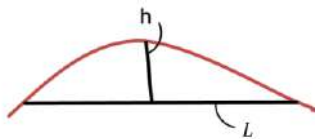


Рис. 3 – Геометрическая схема оценки кривизны по стреле прогиба

Сравнение методов

Для проведения исследований по сравнению методов была смоделирована траектория с известными значениями коэффициента кривизны. Это позволило сравнивать методы по форме кривой (табл. 1). Качество восстановления формы оценивалось через абсолютное и относительное отклонение нормированной кривизны по формулам:

$$\Delta k_i = |k_i^{\text{норм}} - k_i^{\text{ист}}|$$

$$\delta k_i = \frac{|k_i^{\text{норм}} - k_i^{\text{ист}}|}{k_i^{\text{ист}}}$$

Таблица 1 – абсолютное отклонение нормированной кривизны

	Анализ конечных разностей	Отношение хорды к длине дуги	Стрела прогиба
Средняя Δk	0,0022	0,0025	0,0011
Средняя δk	0,92%	1,05%	0,68%

Анализ результатов позволяет определить метод оценки кривизны через стрелу прогиба как лучший из рассмотренных. Предполагается проведение дальнейших исследований по данным реальных полевых измерений, с рассмотрением других методов оценки кривизны.

Заключение.

В рамках данной работы исследованы и реализованы несколько математических методов вычисления кривизны по данным измерений координат железнодорожных путей. Это позволяет преобразовать исходную последовательность измеренных точек в непрерывную функцию кривизны и получить аналитическое представление геометрии пути. Построенные графики кривизны позволяют наглядно оценивать локальные изменения формы траектории и служат основой для дальнейшего анализа различных типов участков железной дороги.

Литература:

1. Лагута В. В. Совершенствование проектирования кривых железнодорожного пути в плане: автореф. дис. ... канд. техн. наук. — Днепропетровск: ДИИТ, 2002.
2. Применение технологии лидар [Электронный ресурс] // YandexPracticum. — URL:

<https://practicum.yandex.ru/blog/lidar-primenenie-tehnologii/> (дата обращения: 30.11.2025).

3. Сингх С., Кыо З., Баламурган П., Мунавар Н. Non-Interrupting Rail Track Geometry Measurement System Using UAV and LiDAR [Электронный ресурс] // arXiv:2410.10832. 2024. — URL: <https://arxiv.org/abs/2410.10832> (дата обращения: 27.09.2025).

4. Осинцева Е. А. Математические методы в задачах выправки железнодорожных путей / Е. А. Осинцева, В. С. Карманов. – Текст: непосредственный // Дни науки НГТУ–2025: материалы науч. студен. конф., посвящ. 75-летию НГТУ, итоги науч. работы студентов за 2024–2025 гг. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2025. – С. 82–85. – 10 экз. – ISBN 978-5-7782-5511-1.

5. Иткина Н. Б., Марков С. И. Численные методы. Теория приближений. - Новосибирск: 2024. - 33 с.

6. Иванов А. О., Тужилин А. А. Лекции по классической дифференциальной геометрии. — М.: МЦНМО, 2023. — 250 с. — С. 44.

7. Кривизна [Электронный ресурс] // booksite. — URL: <https://www.booksite.ru/fulltext/1/001/008/066/256.htm> (дата обращения: 23.11.2025).

8. Денисов В. И. Алгебра и геометрия. Практикум: учебник / В. И. Денисов, В. М. Чубич, О. С. Черникова. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2018. - 308 с.

9. Калинин О. В. Расчёт длины хорды между двумя точками переходной кривой // Межвузовский сборник научных трудов / под ред. В. С. Шварцфельда. – Хабаровск: Дальневосточный государственный университет путей сообщения, 2006. – С. 70–76. – EDN VMSSHD.

СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АКСЕЛЕРОМЕТРИЧЕСКИХ ДАННЫХ ВИБРАЦИЙ ЛИФТОВОЙ УСТАНОВКИ

К. В. Ермолаева

Новосибирский государственный технический университет,

г. Новосибирск, ksusha-ermolaeva04@mail.ru

Научный руководитель: Воронов В. В., ст. преп.

В работе представлена вибродиагностика лифтовой установки методом спектрального анализа акселерометрических данных, зарегистрированных на лебёдке и в кабине лифта; идентифицированы характерные частотные компоненты.

The paper presents vibrodiagnostics of an elevator installation based on spectral analysis of accelerometer data recorded on the traction machine and inside the car; specific frequency components have been identified.

Надёжность и безопасность лифтового оборудования критически важны для современного городского хозяйства. Неисправности лифтов приводят не только к простоям, но и создают угрозу жизни и здоровью пассажиров.

На практике диагностика лифтового оборудования нередко носит реактивный характер и опирается преимущественно на плановые осмотры и обращения пользователей. Применение вибродиагностики позволяет заблаговременно выявлять потенциальные неисправности и выполнять превентивный ремонт – на основе актуального состояния оборудования, до полного выхода его из строя [1].

В рамках настоящего исследования выполнены сбор и анализ сигналов ускорения, зарегистрированных трёхосевыми акселерометрами, установленными в двух ключевых точках лифтовой установки: на корпусе приводного механизма (лебёдки) и внутри кабины. Объектом наблюдения являлась лифтовая система, демонстрирующая признаки технического износа и требующая регламентного обслуживания. Цель анализа состоит в выделении информативных частотных диапазонов по амплитудно-частотным характеристикам вибраций и определении диагностических критериев для последующей алгоритмической реализации и автоматизированной обработки.

Акселерометр представляет собой измерительное устройство, предназначенное для измерения ускорений объекта [2]. Прибор используется для регистрации колебательных процессов, возникающих при работе механических систем. Принцип его действия основан на смещении инерционной массы относительно корпуса датчика, которое преобразуется в электрический сигнал, пропорциональный величине ускорения.

Сигналы ускорений по трём осям (x , y , z) регистрировались с частотой дискретизации 1600 Гц. Компоненты сигналов были центрированы (удалена постоянная составляющая) и представлены во временной области, после чего для каждой оси был построен амплитудный спектр для выявления характерных частот вибраций.

На рисунке 1 представлены временные зависимости ускорений по трём осям, зарегистрированные на лебёдке в течение полного 15-секундного цикла движения лифта с 1 до 4 этажа.

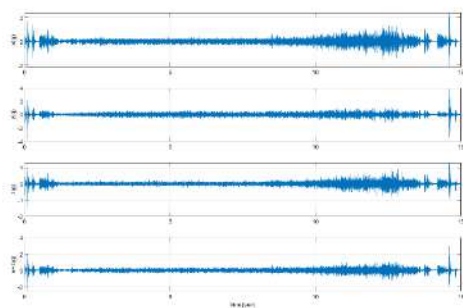


Рис. 1 – Временные зависимости ускорений, зарегистрированные на лебёдке

После кратковременного переходного режима, следующего за началом движения, наблюдается продолжительный участок установившегося движения с низкой амплитудой вибраций. Примерно с десятой секунды фиксируется переход к торможению, сопровождающийся постепенным увеличением уровня колебаний. Суммарный канал $x+z(g)$ позволяет более отчётливо выделить горизонтальную составляющую вибраций.

Переход к частотному представлению выполнен с использованием дискретного преобразования Фурье (БПФ) [3]. Диапазон частот задавался исходя из частоты дискретизации в соответствии с теоремой Котельникова (1) [4].

$$f_d \geq 2f_m, \quad (1)$$

где f_d – частота дискретизации, f_m – максимальная частота сигнала в спектре.

Для расчёта спектра использовалась оценка спектральной плотности мощности (2) [5].

$$G(\omega) = \frac{|F_T(\omega)|^2}{T}, \quad (2)$$

где $G(\omega)$ – спектральная плотность мощности, T – длительность сигнала, $F_T(\omega)$ – преобразование Фурье сигнала.

В соответствии с общими принципами вибродиагностики лифтового оборудования, для выявления характерных частот вибраций, связанных с

предполагаемой неисправностью подшипника, анализ выполнялся на участке установившегося движения кабины лифта. В этом режиме механические узлы работают при постоянной нагрузке и скорости, что обеспечивает достоверность спектральных оценок [6]. Соответствующий спектр 4-секундного фрагмента данного режима представлен на рисунке 2.

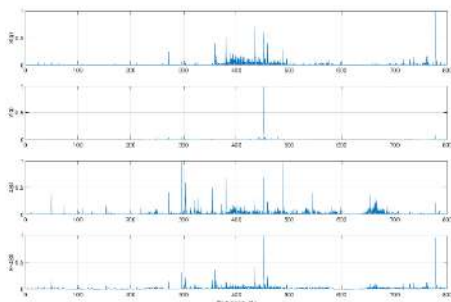


Рис. 2 – Спектры ускорений, зарегистрированных на лебёдке с 3 по 7 секунды движения

Во всех каналах отмечаются выраженные гармоники в диапазоне 350 – 500 Гц, при этом горизонтальные компоненты x и z демонстрируют более высокий уровень спектральной плотности.

Аналогично для датчика в кабине: выделен участок установившегося хода и построены временной ряд ускорений и амплитудный спектр (см. рис. 3, 4). В диапазоне 580–600 Гц отчётливо выделяются гармоники по горизонтальным осям x и z , тогда как по вертикальной оси y доминируют низкочастотные составляющие спектра, обусловленные главным образом колебаниями подвески, канатов и взаимодействием кабины лифта с направляющими. В связи с этим для последующего анализа целесообразно опираться на горизонтальные каналы (x , z), а вертикальный канал y исключить как более шумный относительно информативных искоемых частотных компонентов.

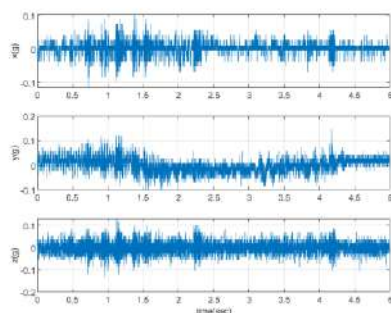


Рис. 3 – Временные зависимости ускорений, зарегистрированные на кабине

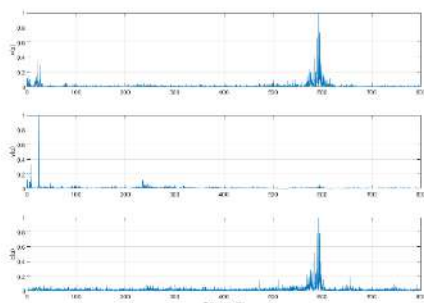


Рис. 4 – Спектры ускорений, зарегистрированных на кабине

Полученные результаты указывают на характерные частотные компоненты вибраций, потенциально связанные с неисправностью подшипникового узла. Поскольку имеющихся данных недостаточно для формулирования однозначных диагностических критериев, на следующем этапе целесообразно провести дополнительный эксперимент, сопоставив спектры исследуемого лифта со спектральными характеристиками полностью исправного оборудования. Это позволит окончательно выделить информативные частотные диапазоны и отделить компоненты, обусловленные дефектом, от эксплуатационного шума, а далее – реализовать обработку в реальном времени на основе полосовых фильтров с параметрами, настроенными на выделенные полосы [7].

Литература:

1. Шарапов Р.Р., Попов Л.Н., Шихов Н.С. Существующие и перспективные подходы в обслуживании лифтового оборудования [Электронный ресурс] // Известия ТулГУ. Технические науки. 2024. №12. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/suschestvuyuschie-i-perspektivnye-podhody-v-obsluzhivanii-liftovogo-oborudovaniya> (дата обращения: 01.11.2025).
2. ГОСТ 18955-73. Акселерометры низкочастотные линейные. Термины и определения. – Введ. 01.07.1974. – М.: Изд-во стандартов, 1973. – 14 с.
3. Рабинер Л., Гоулд Б. Теория и применение цифровой обработки сигналов. – М.: Мир, 1978. – 848 с.
4. Котельников В.А. О пропускной способности «эфира» и проволки в электросвязи: Материалы к Первому Всесоюзному съезду по вопросам технической реконструкции дела связи и развития слаботочной промышленности. // (Сборник Всесоюзного энергетического комитета. По радиосекции. –М.: Управление связи РККА, 1933) // Успехи физических наук, 2006. – № 7. – С. 762-770.
5. Отнес Р., Эноксон Л. Прикладной анализ временных рядов. Основные методы. – М.: Мир, 1982.
6. Черепанов И.М. Диагностика лифтов: пособие для студентов специальности 1-36 11 01 «Инновационная техника для строительного комплекса (по направлениям)» / И. М. Черепанов, С. С. Непарко. – Минск: БНТУ, 2021. – 115 с.
7. Oppenheim A. V., Schafer R. W. Discrete-Time Signal Processing. Pearson New International Edition. 3rd ed. Harlow: Pearson Education Limited, 2014.

**ОБРАБОТКА ДАННЫХ ИСПЫТАНИЙ ПРОТОТИПА
ДЕТЕКТОРА ЧЕРЕНКОВСКИХ КОЛЕЦ НА УСТАНОВКЕ
«ВЫВЕДЕННЫЕ ПУЧКИ» КОМПЛЕКСА ВЭПП-4М**

А. Д. Офицеров^{1,2}

¹Новосибирский государственный технический университет,

²Институт ядерной физики им. Будкера СО РАН, г. Новосибирск,

A.D.Ofitserov@inp.nsk.su

Научный руководитель: Куянов И.А., н.с., лаб. 3-2 (ЛЦТРНП)

В данной работе представлены результаты испытаний прототипа детектора черенковских колец на основе фокусирующего аэрогеля (FARICH) и описана обработка эксперимента. Также проведено сравнение между ДЧК на

основе фокусирующего аэрогеля с не фокусирующим и тестирование ДЧК при применении линзы Френеля. Испытания проводились на установке “Выведенные пучки” ускорителя ВЭПП-4М.

This work presents the test results of a prototype Cherenkov ring imaging detector based on Focusing Aerogel (FARICH) and describes the experimental data processing. A comparison is made between the FARICH detector, a non-focusing aerogel detector, and tests of detector utilizing a Fresnel lens were also carried out. The tests were performed at the "Extracted Beams" facility of the VEPP-4M accelerator.

В экспериментах физики элементарных частиц на базе ускорительных комплексов для анализа взаимодействий ускоренных частиц используют специальные универсальные детекторы, задачей которых является измерение конкретных параметров. Одной из подсистем такого детектора, как правило, является система идентификации частиц. В Институте ядерной физике им. Будкера разрабатывается подобная система детектора черенковских колец (ДЧК) на основе фокусирующего аэрогеля (FARICH) [1].

ДЧК позволяет проводить прямое измерение скорости заряженной частицы путём определения черенковского угла θ , согласно выражению, где n – показатель преломления вещества (радиатора), β – скорость частицы:

$$\cos \theta = \frac{1}{n\beta} \quad (1)$$

Основной вклад в результирующую ошибку определения угла θ вносит неопределённость вылета черенковских фотонов на всей толщине радиатора. В детекторе FARICH применяется многослойный фокусирующий радиатор, каждый слой которого имеет свою толщину и свой показатель преломления, что приводит к уменьшению ошибки. Существует иной подход фокусировки – применение с ДЧК линзы Френеля (ЛФ), которая фокусирует свет в конкретное место фотодетектора (см. Рис. 1).

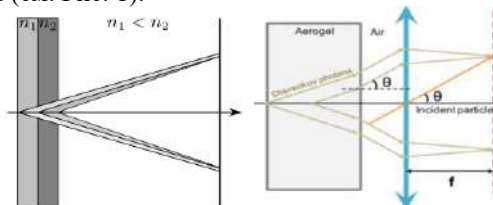


Рис.1 – Принцип работы детектора FARICH (слева),
схема ДЧК с ЛФ (справа).

Был собран и протестирован прототип ДЧК на основе сверхлёгкого аэрогеля (SiO_2) с $n_{\text{max}} \leq 1.008$ на выведенном пучке электронов ускорителя ВЭПП-4М с энергией 2.5 ГэВ/с (схема эксперимента представлена на Рис. 2) [2]. В качестве радиатора использовалась фокусирующая сборка из сверхлёгкого аэрогеля (Рис. 3), а также не фокусирующая. Дополнительно были проведены тесты ДЧК с применением линзы Френеля (см. Рис. 3).



Рис.2 – В качестве трековой системы использовались ГЭУ – газовые электронные умножители с разрешением $\sigma_y, \sigma_x \sim 50 \mu\text{m}$. NaI-калориметр применялся для измерения энергии электронов. В качестве фотодетектора использовались 4 ФЭУ Hamamatsu H12700, каждый состоящий из 8×8 пикселей размером $6 \times 6 \text{ мм}^2$.

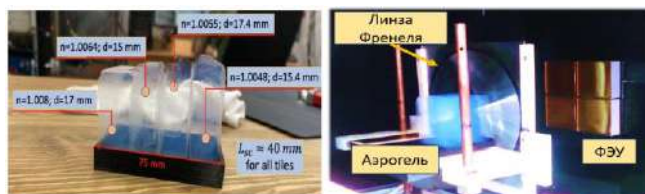


Рис.3 – Фокусирующий радиатор (слева), где n – показатель преломления, d – толщина, L_{sc} – длина рассеяния света в аэрогеле. ДЧК с линзой Френеля (справа)

Так как присутствует большое количество рассеянных фотонов или шумов ФЭУ, то необходимо отбраковать их во время анализа, потому что они значительно влияют на качество определения радиуса колец – параметра, необходимого для дальнейшей обработки. Для этого накладываются условия отбраковки на информацию, полученную с трековой системы и калориметра. Для определения параметров колец проводится последовательная максимизация отрицательной логарифмической функции правдоподобия из предположения, что распределение радиуса – нормальное (Рис. 4).

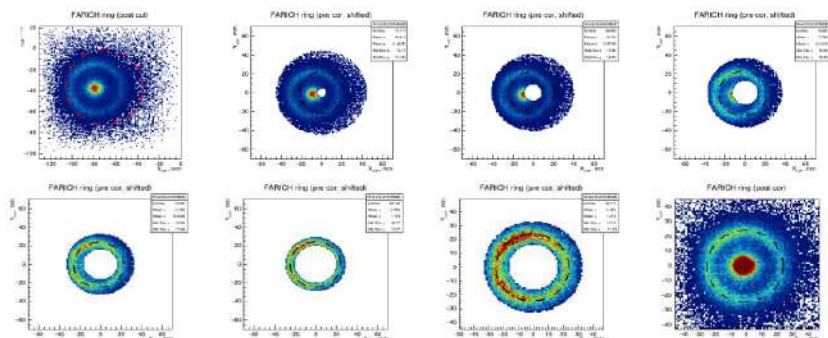


Рис.4 – Картина черенковских колец. Пунктирная линия отражает найденные средние радиусы колец на каждом этапе максимизации. Наличие красное пятна в центре колец связано с попаданием электронов в ФЭУ.

Определив центры и радиусы колец, становится возможно получить распределение радиусов фотонов, а также реконструировать черенковский угол. Также возможно определить пространственное разрешение детектора, которое характеризует точность разделения частиц.

Согласное обработке, прототип детектора FARICH на основе фокусирующей аэрогеля имеет разрешение 4.0 мм при пикселе 6х6 мм², что позволяет разделять, например, π - и K -мезоны с точностью лучше, чем 3 стандартных отклонения до импульсов $P = 5$ ГэВ/с. В случае с не фокусирующим радиатором разрешение прототипа равно 3.5 мм, что соответствует разделению на уровне 4. σ при $P = 5$ ГэВ/с. Разделение детектора на базе линзы Френеля оценено как $\sim 4. \sigma$ при $P = 5$ ГэВ/с.

Литература:

1. Barnyakov A.Yu., Barnyakov M.Yu., Bobrovnikov V.S., Buzykaev A.R., Danilyuk A.F., Kirillov V.L., Kononov S.A., Kravchenko E.A., Onuchin A.P. Focusing aerogel RICH (FARICH) // Nucl. Instrum. Methods Phys. Res., Sect. A 553, 70 — 2005.
2. Abramov G.N., Ahmetshin R.R., Barnyakov A.Yu., Blinov V.E., Bobrovnikov V.S., Buzykaev A.R., Grigoriev D.N., Kazanine V.F., Kravchenko E.A., Kononov S.A. Measurement of the energy of electrons extracted from the VEPP-4M accelerator // J. Instrum. 2016. V. 11. P. P03004 — 2016.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ НЕКОТОРЫХ АЛГОРИТМОВ ФИЛЬТРАЦИИ ПРИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКЕ РАСХОЖДЕНИЯ ШКАЛ ВРЕМЕНИ

Т.Д. Березенцев, О.С. Черникова
Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск; pm12.berezencev@gmail.com
Научный руководитель: Черникова О.С., к.т.н, доцент,
Марарескул Т.А., к.т.н.

В работе на основе компьютерного моделирования получены расхождения шкал времени (РШВ) при наличии шума различной интенсивности и разным количеством пропущенных данных. Исследована эффективность применения алгоритма фильтрации Савицкого-Голея и адаптивного фильтра Калмана при предварительной обработке измерительных данных РШВ.

Based on computer modeling, intersatellite time scale divergence were obtained for different noise distributions and types of intersatellite communication. The effectiveness of the Savitsky-Golay filtering algorithm is investigated and adaptive Kalman filter in the preprocessing of the measurement data of the time scale divergence.

Введение

Задача синхронизации разнесенных в пространстве стандартов частоты является одной из актуальных задач для развития глобальных навигационных спутниковых систем. Точное определение поведения часов необходимо для обеспечения точных навигационных характеристик и оптимизации интервала между загрузкой поправок к опорной шкале. Причиной ухода бортовых шкал является совокупность факторов, таких как, например, неоднородность гравитационного поля Земли или неравномерность вращения Земли. Ограниченное покрытие наземных измерительных станций и невозможность непрерывной связи между спутниками приводит к неполным временным рядам РШВ, содержащим возмущения [1]. В работе исследуется эффективность применения алгоритма скользящего среднего, алгоритма фильтрации Савицкого-Голея [2] и адаптивного фильтра Калмана при предварительной обработке измерительных данных РШВ при наличии шума различной интенсивности и при различном количестве пропущенных данных

Описание поведения и прогнозирование РШВ

Использовались значения РШВ навигационных спутников, представленные системой высокоточного определения навигационной и эфемеридно-временной информации [2], с шагом 30 с и интервалом наблюдения – 7 месяцев.

Рассматривался временной ряд

$$\hat{y}^{ij} = y^i - y^j + e,$$

где y^i, y^j – РШВ спутников i-го и j-го, e- белая гауссовская последовательность с нулевым математическим ожиданием и среднеквадратичным отклонением (СКО) 1нс (или 0,15 нс). При шуме со СКО 0,15 нс учитывались выбросы (5% и 10% данных содержали шум с нулевым математическим ожиданием и СКО равным 1 нс). Средние СКО в этих случаях равны 0,27нс и 0,35нс соответственно.

Также рассматривались различные варианты периодически отсутствующих данных: 90, 30, 15 измерений.

Результаты применения различных алгоритмов предварительной обработки РШВ при наличии в данных 90 периодически пропущенных измерений представим в табл.1.

Таблица 1 – СКО (90 пропущенных измерений), нс

Алгоритм	Шум 1 нс,	Шум 0,15 нс	Шум 0,15 нс + 5% шум 1 нс	Шум 0,15 нс + 10% шум 1 нс
Скользящее среднее	0,56	0,13	0,18	0,22
Савицкого-Голея	0,69	0,13	0,20	0,25
Адаптивный фильтр Калмана	0,63	0,15	0,21	0,25

Численные результаты показали, что при наличии повторяющихся 90 и 30 измерений целесообразно использовать алгоритм скользящего среднего, а при пропуске 15 измерений - адаптивный фильтр Калмана.

Заключение

Исследована эффективность применения алгоритма скользящего среднего, алгоритма фильтрации Савицкого-Голея и адаптивного фильтра Калмана при предварительной обработке измерительных данных РШВ при наличии шума различной интенсивности и при различном количестве пропущенных данных. Установлено, что при наличии повторяющихся 90 и 30 пропущенных измерений целесообразно использовать алгоритм скользящего среднего, а при пропуске 15 измерений - адаптивный фильтр Калмана.

Литература:

1. Алексейцев С. А. Гравитационное влияние на частотно-временные характеристики часов навигационных спутников ГЛОНАСС [Электронный ресурс] / Алексейцев С. А., Бадер В. К., Рачков В. Д., Толстиков А. С. // ИНТЕЭКСПО ГЕО-СИБИРЬ. – 2022. – № 8. – С. 41–46. – URL: <https://sgugit.ru/upload/geosibir/sborniki/2022/tom-8-2/041-046.pdf> (дата обращения: 21.11.2025).
2. Копырин А. С. Технологии обработки и очистки данных, выявления и устранения шумов на временном ряду / Копырин А. С., Бадер В. К., Рачков В. Д., Толстиков А. С. // Вестник Академии знаний. – 2020. – № 39. – С. 220–228.
3. Система высокоточного определения эфемерид и временных поправок [Электронный ресурс] – URL: <http://www.glonass-svoevp.ru> (дата обращения: 23.11.2025).

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ СНАРЯДА С УЧЕТОМ ЕГО ВРАЩЕНИЯ

Д.Е. Лейсле, О.С. Черникова

**Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, lejsle.2021@stud.nstu.ru**

Научный руководитель: Черникова О.С., к.т.н., доцент

Разработано программное обеспечение для моделирования траектории движения снаряда на основе 4DOF-модели с учётом вращения и возмущающих воздействий. Программное обеспечение позволяет по измерительным данным, представленным в таблицах стрельб, определять траекторию движения, а также с применением ансамблевого фильтра Калмана оценивать параметры стохастической нелинейной непрерывно-дискретной модели, учитывающей вращение снаряда. Показана эффективность применения UKF для оценки параметров модели и повышения точности определения и прогнозирования траектории движения центра масс снаряда.

Software has been developed for modeling the projectile trajectory based on a 4DOF model, taking into account rotation and disturbance effects. The software enables determining the motion trajectory using measurement data presented in firing tables. Additionally, it employs the Unscented Kalman Filter (UKF) to estimate the parameters of a stochastic nonlinear continuous-discrete model that accounts for projectile rotation. The effectiveness of using the UKF for model parameter estimation and improving the accuracy of determining and predicting the trajectory of the projectile's center of mass has been demonstrated.

В работе представлено алгоритмическое и программное обеспечение, позволяющее моделировать траекторию движения центра масс артиллерийского снаряда на основе стохастической нелинейной непрерывно-дискретной модели, в основе которой лежит система дифференциальных уравнений внешней баллистики с четырьмя степенями свободы (4DOF), учитывающая вращение снаряда [1, 2].

Рассматривается следующая модель движения центра масс в декартовой системе координат (1), (2) с начальными условиями (3):

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{du}{dt} = -\frac{\pi \rho v D^2}{8m} i c_x \left(\frac{v}{a}\right) (1 + c_1 \delta^2), \\ \frac{d\gamma}{dt} = -\frac{g v}{u^2}, \\ \frac{d\xi}{dt} = B_{NM} \left(\frac{v}{a}\right) \frac{v_\varphi}{v u}, \\ \frac{dv_\varphi}{dt} = -\rho \sqrt{1 + \gamma^2} B_r \left(\frac{v}{a}\right) v_\varphi, \\ \frac{dx}{dt} = u + w_1, \\ \frac{dy}{dt} = \gamma u + w_2, \\ \frac{dz}{dt} = \xi u + w_3. \end{array} \right. \quad (1)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} x_h = x + v_1 \\ y_h = y + v_2 \\ z_h = z + v_3 \end{array} \right. \quad (2)$$

$$u_0 = v_0 \cos \theta_0, \quad \gamma_0 = \tan \theta_0, \quad \xi_0 = 0, \quad v_{\varphi 0} = v_0, \quad x_0 = 0, \quad y_0 = 0, \quad z_0 = 0, \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \text{где} \quad u &= v \cos \theta, \quad \xi = \tan \psi, \quad \gamma = \tan \theta, \quad v_\varphi = \frac{\eta D}{2\pi} \omega_\varphi, \\ B_{NM} \left(\frac{v}{a}\right) &= \frac{\pi g}{2} \frac{\mu L}{\eta H} K_{NM} \left(\frac{v}{a}\right), \quad K_{NM} \left(\frac{v}{a}\right) = K_N \left(\frac{v}{a}\right) K_M^{-1} \left(\frac{v}{a}\right), \\ B_\delta \left(\frac{v}{a}\right) &= \frac{\pi g \mu m}{D H \eta} K_M^{-1} \left(\frac{v}{a}\right), \quad B_r \left(\frac{v}{a}\right) = \frac{4 D L}{\mu m} K_r \left(\frac{v}{a}\right), \quad \delta = \frac{v_\varphi}{\rho v^3 \sqrt{1 + \gamma^2}} B_\delta \left(\frac{v}{a}\right), \quad x, y, \end{aligned}$$

z – координаты центра масс снаряда, m – масса снаряда, v – модуль скорости снаряда, θ – угол между вектором скорости и плоскостью XOZ , φ – угол прецессии стабилизированного вращения, ψ – угол между осью OX и проекцией вектора скорости на плоскость XOZ , ρ – плотность среды, D – калибр снаряда, L – длина снаряда, δ – угол нутации (угол атаки) стабилизированного вращения снаряда, c_1 и c_2 – эмпирические коэффициенты, зависящие от формы снаряда, c_x – эталонный закон сопротивления воздуха (1943 г.), H – плечо аэродинамической силы, – угловая скорость вращения снаряда вокруг своей оси, μ – коэффициент, связанный с распределением массы внутри снаряда,

$K_M(\frac{v}{a})$ – функция опрокидывающего момента, $K_r(\frac{v}{a})$ – функция

поверхностного трения $K_N(\frac{v}{a})$ – функция нормальной силы, a – скорость звука, i – коэффициент формы снаряда, v_i , w_i – возмущения динамики и измерений с нулевыми математическими ожиданиями и ковариационными матрицами Q и R соответственно.

Функциональные зависимости опрокидывающего момента, поверхностного трения, нормальной силы и сопротивления воздуха были выражены аналитически и выражены с помощью набора оцениваемых параметров (4)

$$\bar{p} = (i, \beta_\alpha, \beta_{nm}, \beta_r, \beta_\delta, \beta_\gamma) \quad (4)$$

Реализована процедура параметрической идентификация модели (1), (2) на основе результатов, представленных в таблицах стрельб, с уточнением точек попадания, а также с применением ансамблевого фильтра Калмана (UKF) [6-9].

Проведённые численные исследования показали эффективность применения UKF для оценки параметров модели и повышения точности определения и прогнозирования траектории движения центра масс снаряда.

Литература:

1. Коновалов А.А., Николаев Ю.В. Внешняя баллистика / Коновалов А. А., Николаев Ю. В.; М.: ЦНИИ информации, 1979. – 228 с.

2. Козлитин И.А. Математическая модель движения вращающегося снаряда / И. А. Козлитин // «Математическое моделирование». – 2020. – Т. 32, № 5. – С. 126-142.

3. Хайков В.Л. Обзор аналитических выражений закона сопротивления воздуха 1943 г. 1. Библиотека формул, аппроксимирующих ЗСВ 1943 г. / Хайков В. Л. // «Электронные информационные системы». – 2017. – № 4 (15). – С. 74-90.

4. Хайков В.Л. Обзор аналитических выражений закона сопротивления воздуха 1943 г. 2. Аналитическое выражение закона сопротивления воздуха 1943 г., сравнительная характеристика формул и принципы их классификации / Хайков В. Л. // «Электронные информационные системы». – 2017. – № 1 (16). – С. 85-97.

5. Гантмахер Ф.Р., Левин Л.М. Внешняя баллистика неуправляемых реактивных снарядов. / Гантмахер Ф.Р., Левин Л.М.; М.: Центральный аэро-гидродинамический институт им. проф. Жуковского, 1947. – 308 с.

6. Kalman R.E. A new approach to linear filtering and prediction problems / Kalman R. E. // Journal of Basic Engineering. – 1960. – Vol.82(1) – pp 35-45.

7. Smith G.L., Schmidt S.F., McGee L.A. Application of Statistical Filter Theory to the Optimal Estimation of Position and Velocity on Board a Circumlunar Vehicle / Smith G.L., Schmidt S.F., McGee L.A. // National Aeronautics and Space Administration. – 1962. – TR R-135 – p. 27.

8. Julier Simon J., Uhlmann Jeffrey K. A new Extension of the Kalman Filter to Nonlinear Systems / Julier Simon J., Uhlmann Jeffrey K. // Signal Processing, Sensor Fusion, and Target Recognition. – 1997. – Vol.6. – p. 12.

9. Julier Simon J. The scaled unscented transformation / Julier Simon J. // «American Control Conference». – 2002. – Vol.6. – pp 4555-4559.

АДАПТИВНАЯ ПРЕДОБРАБОТКА ФИНАНСОВЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ НЕЙРОСЕТЕВЫХ СИСТЕМ ОБНАРУЖЕНИЯ МОШЕННИЧЕСТВА

Р. В. Самойленко

**Новосибирский государственный университет экономики
и управления «НИНХ»,
г. Новосибирск, ro999@yandex.ru**

Научный руководитель: Пестунов А.И., к. ф-м. н., доцент

В работе рассматривается проблема обнаружения финансового мошенничества в условиях стремительного роста объемов и скорости цифровых финансовых транзакций. Актуальность задачи обусловлена возрастающей сложностью выявления мошеннических операций и критической

важностью предотвращения финансовых потерь. Предложен комплексный подход к предобработке финансовых данных, включающий адаптивную обработку выбросов (АОН), модифицированную дискретизацию на основе информации (IMD) и гибридное кодирование категориальных признаков (HCFE).

This paper addresses the problem of financial fraud detection in the context of rapidly growing volumes and speeds of digital financial transactions. The relevance of the problem is due to the increasing complexity of identifying fraudulent operations and the critical importance of preventing financial losses. A comprehensive approach to financial data preprocessing is proposed, including adaptive outlier handling (AOH), modified information-based discretization (IMD), and hybrid categorical feature encoding (HCFE).

В современном цифровом мире, где финансовые транзакции осуществляются с невиданной ранее скоростью и объемом, обнаружение мошеннических операций становится все более сложной и критически важной задачей. Рост онлайн-банкинга, электронной коммерции и различных цифровых платежных систем привел к экспоненциальному увеличению объемов данных, требующих анализа. В этой ситуации нейросетевые модели, с их способностью к обучению сложным закономерностям и выявлению нелинейных зависимостей, зарекомендовали себя как мощный инструмент в борьбе с финансовым мошенничеством. Они способны анализировать огромные массивы данных, выявлять скрытые паттерны и аномалии, которые могут указывать на мошеннические действия. Однако, эффективность этих моделей напрямую зависит от качества данных, на которых они обучаются. Подготовка данных, известная как предобработка, играет ключевую роль в обеспечении высокой производительности и надежности нейросетевых систем обнаружения мошенничества.

Финансовые данные обладают рядом уникальных характеристик, которые делают их особенно сложными для обработки: высокая степень "зашумленности", дисбаланс классов, сложные паттерны мошеннических операций, ввиду чего простые статические методы предобработки часто оказываются недостаточными для выявления и подготовки данных с такими сложными характеристиками, что требует разработки новых специфических подходов [1].

Целью данной работы является разработка и оценка эффективности новых методов предобработки финансовых данных, адаптированных к уникальным свойствам датасетов и предназначенных для повышения производительности нейросетевых моделей обнаружения мошенничества. Основной задачей является предложение и экспериментальная оценка комбинированного подхода к предобработке данных.

В работе предлагаются три новых метода предобработки, разработанные для решения проблем, связанных с уникальными особенностями финансовых данных: Адаптивная обработка выбросов (АОН), Модифицированная дискретизация на основе информации (IMD) и Гибридное кодирование категориальных признаков (HCFE) [2]. Эти методы представляют собой комплексный подход для улучшения качества данных, снижения влияния шума, балансировки классов и адаптацию к динамически меняющимся паттернам мошеннических операций. Адаптивная обработка выбросов (АОН) - это метод, стремящийся выявлять и корректировать выбросы, используя комбинацию статистических подходов и методов машинного обучения, нацеленных на обнаружение как одномерных, так и многомерных выбросов. Это позволяет более эффективно обрабатывать различные типы аномалий и снижать влияние выбросов на обучение моделей. Модифицированная дискретизация на основе информации (IMD) максимизирует информативность дискретизации числовых признаков, итеративно оценивая интервалы на основе взаимной информации с целевой переменной. Такой подход позволяет сохранить важные закономерности и повысить обобщающую способность моделей. Также, гибридное кодирование категориальных признаков (HCFE), которое предполагает адаптивный выбор метода кодирования для каждого признака, основанный на его характеристиках, что позволяет оптимизировать представление категориальных данных для конкретной задачи [3].

Хотя отдельные компоненты, используемые в АОН, IMD и HCFE, такие как методы выявления выбросов, алгоритмы дискретизации и техники кодирования категориальных признаков, встречаются в различных областях машинного обучения, их конкретная комбинация и адаптация к финансовым данным, предложенные в данной работе, являются новыми и не были ранее применены в контексте обнаружения финансового мошенничества. Новизна подхода заключается в интеграции различных методов предобработки и их оптимизации для специфических задач анализа финансовых данных [4].

В экспериментах использовались стандартные метрики классификации для оценки эффективности моделей обнаружения мошенничества (LSTM и CNN, разделение данных: 70% тренировка, 15% валидация, 15% тест; 5-кратная кросс-валидация для усреднения): precision (точность), recall (полнота), f1-score (F1-мера). В таблице 1 представлено сравнения метрик для предложенных методов предобработки относительно baseline (стандартная предобработка).

Таблица включает абсолютные значения метрик, усреднённые по 5 кросс-валидациям с доверительными интервалами.

Таблица 1- Сводное сравнение метрик

Метод	Модель	Precision (%)	Recall (%)	F1-score (%)
Baseline	LSTM	68.5 ± 2.5	72.8 ± 3.1	75.2 ± 2.1
Baseline	CNN	67.2 ± 2.7	71.4 ± 3.2	73.8 ± 2.3
АОН	LSTM	70.8 ± 2.3	78.2 ± 2.8	78.9 ± 1.8
АОН	CNN	69.5 ± 2.4	76.9 ± 2.9	77.4 ± 2.1
IMD	LSTM	69.1 ± 2.4	74.5 ± 3.0	76.5 ± 2.0
IMD	CNN	67.8 ± 2.5	73.2 ± 3.1	75.9 ± 2.2
HCFE	LSTM	69.7 ± 2.4	75.1 ± 2.9	77.1 ± 1.9
HCFE	CNN	68.4 ± 2.6	73.8 ± 3.0	76.7 ± 2.0
АОН + IMD + HCFE	LSTM	77.2 ± 2.0	88.1 ± 2.5	87.3 ± 1.5
АОН + IMD + HCFE	CNN	74.5 ± 2.2	84.7 ± 2.6	85.1 ± 1.7

Результаты экспериментальных исследований, проведенных на реальных финансовых наборах данных, взятых с ресурса Kaggle, показывают, что применение предложенных методов (АОН, IMD и HCFE) в комбинации позволило повысить средний F1-score нейросетевых моделей обнаружения мошенничества на 12-15% по сравнению с использованием стандартных методов предобработки. Кроме того, наблюдался рост точности (precision) в среднем на 8-10%, что означает снижение количества ложных срабатываний, и улучшение полноты (recall) на 15-20%, указывающее на более эффективное обнаружение реальных случаев мошенничества. Эти результаты

подтверждают ценность адаптации предобработки данных к специфике финансовых транзакций.

Литература:

1. Chawla N. V., Bowyer K. W., Hall L. O., Kegelmeyer W. P. SMOTE: synthetic minority over-sampling technique // Journal of Artificial Intelligence Research. 2002. No. 16. P. 321–357.
2. He H., Garcia E. A. Learning from imbalanced data // IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering. 2009. Vol. 21. No. 9. P. 1263–1284.
3. Kohavi R. A study of cross-validation and bootstrap for accuracy estimation and model selection // International Joint Conference on Artificial Intelligence. 1995. P. 1137–1143.
4. Liu S., Weng J. Financial fraud detection based on deep learning // Applied Sciences. 2020. Vol. 10. No. 15. P. 5275.

ОЦЕНИВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЕМ НА ОСНОВЕ КВАДРАТНО-КОРНЕВОЙ РОБАСТНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ

С. А. Евланова

**Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, evlanovasof@yandex.ru**

Научный руководитель: Чубич В. М., д.т.н., профессор

Разработана и программно реализована процедура параметрическая идентификация на основе квадратно-корневой модификации робастного фильтра Изанлу (Izanloo) – Фейкуриана (Fakoorian) – Джазди (Yazdi) – Саймона (Simon). На примере модели системы управления положением продемонстрирована эффективность применения указанной процедуры.

A parametric identification procedure based on a square-root modification of the robust Izanloo-Fakoorian-Yazdi-Simon filter was developed and implemented. The effectiveness of this procedure was demonstrated in a proposal management system model.

Рассмотрим систему управления положением, состоящую из вращающейся антенны и двигателя постоянного тока (см. [1, сс. 148, 158, 497]). Следуя рекомендациям [2, с. 343; 3, с. 232], выпишем уравнения соответствующей цифровой системы (см. дополнительно [1, с. 511]):

$$\mathbf{x}(t_{k+1}) = \begin{bmatrix} x_1(t_{k+1}) \\ x_2(t_{k+1}) \end{bmatrix} = \mathbf{F}\mathbf{x}(t_k) + \mathbf{\Psi}u(t_k) + \mathbf{w}(t_k) =$$

$$= \begin{bmatrix} 1 & \frac{1}{\theta_1}(1 - e^{-\theta_1 T}) \\ 0 & e^{-\theta_1 T} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1(t_k) \\ x_2(t_k) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{\theta_2}{\theta_1} \left(T - \frac{1}{\theta_1} + \frac{1}{\theta_1} e^{-\theta_1 T} \right) \\ \frac{\theta_2}{\theta_1} (1 - e^{-\theta_1 T}) \end{bmatrix} u(t_k) + w(t_k); \quad (1)$$

$$y(t_{k+1}) = Hx(t_{k+1}) + v(t_{k+1}) = [1 \ 0] \begin{bmatrix} x_1(t_{k+1}) \\ x_2(t_{k+1}) \end{bmatrix} + v(t_{k+1}), \quad k = \overline{0, N-1}. \quad (2)$$

Здесь $x_1(\cdot)$ – угловое положение антенны (рад), $x_2(\cdot)$ – угловая скорость (рад/с), $u(\cdot)$ – входное напряжение (В), $w(\cdot)$ – шум системы (возмущающий момент, вызываемый ветром), θ_1 и θ_2 – параметры, подлежащие оцениванию, $y(\cdot)$ – измеряемое угловое положение антенны (В), $v(\cdot)$ – шум измерений.

Предположим, что:

- $w(t_k)$ и $v(t_{k+1})$ образуют белые гауссовские последовательности, причем

$$E[w(t_k)] = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix},$$

$$E[w(t_k)w^T(t_i)] = Q\delta_{ki} = \begin{bmatrix} 2 \cdot 10^{-5} & 3 \cdot 10^{-4} \\ 3 \cdot 10^{-4} & 6 \cdot 10^{-3} \end{bmatrix} \delta_{ki};$$

$$E[v(t_{k+1})] = 0, \quad E[v(t_{k+1})v(t_{i+1})] = R\delta_{ki} = 10^{-6}\delta_{ki};$$

$$E[w(t_k)v(t_i)] = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad \text{для любых } k, i = \overline{0, N-1};$$

- начальное состояние $x(t_0)$ имеет нормальное

распределение с математическим ожиданием $\bar{x}(t_0) = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$,

ковариационной матрицей $P(t_0) = \begin{bmatrix} 0.01 & 0 \\ 0 & 0.01 \end{bmatrix}$ и не коррелирует с $w(t_k)$ и $v(t_{k+1})$ при любых значениях переменной k .

Будем находить оценки неизвестных параметров $\theta = [\theta_1, \theta_2]$ математической модели (1), (2) по наблюдениям Ξ . В отличие от [4] применяя взвешенный метод максимального правдоподобия и квадратно-корневую модификацию робастного фильтра Изанлу – Фейкуриана – Джазди – Саймона из [5]. Для этого решим следующую задачу нелинейного программирования с ограничениями:

$$\hat{\theta} = \arg \min_{\theta \in \Omega_\theta} \chi(\theta, \sigma; \Xi).$$

Здесь σ – размер ядра в указанном фильтре, $\Xi = \{U, Y\}$, $U = [u^T(t_0), \dots, u^T(t_{N-1})]^T$ – идентифицирующий входной сигнал,

$Y = [y^T(t_1), \dots, y^T(t_N)]^T$ – соответствующий ему выходной сигнал,
 $\Omega_\theta = \{1 < \theta_1 < 10, 0 < \theta_2 < 1\}$ – область определения неизвестных параметров.

Следуя [6] выпишем критерий идентификации:

$$\chi(\theta, \sigma; \Xi) = \frac{Nm}{2} \ln 2\pi + \frac{1}{2} \sum_{k=0}^{N-1} L(t_{k+1}) \ln \det B(t_{k+1}) + \\ + \frac{1}{2} \sum_{k=0}^{N-1} L(t_{k+1}) \varepsilon^T(t_{k+1}) B(t_{k+1})^{-1} \varepsilon(t_{k+1}), \quad (3)$$

где $L(t_{k+1})$, $\varepsilon(t_{k+1})$ и $B(t_{k+1})$ – определяются по уравнениям фильтра Изанлу – Фейгуриана – Джазди – Саймона.

Положим $N=100$, $T=0.1$. Будем считать, что $u(t_k) = 3 + 2 \sin(4\pi t_k)$. В качестве истинного значения параметров выберем $\theta_1^* = 4.6$, $\theta_2^* = 0.787$.

Для решения задачи воспользуемся методом последовательного квадратичного программирования [7, с. 501] с численным вычислением градиента.

Для ослабления зависимости результатов оценивания от выборочных данных проведем $M=100$ различных запусков системы. О качестве параметрической идентификации будем судить по значениям относительной ошибки и ARMSE, для вычисления которых воспользуемся формулами:

$$\delta_{\hat{\theta}} = \sqrt{\frac{(\theta_1^* - \hat{\theta}_1^{cp})^2 + (\theta_2^* - \hat{\theta}_2^{cp})^2}{(\theta_1^*)^2 + (\theta_2^*)^2}}; \\ \text{ARMSE} = \sqrt{\frac{1}{MN} \sum_{j=1}^M \sum_{k=0}^{N-1} (y^j(t_{k+1}) - \hat{y}^j(t_{k+1}))^2},$$

где $\hat{\theta}_{cp}$ – усредненная оценка неизвестных параметров по всем запускам; $y^j(t_{k+1})$ и $\hat{y}^j(t_{k+1}) = H\hat{x}^j(t_{k+1}|t_{k+1})$ – соответственно измерение и его оценка в момент времени t_{k+1} для j -го запуска системы.

Проанализируем две ситуации. Сначала будем обрабатывать данные с одиночными выбросов. Далее будем обрабатывать данные с групповыми выбросами. Для этого смоделируем выборку, считая, что коэффициент

загрязнения выборки 0.1 , а дисперсия шума аномальных наблюдений $R_A = 10^4 R$

Результаты представим в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты параметрической идентификации, относительные ошибки и ARMSE

Выбросы	Фильтр	$\hat{\theta}_1^{cp}$	$\hat{\theta}_2^{cp}$	$\delta_{\hat{\theta}}$	ARMSE
Одиночные	Классическая	9.3534	0.9355	1.0191	0.0236
	Робастная	4.5984	0.7869	0.0003	0.0023
Групповые	Классическая	8.8995	0.9191	0.9217	0.0372
	Робастная	4.5969	0.7869	0.0007	0.0023

Графическое представление результатов применения робастной процедуры оценивания для одного из запусков системы приведено на рисунках 1 и 2.

Разработана и программно реализована процедура параметрической идентификации стохастических линейных дискретных систем на основе устойчивой в вычислительном отношении квадратно-корневой модификации робастного фильтра Изанлу–Фейкуриана–Джазди–Саймона.

На примере цифровой системы управления положением показана эффективность (см. таблицу 1) применения указанной процедуры в случае присутствия в выборке одиночных и групповых выбросов.



Рис. 1. Графическое представление $\mathbf{Y}$ и $\hat{\mathbf{Y}}$ при одиночных аномальных выбросах

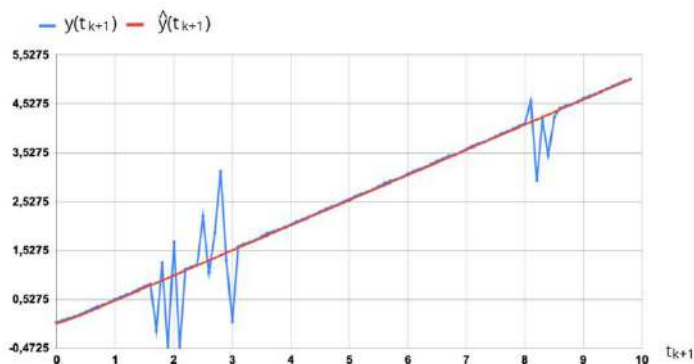


Рис. 2. Графическое представление $\mathbf{Y}$ и $\hat{\mathbf{Y}}$ при групповых аномальных выбросах

Литература:

1. Квакернаак Х., Сиван Р. Линейные оптимальные системы управления. – М.: Мир, 1977. – 650 с.
2. Bar-Shalom Y., Li X.-R., Kirubarajan T. Estimation with applications to tracking and navigation. – New York: John Wiley & Sons Inc., 2001. – 558 p.
3. Simon D. Optimal state estimation: Kalman, H_{∞} , and nonlinear approaches. – New Jersey: John Wiley & Sons Inc., 2006. – 526 p.
4. Чубич В.М., Прокофьева А.Э. Параметрическая идентификация стохастических линейных дискретных систем на основе робастной фильтрации // Вестник ИргТУ. – 2018. – Т. 22, № 2. – С. 84 – 94.
5. Kalman filtering based on the maximum correntropy criterion in the presence of non-Gaussian noise / Izanloo R., Fakoorian S.A., Yazdi H.S., Simon D. // Annual Conference on Information Science and Systems (CISS), 16-18 mar. 2016: Proceedings. – Princeton, 2016 – P. 500–505.
6. Чубич В.М., Кулабухова С.О. Робастная процедура параметрической идентификации стохастических нелинейных непрерывно-дискретных систем // Сибирский журнал индустриальной математики. – 2021. – Т. 24, № 3. – С. 138 – 149.
7. Antoniou A., Lu W.-S. Practical optimization: algorithms and engineering applications. – New York: Springer, 2007. – 669 p.

ИНФОРМАЦИОННАЯ ЭНТРОПИЯ ДВОИЧНОГО МЕХАНИЗМА ВНИМАНИЯ В ТРАНСФОРМЕРНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЯХ И КРИТЕРИЙ СОХРАНЕНИЯ КОНТЕКСТНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ

О. В. Зобов

ООО «Зетмастер», г. Москва

Научный руководитель: Шахнов В. А., чл.-корр. РАН, д. т. н., проф.,
зав. каф. ИУ4 МГТУ им. Н. Э. Баумана

Рассматривается переход от классической многопеременной логистической функции (softmax) к пороговой двоичной функции в механизме самовнимания трансформеров. Предлагается количественный показатель потери информации – средняя информационная энтропия бинарной матрицы внимания. Теоретически выводится связь между снижением энтропии и ухудшением метрик качества; устанавливается порог $H \geq 0,95$ бит, гарантирующий падение точности не более 2%. Разработан быстрый алгоритм подбора порогов для каждой «головы» внимания методом минимизации канального искажения; время калибровки не превышает пяти минут.

This work studies replacing softmax with a binary threshold in Transformer self-attention. Average information entropy of the binary attention map is introduced as a quantitative measure of contextual richness; the derived condition $H \geq 0.95$ bit guarantees less than 2% accuracy drop. A fast head-wise threshold search based on channel-distortion minimisation completes within five minutes and keeps entropy at 0.96 bit.

1. Введение

Механизм самовнимания лежит в основе современных трансформеров и обеспечивает их высокую точность в задачах обработки естественного языка. Основная операция – нормализация многопеременной логистической функцией требует вычисления экспоненты и деления, что на краевых устройствах приводит к росту энергопотребления и задержки. Бинаризация внимания, то есть замена вещественных коэффициентов на значения $\{0,1\}$, устраняет тяжёлые операции, однако может ослабить контекстные связи. Цель работы – разработать строгий критерий, позволяющий оценить допустимость такой замены без полного переобучения сети.

2. Постановка задачи

Пусть $A \in \{0, 1\}^{(l \times l)}$ – двоичная матрица внимания в одной «голове» (l – длина входной последовательности, токенов). Требуется:

- а) ввести скалярный показатель «богатства» контекста;

б) установить его порог, при котором качество модели практически не меняется;

в) предложить вычислительно эффективный метод подбора порогов λ , превращающих скалярные произведения $QK/\sqrt{d}$ в двоичную матрицу A .

3. Информационная энтропия двоичного внимания

Определим $p = \langle A \rangle$ – среднюю долю единиц (плотность связей). Бинарная информационная энтропия вычисляется как

$$H(A) = -p \log_2 p - (1 - p) \log_2 (1 - p), \quad (1)$$

где $H(A)$ – энтропия матрицы внимания; $\log_2$ – двоичный логарифм; p – вероятность появления единицы. Максимум $H = 1$ бит достигается при $p = 0,5$; при $p \rightarrow 0$ матрица разрежена, при $p \rightarrow 1$ – однородна, и модель теряет селективность.

4. Предшествующие исследования

Первые попытки отказаться от классической многопеременной логистической функции (softmax) предприняты в Sparsemax [1] и Entmax [2], где веса оставались вещественными. Бинарные маски обучались через методы Gumbel-Softmax и HardKuma, но экспонента сохранялась. В области квантования TernaryBERT [3] и BinaryBERT [4] переводили веса в $\{-1, 0, 1\}$ или $\{-1, 1\}$, не затрагивая внимание. Полная бинаризация реализована в BiBERT и BiT [5, 6], однако они применяют округление многопеременной логистической функции, требующее экспоненты. GPU-оптимизация softmax (Flash-Attention [7]) решает лишь вопрос пропускной способности. Связь энтропии и переобучения исследована в [8], объяснимости – в [9, 10]; формальный порог энтропии для жёсткой бинаризации ранее не предлагался.

5. Связь энтропии и метрик качества

Проведён регрессионный анализ между снижением энтропии

$$\Delta H = H_{bin} - H_{full} \quad (2)$$

и падением метрики

$$\Delta F = F_{bin} - F_{full} \quad (3)$$

Получено приближение

$$\Delta F \approx \kappa \Delta H, \kappa \approx 0,12, \quad (4)$$

где κ – эмпирический коэффициент регрессии, ΔF – изменение средней F_1 -метрики, ΔH – изменение энтропии. Для допуска $|\Delta F| \leq 0,02$ достаточно условие $H \geq 0,95$ бит.

6. Метод подбора порогов

Каждой «голове» k слоя i сопоставляется порог $\lambda_{(ik)}$. На 10% обучающей выборки минимизируется квадратичное отклонение

$$D(\lambda) = \frac{1}{\ell^2} \|A_{\text{sort}} - A_{\text{bin}}(\lambda)\|_F^2, \quad (5)$$

где $D(\lambda)$ – среднеквадратичное отклонение; A_{sort} – исходная вещественная матрица внимания; $A_{\text{bin}}(\lambda)$ – её двоичная версия при пороге λ ; $\|\cdot\|_F$ – норма Фробениуса. Двоичный поиск с шагом 0,05 даёт сходимость за 4–6 итераций; суммарное время на GPU – 4,7 мин.

7. Аналитическая оценка погрешности

Пусть элементы «плавной» матрицы B распределены нормально $N(\mu, \sigma^2)$. Вероятность

$$P(B \geq \lambda) = \Phi\left(\frac{\mu - \lambda}{\sigma}\right), \quad (6)$$

где Φ – функция распределения $N(0,1)$; μ , σ – среднее и стандартное отклонение. Сдвиг порога на $\delta = \lambda - \mu$ изменяет плотность единиц на

$$\Delta p = \varphi(0) \frac{\delta}{\sigma}, \quad (7)$$

где φ – плотность $N(0,1)$ в нуле. Отсюда верхняя граница потери энтропии

$$\Delta H \leq \frac{\delta^2}{2\sigma^2 \ln 2}, \quad (8)$$

где $\ln$ – натуральный логарифм. Подстановка в зависимость $\Delta F \approx \kappa \Delta H$ объясняет линейное поведение.

8. Экспериментальные результаты

Для BERT base (W1A1) получены $p = 0,48 \pm 0,03$, $H = 0,96$ бит, $F_{\text{bin}} = 0,982 F_{\text{full}}$. Производительность слоя внимания на FPGA KV260 увеличена с 6,9 ГОп/с до 3,9 ТОп/с (560 раз). Энергопотребление снижено с 13,4 Вт до 8,7 Вт. Для сравнения, квантование W8A8 ускоряет лишь в 8 раз, а W1A2 сохраняет дорогую экспоненту.

9. Обсуждение

Критерий $H \geq 0,95$ бит надёжен при $\ell = 128 - 512$. Для сверхдлинных последовательностей (> 2000) p падает естественно, поэтому допустимое H можно снизить до $\approx 0,9$ бит, либо динамически корректировать λ в ходе инференса.

10. Заключение

Информационная энтропия двоичной матрицы внимания служит универсальным индикатором сохранения контекста при пороговой бинаризации. Условие $H \geq 0,95$ бит и быстрый алгоритм калибровки порогов обеспечивают минимальное ухудшение точности при радикальном снижении вычислительной нагрузки, что делает метод перспективным для энергоограниченных ускорителей.

Литература:

1. Martins A.F.T., Astudillo R.F. From Softmax to Sparsemax: A Sparse Model of Attention and Multi-Label Classification // Proc. 33rd Int. Conf. on Machine Learning. – 2016. – P. 1614–1623.
2. Peters M.E., Martins A.F.T., Smith N.A. Sparse Sequence-to-Sequence Models // Trans. ACL. – 2019. – V. 7. – P. 393–408.
3. Zhang Z., Sun Y., Pang H., et al. TernaryBERT: Distillation-Aware Ultra-Low Bit BERT // Proc. AAAI. – 2020. – V. 34, N 5. – P. 9122–9129.
4. Bai N., Fang Y., Shi S., Ren B. BinaryBERT: Pushing the Limit of BERT Quantization. – arXiv:2109.07567, 2021.
5. Qin C., Lin C.-Y., Sun H., et al. BiBERT: Accurate Fully Binarized BERT. – arXiv:2210.03975, 2022.
6. Liu Z., Blalock D., Wen J., Yang H. BiT: Binarized Transformer. – arXiv:2206.13443, 2022.
7. Dao T., Fu T.Y., Ermon S., et al. FlashAttention: Fast and Memory-Efficient Exact Attention with IO-Awareness // Adv. NeurIPS. – 2022. – V. 35. – P. 16438–16453.
8. Kim J., Kim Y.-B. Supervised Domain Enablement Attention for Personalized Domain Classification. – arXiv:1812.07546, 2018.
9. Wiegrefe S., Pinter Y. Attention Is Not Explanation // Proc. EMNLP-IJCNLP. – 2019. – P. 11–20.
10. Serrano S., Smith N.A. Is Attention Interpretable? // Proc. 57th ACL. – 2019. – P. 2931–2951.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАЗНОСТНОЙ СХЕМЫ ДЛЯ РАСЧЁТА ПОЛЯ ДАВЛЕНИЯ В ЗАДАЧЕ ФИЛЬТРАЦИИ

М. Белявская, С.Ю. Сухарева

**Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, belyavskaya.2021@stud.nstu.ru**

В работе рассматривается использование разностной схемы для расчёта поля давления в задаче фильтрации с объёмным источником. В результате реализована программа для вычисления поля давления в задаче фильтрации, с помощью которой продемонстрирован первый порядок сходимости, как для равномерных, так и для неравномерных сеток в исследуемой разностной схеме.

The paper examines the use of a finite difference scheme for calculating the pressure field in a filtration problem with a volumetric source. As a result, a program was implemented to compute the pressure field in the filtration problem, which demonstrated first-order convergence for both uniform and non-uniform grids in the studied difference scheme.

В настоящее время актуальна проблема моделирования нефтяных месторождений, популярным решением которой является использование разностных методов. Их основным преимуществом по сравнению с методом конечных элементов является строгое соблюдение закона сохранения масс [1].

Математическая модель процесса фильтрации основана на законе Дарси и законе сохранения масс, которые после преобразования дают краевую задачу для поля давления вида [2]:

$$-\operatorname{div}(\lambda \operatorname{grad} P) = dV, \quad (1)$$

$$P|_{\Gamma_1} = P_{\Gamma_1}, \quad (2)$$

$$\left. \frac{\partial P}{\partial n} \right|_{\Gamma_2} = 0. \quad (3)$$

Здесь (1) – уравнение фильтрации, где dV – изменение объёма смеси, λ – коэффициент фильтрационных свойств, P – функция давления по пространству; (2) – краевое условие I-го рода, где Γ_1 – грань, на которой оно задано, P_{Γ_1} – значение давления на Γ_1 ; (3) – краевое условие II-го рода с нулевым потоком, где Γ_2 – непроницаемая грань, на которой заданы краевые условия второго рода, n – нормаль этой грани.

В качестве численного метода решения будем использовать следующую разностную схему по трёхмерной сетке с «узлами», привязанными к центрам ячеек, полученную из условий гладкости и непрерывности на их границах. Получим аппроксимацию уравнения (1) с коэффициентами α_i , α_k для ячейки i с центром в точке x_i и ячейки k с центром в точке x_k , который имеет общую с ним грань $\Gamma_{k,i}$ с центром в точке $x_{\Gamma_{k,i}}$, соответственно. Уравнение для каждой ячейки сетки i представляет собой баланс потоков на ней: сумма потоков через все грани равна источнику в ячейке. Неизвестными выступают значения давления только в центрах ячеек [3]:

$$-\sum_k \frac{\lambda_i [(\alpha_i - 1)P_i + \alpha_k P_k]}{\|x_i - x_{\Gamma_{i,k}}\|} \text{mes}(\Gamma_{k,i}) = dV, \quad (4)$$

$$\alpha_i = \frac{\lambda_i \|x_k - x_{\Gamma_{k,i}}\|}{\lambda_i \|x_k - x_{\Gamma_{k,i}}\| + \lambda_k \|x_i - x_{\Gamma_{i,k}}\|}, \quad \alpha_k = \frac{\lambda_k \|x_i - x_{\Gamma_{i,k}}\|}{\lambda_i \|x_k - x_{\Gamma_{k,i}}\| + \lambda_k \|x_i - x_{\Gamma_{i,k}}\|}.$$

Краевые условия I-го рода задаются как величина давления на грани ячейки, находящегося на краю расчётной области, как на рисунке 1:

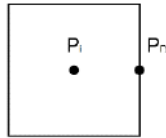


Рис.1 – Изображение ячейки под номером i , на которой справа задано краевое условие первого рода P_{Γ_i} , необходимо найти давление в центре ячейки P_i

В следующей аппроксимации потока через грань, значение давления P_{Γ_i} известно из краевого условия (2):

$$\frac{\lambda_i (P_{\Gamma_i} - P_i)}{\Delta x_i},$$

$$\frac{\lambda_i}{\Delta x_i} P_i = \frac{\lambda_i}{\Delta x_i} P_{\Gamma_i}.$$

Для условий второго рода с нулевым потоком слагаемое суммы в левой части (4) от соответствующей грани известно из краевого условия и равно нулю.

Учтём изменение объёма смеси в ячейке за счёт работы скважины как источник поля давления, то есть, добавку в правую часть уравнения на ячейках, в которых находится зона перфорации.

Протестируем разработанное программное обеспечение на задаче с известным аналитическим решением.

Трёхмерную расчетную область зададим цилиндром с радиусом $R = 200$ м, верх и низ модели непроницаемые, среда однородная, зона перфорации во весь слой. Скважина радиусом $r_w = 1$ м, расположенная в центре расчетной области вдоль оси z , закачивает $0,01728$ м³/сут. Пластовое давление на границе $P_{г1}$ зададим 130 атм. Коэффициент, связывающий поток смеси с $gradP$, положим $\lambda = 500$ мД/Па*с.

За счёт своих свойств задача может быть сведена к одномерной в цилиндрических координатах, имеющей следующее аналитическое решение:

$$P(r) = \frac{\theta_w r_w}{\lambda} \ln\left(\frac{R}{r}\right) + P_{г1}, \quad (5)$$

где r – расстояние от центра скважины, θ_w – поток на скважине.

Исследуем сходимость решения, проводя ряд тестов с уменьшением шага дробления сетки вдвое, начиная с 20 м. Ячейками с зоной перфорации для тестирования выберем четыре центральных ячейки, имеющие общую точку в начале координат.

В таблице 1 представлены шаги равномерного дробления сетки (h) и соответствующая среднеинтегральная относительная погрешность (dif) численного решения к аналитическому решению (5).

Таблица 1 – Порядок сходимости на равномерной сетке

h, м	dif, %	$\log_2(dif_h/dif_{h/2})$
2.5	0.01901058	
5	0.03222254	0.76126745
10	0.06124907	0.92661750
20	0.09341269	0.60893074

Как видно из таблицы 1, порядок сходимости на равномерной сетке равен 1.

Проведя аналогичные тесты на неравномерной сетке с изначальным коэффициентом разрядки равным 1.1, получили схожие результаты, приведенные в таблице 2.

Таблица 2 – Порядок сходимости на неравномерной сетке

h, м	dif, %	$\log_2(\text{dif}_h/\text{dif}_{h/2})$
2.5	0.02052267	
5	0.02499406	0.28436685
10	0.04379651	0.80923070
20	0.07839227	0.83989553

На рисунке 2 показаны графики относительной погрешности к аналитическому решению в центрах ячеек, расположенных вдоль линии от объемного источника до края области на равномерной и неравномерной сетках, для демонстрации сходимости.

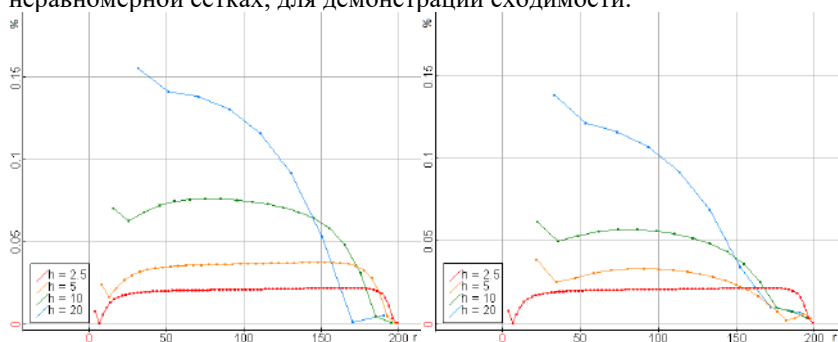


Рис.2 – а) Относительная погрешность на равномерной сетке,
б) Относительная погрешность на неравномерной сетке

Реализованная программа успешно справляется с поставленной задачей. Было подтверждено, что использование разностной схемы позволяет достигнуть сходимости первого порядка к аналитическому решению как на равномерных, так и на неравномерных сетках с объёмным источником. Разработанное программное обеспечение в дальнейшем может быть использовано для исследования преимуществ и недостатков разностной аппроксимации дифференциального уравнения в задаче фильтрации с целью модификации вычислительной схемы.

Литература:

1. Савельева Ю.Ю. Обоснование рациональных схем дренирования оснований сооружений с использованием численного моделирования пространственной фильтрации: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.07. Санкт-Петербург, 2004. – 109 с.

2. A method of FE modeling multiphase compressible flow in hydrocarbon reservoirs / Y.G. Soloveichik, M.G. Persova, A.M. Grif, A.S. Ovchinnikova, I.I. Patrushev, D.V. Vagin, D.S. Kiselev // Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering. – 2022. – Vol. 390. – 49p.

3. Forecasting the efficiency of waterflooding, thermal and chemical / M. G. Persova // Enhanced oil recovery methods in bobrikovian reservoirs // SOCAR Proceedings. – 2024. – Iss. 2. – P. 030–040.

КЛЕТОЧНО-АВТОМАТНАЯ МОДЕЛЬ СФЕРИЧЕСКОЙ ЛИНЕЙНО-ПОЛЯРИЗОВАННОЙ МОНОХРОМНОЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ВОЛНЫ В ОДНОРОДНОМ ДВУМЕРНОМ ПРОСТРАНСТВЕ

Е. К. Бурнышев

**Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, e.burnyshev@alumni.nsu.ru**

Научный руководитель: Медведев Ю. Г., к.т.н., доцент

В работе представлена клеточно-автоматная модель сферической линейно-поляризованной электромагнитной волны в однородной двумерной среде. Дано описание элементов клеточного массива и функции переходов. Рассмотрены особенности программной реализации. Приведены результаты численных экспериментов. Проведено сравнение результатов расчетов, полученных с использованием клеточного автомата и программного пакета COMSOL Multiphysics.

The paper presents a cellular automata model of a spherical linearly polarized electromagnetic wave in a homogenous two-dimensional medium. The elements of the cellular automata and the transition function are described, as well as the features of the software implementation. The results of numerical simulations are presented and compared with those obtained using the COMSOL Multiphysics software package.

Введение. Для широкого круга задач электромагнетизма использование квазистационарных допущений позволяет добиться значительного сокращения времени расчета без потери требуемой точности [1]. Такой подход используется, в частности, при решении задач электроразведки и магниторазведки. Это становится возможным, так как поля в таких задачах рассматриваются как стационарные, или частота их изменения сравнительно невелика.

С другой стороны, существует класс задач, длина электромагнитных (ЭМ) волн в которых менее 1 мкм, а частота колебаний составляет сотни и тысячи ТГц. В таких задачах эффекты рассеивания, дифракции, преломления, отражения оказывают огромное влияние на конечный

результат расчета. Поэтому для их решения используются полноволновые методы: метод моментов, метод конечных элементов, метод конечных разностей [2] и др.

Альтернативой классическому полноволновому подходу может выступать клеточный автомат (КА) [3]. КА подход к решению задач пространственной динамики обладает рядом преимуществ: простота задания граничных условий, отсутствие накапливания ошибки округления, высокая масштабируемость. Известны несколько КА моделей распространения ЭМ волн [4,5]. Однако, они не учитывают весь спектр требуемых явлений. В данной работе рассматривается расширение ранее разработанной КА модели [6] на случай сферических волн.

Клеточный автомат использует двумерную квадратную решетку, каждый элемент которой имеет по четыре соседа. В КА модели определены три типа клеток: среда, направленный источник, сферический источник. Внутри клеточного массива дискретно распространяются частицы, порождаемые клетками источников.

Состояние модельной клетки представляет собой совокупность следующих параметров: тип клетки; индексы клетки (i, j) в клеточном массиве, соответствующие некоторым координатам (x, y) в двумерном пространстве; коэффициент поглощения α ; коэффициент преломления n ; направление полета частиц θ ; совокупность находящихся в клетке модельных частиц.

Поведение КА определяется функцией переходов. Функция переходов регулирует перемещение частиц в расчетной области и срабатывает синхронно для всех клеток массива на каждом временном шаге (итерации). Структура данных модельной частицы, используемая при программной реализации КА изображена на рисунке 1.

```
typedef struct Particle {
    uint16_t lifetime;
    uint16_t count_transitions;
    int32_t sin;
    int32_t cos;
    int32_t direction_deviation;
    float array_speed;
    float start_phase;
    float frequency;
    float E_0;
} Particle;
```

Рис.1 – Структура данных модельной частицы

В КА модели точечного направленного источника [6] траектория движения порожденных им частиц по дискретной решетке аппроксимировалась целочисленными переменными $\sin$ и $\cos$. В предложенной модели используется другой подход.

Частицы, порождённые сферическим источником (метки), переиспользуют переменные $\sin$ и $\cos$ для хранения индексов клетки этого источника. Процесс распространения меток можно разделить на два этапа – порождение и переход.

Этап порождения отвечает за создание новых меток в клетках сферических источников. В каждой клетке такого источника на каждой итерации создается ровно одна новая метка. Параметры метки инициализируются в соответствии с характеристиками источника. Время жизни порожденной метки инициализируется нулем.

На этапе перехода каждая клетка для освобождения памяти компьютера определяет какие из находящихся в ней меток должны перейти к соседям. После этого осуществляется прием меток, перемещающихся в клетку. Процесс перемещения меток базируется на следующих трех фактах: средняя скорость движения меток по клеточному массиву примерно равна 0,707 клеток в секунду; клетка принимает метки от соседа только если расстояние от источника до текущей клетки больше чем расстояние от источника до соседа; клетка принимает метки от соседа только если средне-пройденное на текущий момент жизни метки расстояние больше расстояния от источника до текущей клетки. Программная реализация описанных выше условий представлена на рисунке 2.

```
double sq_neigh, sq_cell, sq_cell, v, sq_acc;

sq_neigh    = CAT_SquareDistance(neighbor_cell_index, source_cell_index);
sq_cell     = CAT_SquareDistance(cell_index, source_cell_index);
v           = AVG_SPEED * neighbour->environment_speed;
sq_acc      = v * (double)p->lifetime;
sq_acc      *= sq_acc;

if (sq_cell >= sq_neigh && sq_acc >= sq_cell)
    move_particle_from_neighbour(cell, neighbour, i);
```

Рис.2 – Этап перехода

Программная реализация предложенной модели соответствует классической трехмодульной САЕ-архитектуре (препроцессор, симулятор, постпроцессор). Постпроцессор и симулятор реализованы на языке Си с использованием библиотеки клеточно-автоматных топологий CATlib [7]. Постпроцессорный модуль написан на Python 3.

Графическая постобработка результатов моделирования заключается в построении поля нормы вектора электрической напряженности E . Особенности расчета результирующего поля подробно рассмотрены в [6]. Отметим, что вектор E в предложенной модели линейно поляризован и изменяется по синусоидальному закону.

Валидация разработанной модели осуществлялась на задаче интерференции двух сферических волн в вакууме. Расчет был

произведен в КА и в программном пакете COMSOL Multiphysics. Параметры моделируемого излучения были следующими: длина волны $\lambda = 720$ нм; частота $\nu = 416$ ТГц. Амплитудное значение поля E_0 в клетках сферических источников в предложенной модели и на границе круговых источников в COMSOL Multiphysics было равно 1 В/м. Размеры расчетной области составляли 10 на 10 мкм; 1000 на 1000 клеток в клеточном массиве; 190970 элементов треугольной конечно-элементной сетки в пакете COMSOL Multiphysics.

Моделируемая область представляла собой вакуум, с расположенными внутри двумя точечными источниками сферических волн. При решении в COMSOL Multiphysics на границах области были заданы условия излучения Зоммерфельда, а при решении в КА – клетки с коэффициентом $\alpha = 1$. Отметим, что при численном решении дифференциального уравнения Гельмгольца [8] методом конечных элементов в COMSOL Multiphysics, рассматривается стационарная задача. Клеточно-автоматные модели пространственной динамики, в свою очередь, не предполагают решения стационарных задач (в понимании классических численных методов). Однако, моделируемые в КА явления в процессе эволюции клеточного массива могут иметь циклический или даже стационарный характер. Результат расчета в КА и COMSOL Multiphysics представлены на рисунке 3.

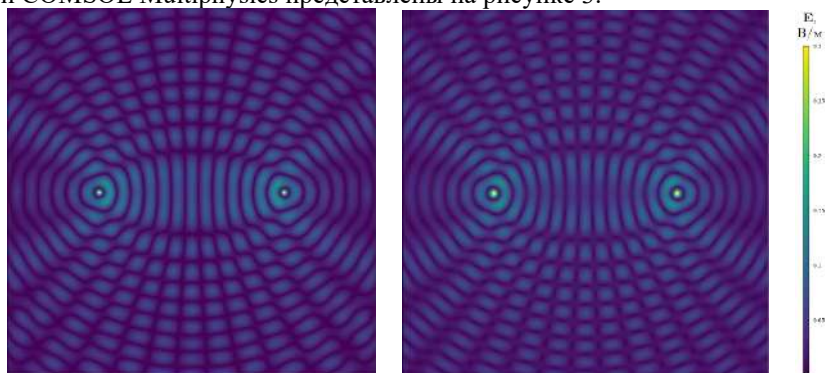


Рис.3 – Результат расчета (слева – COMSOL Multiphysics, справа – клеточный автомат)

Из рисунка 3 видно, что интерференционная картина, полученная в КА и COMSOL Multiphysics, качественно совпадает. Количественные сравнения распределения полей в данной работе не проводились.

Заключение. Была предложена новая клеточно-автоматная модель сферической линейно-поляризованной монохромной электромагнитной

волны в однородном двумерном пространстве. Приведено описание функции переходов клеточного автомата, рассмотрены особенности программной реализации. Тестирование модели осуществлялось на задаче интерференции двух сферических волн в вакууме – наблюдалось качественное соответствие распределений полей нормы вектора электрической напряженности, полученных в клеточном автомате и пакете COMSOL Multiphysics.

Литература:

1. Ward S. H., Hohmann G. W. Electromagnetic theory for geophysical applications, in *Electromagnetic Methods in Applied geophysics* // SEG. 1987. – P. 131–312.
2. Sheng X.-Q., Song W. *Essentials of Computational Electromagnetics*. – Singapore: John Wiley & Sons Singapore Pte. Ltd., 2012. – 391 p.
3. Schiff J.L. *Cellular Automata: A Discrete View of the World*. – New Jersey: John Wiley & Sons Inc., 2008.
4. Bialynicki-Birula I. Weyl, Dirac, and Maxwell equations on a lattice as unitary cellular automata // *Phys. Rev.* – 5 June, 1994. – D. 49. – P. 6920 – 6927. – doi: 10.1103/PhysRevD.49.6920.
5. Casati R., Costato M., Milani M. Cellular automata simulation of the effects induced by an external electromagnetic field on microtubule formation dynamics // *Bioelectrochemistry and Bioenergetics*. – 1996. – Vol. 41. – P. 63-69.
6. Бурнышев Е.К., Медведев Ю.Г., Пустовой Н.В. Клеточно-автоматная модель точечного монохромного когерентного источника электромагнитных волн // *Научно-технический вестник Поволжья*. – 2025. – № 7. – С. 21–24.
7. Medvedev Y. Architecture of the Cellular Automata Topologies Library // *Bull. Nov. Comp. Center, Comp. Science*. – 2022. – № 46. – P. 27–41.
8. McLean W. *Strongly elliptic systems and boundary integral equations*. – Cambridge: Cambridge Univ. Press, 2000.

СНИЖЕНИЕ ЗАДЕРЖЕК В РАСПРЕДЕЛЁННОЙ СИСТЕМЕ ДЛЯ ЗАДАЧ ФИЛЬТРАЦИИ НЕФТИ ПОСРЕДСТВОМ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ОПРОСА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ УЗЛОВ

К. М. Виноградов

Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, k.vinogradov.2019@stud.nstu.ru

В работе рассматривается задача ускорения и повышения устойчивости распределённых вычислений при решении обратных задач и задач оптимизации. Предлагается переход от последовательного к полностью параллельному опросу вычислительных узлов, что существенно сокращает время ожидания результата и снижает негативное влияние медленно отвечающих или недоступных элементов системы. Исследование ориентировано на практическое применение в инженерных задачах нефтедобычи.

The paper examines the problem of accelerating and increasing the robustness of distributed computations when solving inverse problems and optimization problems. A transition from sequential to fully parallel polling of compute nodes is proposed, which significantly reduces the waiting time for results and mitigates the negative impact of slow-responding or unavailable elements of the system. The research is oriented toward practical applications in engineering tasks related to oil production.

Распределённые вычисления часто используются при решении обратных задач, где общий процесс моделирования может быть разделён на множество независимых подзадач. Такая архитектура теоретически позволяет существенно ускорить процесс за счёт использования нескольких вычислительных узлов. Однако практическая эффективность системы определяется её способностью справляться с задержками ответов и отказами части оборудования [1].

В программном комплексе [2], используемом для моделирования процессов в нефтяных месторождениях, изначально применялась последовательная схема опроса: клиент обращался к каждому узлу по очереди и ожидал либо ответа, либо истечения таймаута. В такой схеме общее время ожидания складывалось из задержек всех узлов. Следовательно, при наличии нескольких медленных серверов суммарные задержки накапливались, что приводило к значительному увеличению времени получения результата. Именно проблему накопления задержек призван устранить предложенный параллельный подход.

В работе предложен переход к полностью параллельному опросу: все запросы отправляются одновременно, а время ожидания клиента ограничено фиксированным таймаутом. По истечении этого времени

собираются результаты от успешно ответивших узлов. Такой подход позволяет исключить накопление задержек и ограничить время выполнения даже в худшем сценарии.

Для оценки поведения системы был проведён эксперимент с использованием синтетической модели, в рамках которого анализировалось поведение различных сочетаний обычных и проблемных узлов. В первых трёх запусках демонстрируется прирост производительности при добавлении стандартных вычислительных узлов. Начиная с четвёртого запуска, в кластер добавляется «проблемный» узел. Он успешно принимает задачу, но игнорирует запросы об обновлении её статуса, не разрывая соединение. Это приводит к цикличному поведению: клиент помечает узел как недоступный после серии неудачных запросов статуса задачи, но затем возвращает его в список активных, так как на проверку доступности самого сервера узел отвечает корректно.

В исследовании проводилась адаптация [3] синтетической модели месторождения, изображённой на рисунке 1 и построенной на основе фрагмента геологической модели реального месторождения. Для вычисления численных приближений производных функции ошибки по параметрам модели для каждого параметра составлялась задача, отправляемая на вычислительный узел. При решении обратной задачи определялось положение границы между водонасыщенной и нефтенасыщенной зоной и положение границы между проницаемыми и слабопроницаемыми зонами. Определяемыми параметрами были смещения рёбер, которые аппроксимируют эти границы.

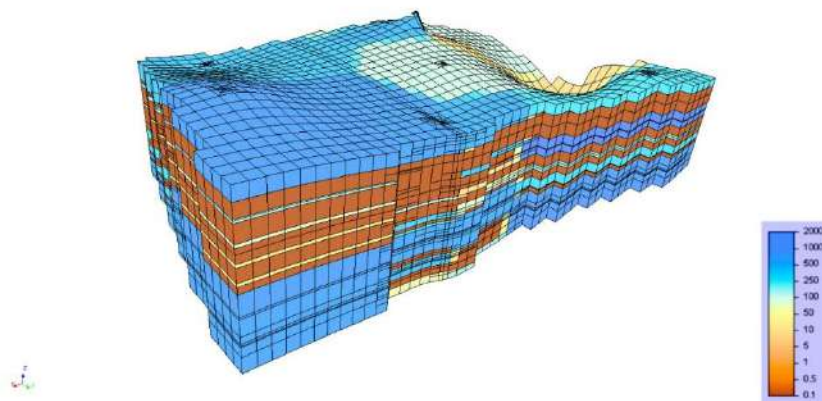


Рис.1 – Распределение поля структурной проницаемости (мД) синтетической модели

Из анализа графика, изображённого на рисунке 2, следует, что для первых четырёх запусков время расчёта практически не отличается, поскольку в первых трёх запусках проблемные узлы отсутствуют, а в четвёртом имеется лишь один, в связи с чем выигрыш от параллельного подхода не проявляется. Начиная с пятого запуска наблюдается многократный прирост скорости вычисления. Поскольку при замерах времени учитывается также время на последовательную и синхронную отправку задач на сервера, экономия времени при использовании параллельной стратегии обнаружения проблемных узлов не пропорциональна их числу. Кроме того, проблемные узлы создают задержки не только при обновлении статусов задач (которое может происходить параллельно), но и при отправке задач, поэтому общее время увеличивается с ростом числа проблемных узлов даже при использовании параллельной стратегии.

Кроме того, если проблемный узел оказывался первым в списке опроса, последовательная стратегия приводила к полному зависанию процесса, так как узел забирал последнюю задачу и блокировал обновление её статуса. Для решения этой проблемы был введён механизм штрафов: узел, не ответивший в течение таймаута несколько раз, после восстановления переносился в конец списка приоритетов.

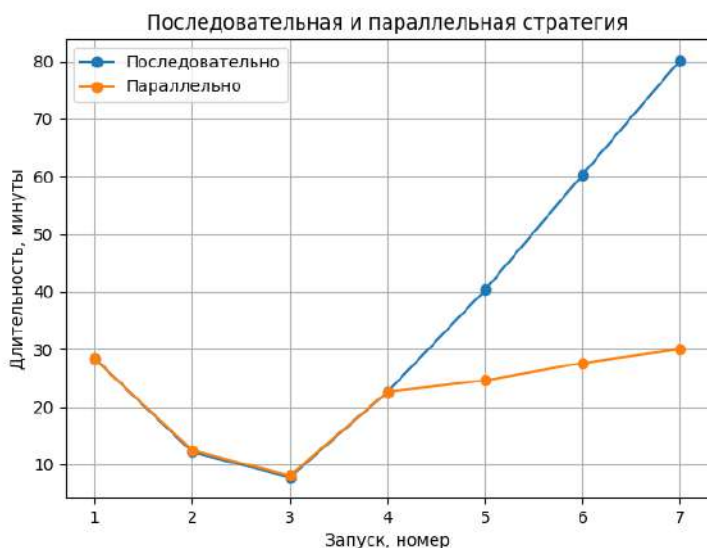


Рис.2 – Сравнение времени расчёта
при различных конфигурациях кластера

Полученные результаты демонстрируют, что параллельная стратегия опроса обеспечивает предсказуемое время ожидания и остаётся эффективной даже при наличии сбоев. Исследование выполнено в контексте реальных инженерных задач нефтедобычи, требующих высокой устойчивости вычислительных систем.

Литература:

1. Tanenbaum, A.S. and M. Van Steen, Distributed systems: principles and paradigms. 2007: Prentice-Hall.

2. Персова М. Г., Соловейчик Ю. Г., Овчинникова А. С. [и др.] HDPoM 2.0 (HydroDynamic in Porous Media) // Свидетельство о государственной регистрации №2021661751 от 15.07.2021 – М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности (Роспатент). – 2021.

3. The design of high-viscosity oil reservoir model based on the inverse problem solution / M. G. Persova, Y. G. Soloveichik, D. V. Vagin, A. M. Grif, D. S. Kiselev, I. I. Patrushev, A. V. Nasybullin, B. G. Ganiev // Journal of Petroleum Science and Engineering. - 2021. - Vol. 199. - Art. 108245 (24 p.). - DOI: 10.1016/j.petrol.2020.108245.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ ДВУМЕРНЫХ КРАЕВЫХ ЗАДАЧ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ АДАПТАЦИИ КОНЕЧНОЭЛЕМЕНТНЫХ СЕТОК

Д. Н. Киреев

**Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, d.kireev.2021@stud.nstu.ru**

Научный руководитель: Рояк М. Э., д.т.н., проф. каф. ПМт

В данной работе рассматривается метод построения алгоритма автоматической адаптации конечноэлементных сеток на основе анализа разрывов нормальной компоненты потока для решения краевых задач, возникающих при численных расчетах физических процессов.

In this paper, we consider a method for constructing an algorithm for automatic adaptation of finite element meshes based on the analysis of discontinuities of the normal flow component to solve boundary value problems arising from numerical calculations of physical processes.

При моделировании физических процессов применяются различные вычислительные методы, такие как метод конечных элементов [1, 2],

которые позволяют аппроксимировать характеристики физических полей и их поведение в областях со сложной геометрией. Адаптивное уточнение сетки, основанное на критериях анализа разрывов нормальной компоненты потока решения [5, 6], может значительно повысить эффективность численных решений. Также автоматическая адаптация является актуальной темой и до сих пор исследуется во многих научных работах [3, 4].

Цель работы – построение метода автоматической адаптации сеток для повышения эффективности численного решения краевых задач.

В данной работе алгоритм адаптации строится на основе эллиптического уравнения:

$$-div(\lambda(x, y) grad u(x, y)) + \gamma(x, y)u(x, y) = f(x, y),$$

где $\lambda(x, y)$ и $\gamma(x, y)$ – коэффициенты уравнения, $f(x, y)$ – функция правой части и $u(x, y)$ – искомое решение.

Данное уравнение накладывает условие на непрерывность нормальной компоненты потока:

$$\Phi_n = \lambda grad u(x, y) \cdot n$$

В результате численного решения данное условие непрерывности может не выполняться, поэтому величина разрыва нормальной компоненты потока на ребрах элементов выбрана как мера ошибки численного решения.

В работе рассматриваются два способа расчета нормальной компоненты потока на ребрах конечных элементов:

$$\bar{\Phi}_n = \frac{1}{|L|} \int_L \lambda(x, y) grad u(x, y) \cdot n_L dL, \quad (1)$$

$$\Phi_n(x_c, y_c) = (\lambda(x, y) grad u(x, y) \cdot n_L)|_{(x, y)=(x_c, y_c)}, \quad (2)$$

где L – рассматриваемое ребро, n_L – внешняя нормаль к ребру L , (x_c, y_c) – центр конечного элемента, $\bar{\Phi}_n$ – среднее значение нормальной компоненты потока на ребре L и $\Phi_n(x_c, y_c)$ – проекция потока в центре элемента (x_c, y_c) на внешнюю нормаль к ребру L .

Из (1) и (2) рассмотрим две меры разрыва нормальной компоненты потока, как относительной разности:

$$\Delta\Phi_n^1 = \frac{|\bar{\Phi}_n^+ - \bar{\Phi}_n^-|}{\max(|\bar{\Phi}_n^+|, |\bar{\Phi}_n^-|)}, \quad (3)$$

$$\Delta\Phi_n^2 = \frac{|\Phi_n^+(x_c, y_c) - \Phi_n^-(x_c, y_c)|}{\max(|\Phi_n^+(x_c, y_c)|, |\Phi_n^-(x_c, y_c)|)}, \quad (4)$$

В ходе работы выполнена программная реализация циклической адаптации на основе критериев (3) и (4). Циклическая адаптация подразумевает расчет мер разрывов нормальных компонент потока и дробление сетки указанное пользователем количество раз. На каждом повторении происходит дробление начальной сетки с увеличением числа разбиений с прошлого повторения.

Результаты приведем для задачи моделирования квадрупольного магнита, которая описывается следующим уравнением:

$$-\operatorname{div}\left(\frac{1}{\mu} \operatorname{grad}(A_z)\right) = J_z.$$

где $\lambda(x, y) = \frac{1}{\mu}$, μ – магнитная проницаемость среды, $f(x, y) = J_z$ – z-компонента вектора плотности токов, $u(x, y) = A_z$ – z-компонента вектор-потенциала, который связан с вектором магнитной индукции $\mathbf{B}$ поля следующим выражением:

$$\mathbf{B} = \operatorname{rot}(\mathbf{A}),$$

На рисунке 1 представлен вид расчетной области для моделирования магнита в сечении.



Рис. 1 – Вид четверти квадрупольного магнита в разрезе

На рисунках 2-3 представлены графические результаты адаптации для приведенных мер разрыва нормальных компонент потока. Основное дробление происходит на границах раздела металла и воздуха и около источников тока.

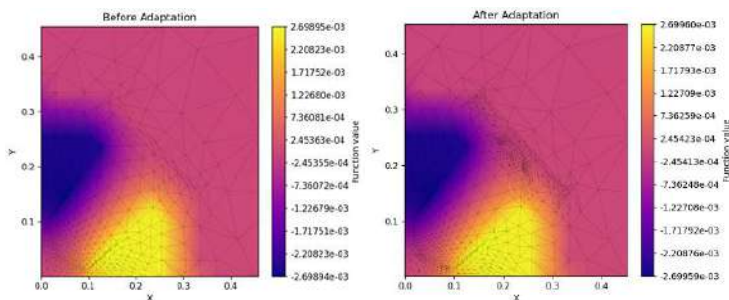


Рис. 2 – Исходная и адаптированная сетки для критерия на основе относительной разности средних значений нормальных компонент потока

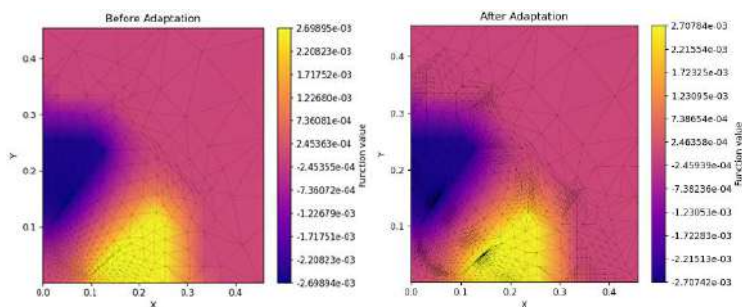


Рис. 3– Исходная и адаптированная сетки для критерия на основе относительной разности проекций потока

В таблице 1 приведены количества неизвестных и погрешности решений на разных сетках. Погрешности вычислялись от решения на трижды удвоенной сетке. Под зазором подразумевается воздушное пространство между металлом и нижним левым углом области, представленной на рисунке 1. Можно увидеть, что результаты использования второго критерия заметно хуже, чем у первого: при большем числе неизвестных погрешность имеет одинаковый порядок, при этом погрешность в зазоре на сетке после равномерного разбиения на порядок меньше.

Таблица 1 – Количественные характеристики сеток и решений на них

Первый критерий			
Вид сетки	Количество неизвестных	Погрешность решения в зазоре	Погрешность решения по всей сетке
Начальная сетка	1986	7,030E-06	5,661E-03
Сетка после адаптации	3090	5,896E-06	4,649E-03
Сетка после равномерного разбиения	2818	6,374E-06	4,726E-03
Второй критерий			
Вид сетки	Количество неизвестных	Погрешность решения в зазоре	Погрешность решения по всей сетке
Начальная сетка	1986	7,030E-06	5,661E-03
Сетка после адаптации	7329	5,401E-06	3,472E-03
Сетка после равномерного разбиения	7511	6,127E-07	1,320E-03

Полученные результаты подтверждают принципиальную возможность построения эффективного алгоритма адаптации сеток. В дальнейшем планируется варьирование критериев оценки качества аппроксимации. После разработки эффективного метода автоматической адаптации для двумерных сеток, планируется обобщить его на трехмерный случай.

Литература:

1. Соловейчик Ю. Г., Рояк М. Э., Персова М. Г. Метод конечных элементов для решения скалярных и векторных задач. – Новосибирск: НГТУ, 2007. – 896 с.
2. Zienkiewicz O. C., Taylor R. L. The Finite Element Method. Volume 1: The Basis. – 5th ed. – Oxford: Butterworth-Heinemann, 2000. – 704 p.
3. Qin C., Wang X., Zhao N. EMFEM: A parallel 3D modeling code for frequency-domain electromagnetic method using goal-oriented adaptive finite element method // Computers & Geosciences. – 2023. – Vol. 178. – Art. 105403.
4. Amor-Martin A., Garcia-Castillo L. E. Adaptive semi-structured mesh refinement techniques for the finite element method // Applied Sciences. – 2021. – Vol. 11, no. 8. – Art. 3683.

5. Babuška I., Rheinboldt W. C. Error estimates for adaptive finite element computations // SIAM Journal on Numerical Analysis. – 1978. – Vol. 15, no. 4. – P. 736–754.

6. Ainsworth M., Oden J. T. A Posteriori Error Estimation in Finite Element Analysis. – Chichester: John Wiley & Sons, 2000. – 264 p.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАБОЙНОГО ДАВЛЕНИЯ И ДЕБИТА НЕФТИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МКЭ И РАЗНОСТНОГО ПОДХОДА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ФИЛЬТРАЦИИ

Е. А. Кравец

**Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, katherinkravets@mail.ru**

Проведено моделирование процесса нефтедобычи в двух программных комплексах – с разностным подходом (TN) и с использованием метода конечных элементов (HDPoM). Проведены исследования по влиянию поворота сетки на результат моделирования, а также продемонстрировано преимущество использования явной встройки скважин в сетку для более точного определения забойного давления. Такое сравнение позволяет оценить надежность и точность результатов.

An oil production process was modeled using two software packages: a difference approach (TN) and a finite element method (HDPoM). The impact of grid rotation on the modeling results was studied, and the advantage of explicitly embedding wells in the grid for more accurate bottomhole pressure determination was demonstrated. This comparison allows us to evaluate the reliability and accuracy of the results.

Добыча нефти является важнейшей отраслью, а для исследований возможностей разработки месторождений активно используется математическое моделирование. На основе данных геологоразведки создаются цифровые модели месторождений, что позволяет прогнозировать процесс нефтедобычи.

Однако применение математического моделирования сопряжено с рядом трудностей. Гидродинамические процессы в коллекторе могут быть сложны для описания уравнениями, поэтому математические модели упрощают процесс, исключая факторы с низким влиянием. Модель, учитывающая абсолютно все особенности пласта, потребует слишком много вычислительных ресурсов. Поэтому часто приходится сравнивать результаты использования разных моделей или численных методов с целью поиска оптимального варианта для описания процесса.

Эффективность моделирования напрямую зависит от выбора между методом конечных элементов (МКЭ) и методом конечных разностей (МКР). Множество задач не требует сложного МКЭ и эффективно решается более быстрым МКР, в то время как для сложных случаев необходимо сравнительное исследование времени расчета обоих методов.

Поэтому для обеспечения надёжности и сопоставимости результатов, полученных разными методами, требуется тщательная верификация. Это включает проверку устойчивости решения, анализ влияния детализации расчётной сетки и тестирование модели в различных условиях [1-3].

Под фильтрацией понимается движение жидкости через поровое пространство горных пород, которое возникает из-за разницы давлений. Основным закон, описывающий скорость этого движения для многофазных систем, носит название закона Дарси (1).

$$\vec{u} = -K \sum_{m=1}^M \frac{K^m}{\eta^m} \text{grad}(P), \quad (1)$$

где $\vec{u}$ – скорость фильтрации, K – тензор абсолютной проницаемости, M – количество фаз, K^m – относительная проницаемость фазы, η^m – вязкость фазы, P – давление. Записывая для каждой фазы закон сохранения массы, получим эллиптическую краевую задачу:

$$-\text{div} \left(\sum_{m=1}^M \frac{K^m}{\eta^m} K \text{grad}(P) \right) = f, \quad (2)$$

где f – отбор или нагнетание фазы в области [4-5].

Проведены исследования на двухфазных геологических моделях. Использовалась зона перфорации 4м (толщина коллектора равна 6 метров). Также рассматривались случаи с низкой проницаемостью области (K равно 100 мД) и средней проницаемостью области (K равно 500 мД).

В рамках исследования сходимости расчета гидродинамической модели в двух модулях была увеличена детализация расчётной сетки по осям X, Y и Z. Дополнительно выполнялся поворот модели на 45 градусов для проверки устойчивости решения (Рисунок 1), а также исследовалось влияние радиусастройки скважины на результаты расчета.

В программном комплексе HDPoM скважины встраиваются явно, и при построении сетки используется радиусстройки (около 1м) для аппроксимации скважины без излишнего дробления, а для расчета

давления на реальном радиусе (около 0.15м) используется аналитическое решение одномерной задачи в цилиндрических координатах. В TN используется пересчет давления на реальный радиус, но берется элемент целиком (как правило, боковой размер составляет около 20-40м).

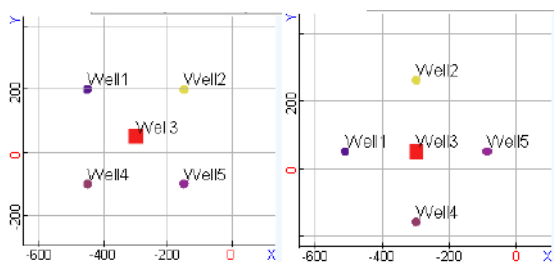


Рис. 1 – Схема расположения скважин исходная (слева) и с поворотом (справа)

Рассмотрим исследование, где брался поворот модели на 45 градусов при К равно 500 мД. Результаты дебита нефти и забойного давления приведены на Рисунке 2 и Рисунке 3.

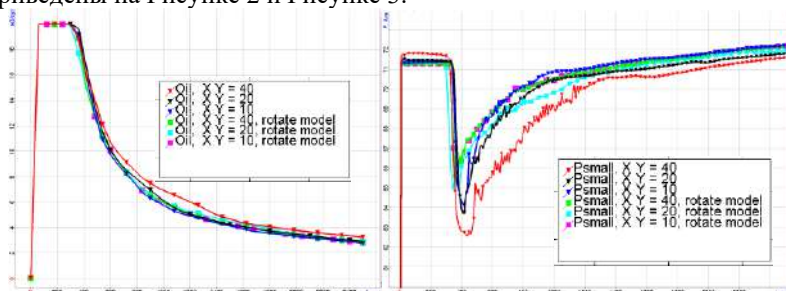


Рис. 2 – Результаты программного комплекса HDPoM

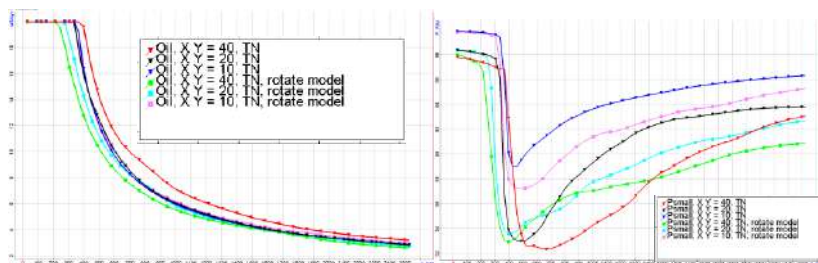


Рис. 3 – Результаты программного комплекса TN

Рассмотрим исследование, где была задана область с низкой проницаемостью в модели (К равно 100 мД). Результаты забойного давления приведены на Рисунке 4.

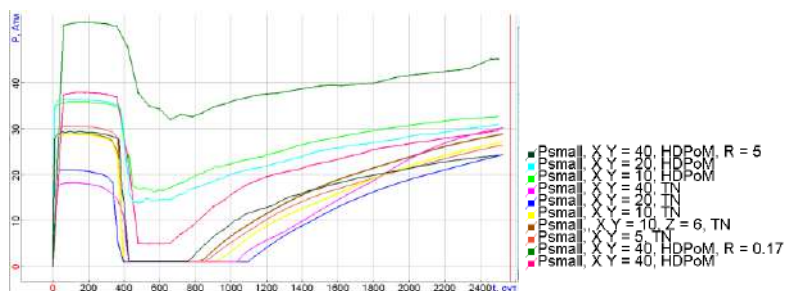


Рис. 4 – Сравнение забойного давления между HDPoM и TN

Исследование с дроблением сетки показало, что с уменьшением шага сетки результаты моделирования в обоих комплексах демонстрируют сходимость. При достаточно детализированной сетке результаты по дебитам воды и нефти становятся практически идентичными.

Исследование с поворотом модели на 45 градусов выявило, что на крупной сетке результаты повернутой и исходной моделей заметно различаются (больше в TN, где используется МКР). Однако при измельчении сетки это различие устраняется, и графики для обеих ориентаций становятся идентичными.

Исследование влияния параметра R показало его критическую важность. В HDPoM давление не достигало предельного ограничения (меньше 1 атм), в то время как в TN — достигало. Увеличением значения параметра R (например, увеличение до 5м) в HDPoM удалось добиться того, что поведение давления также изменилось, как в TN — вышло на ограничение. Это демонстрирует, что использование пересчета давления с большого расстояния на реальный радиус скважины может применяться в сложных моделях только на небольшом расстоянии. Так из рисунка 4 можно заметить, что при построении сетки с элементами, достаточно мелкими для аппроксимации реального размера скважины, забойное давление выше, чем в случае радиуса встройки 1м и тем более 5м.

Литература:

1. Jha B., Juanes R. A locally conservative finite element framework for the simulation of coupled flow and reservoir geomechanics // Acta Geotechnica. Springer, 2007. Vol. 2, № 3. P. 139–153.
2. Соловейчик, Ю.Г. Метод конечных элементов для скалярных и векторных задач / Ю.Г. Соловейчик, М.Э. Рояк, М.Г. Персова. – Новосибирск: НГТУ, 2007. – 869 с
3. Мерсон Е. Л. Математические методы моделирования в геологии: курс лекций / Е. Л. Мерсон. - Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2008.-209 с.
4. Persova M. G. [et al.]. // Forecasting the efficiency of waterflooding, thermal and chemical Enhanced oil recovery methods in bobrikovian reservoirs // SOCAR Proceedings. – 2024. – Iss. 2. – P. 030–040. – DOI 10.5510/OGP20240200963.
5. Soloveichik Y.G., Persova M.G., Grif A.M., Ovchinnikova A.S., Patrushev I.I., Vagin D.V., Kiselev D.S. A method of FE modeling multiphase compressible flow in hydrocarbon reservoirs // Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, vol. 390, 114468 (49 p.), 2022.

АЛГОРИТМ ВНЕДРЕНИЯ ИСКАЖЕНИЙ ПЕРЕДАВАЕМЫХ ДАННЫХ В ПРОЦЕССЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАБОТЫ СЕТЕЙ SPACEWIRE

А.С. Максютин, Д.С. Казайкин

**АО «РЕШЕТНЁВ», г. Железногорск Красноярского края,
maksyutinas@iss-reshetnev.ru**

Рассматривается алгоритм, позволяющий учитывать влияние заряженных частиц космического пространства на передаваемые данные в процессе моделирования работы бортовых информационных сетей SpaceWire.

An algorithm is considered that allows taking into account the influence of charged particles of outer space on transmitted data in the process of modulating the operation of SpaceWire onboard information networks.

В процессе создания бортовых информационных сетей космических аппаратов (КА), построенных на основе технологии SpaceWire [1] широко применяется моделирование. Результатом работы модели сети является комплекс характеристик информационных потоков, на основании которых принимаются решения о внесении корректировок в работу сети. Одной из ключевых характеристик потоков является

вероятность доставки данных без искажений, которая описывается выражением 1:

$$P = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Phi_{\text{пер}}(i) \cdot \Phi_{\text{при}}(i) \cdot \Phi_{\text{соотв}}(i) \quad (1)$$

– где n – общее количество пакетов в потоке;
 – $\Phi_{\text{пер}}$ – факт передачи пакета узлом-передатчиком;
 – $\Phi_{\text{при}}$ – факт приема пакета узлом-приемником;
 – $\Phi_{\text{соотв}}$ – факт соответствия данных в пакете, переданном узлом-передатчиком, и данных в пакете, принятом узлом-приемником.

Существующие системы моделирования работы сетей SpaceWire, такие как MOST, SANDS, SWIS и пр. [2] позволяют внедрять искажения в передаваемые данные с заданной частотой, либо же в определенные положения пакетов данных. Такое внедрение не отражает реальной природы возникновения искажений передаваемых данных на борту КА.

В качестве основного фактора, вызывающего искажения, выделяется влияние заряженных частиц космического пространства, таких как: потоки протонов и электронов естественных радиационных поясов Земли, потоки протонов и тяжелых заряженных частиц солнечных космических лучей и галактических космических лучей. Искажения возникают в случае соблюдения ряда условий, которые учитываются в расчетах, проведенных с помощью специализированных методик. Результатом расчетов являются значения частот возникновения искажений, измеряемых в бит/с. Отмечается, что частоты рассчитываются для каждого отдельного элемента сети, поскольку они могут обладать разной устойчивостью к влиянию различных типов частиц.

Имитировать влияние частиц позволяет система моделирования работы сетей SpaceWire [3]. Одним из функциональных блоков системы является алгоритм искажений передаваемых данных. Для алгоритма задаются частоты возникновения искажений для каждого элемента сети на маршруте данных (V_d) и время, в течение которого данные находятся в распоряжении элемента (T_d). Задание происходит для каждого типа заряженной частицы. На первом этапе алгоритма, в соответствии с блок-схемой на рисунке 1, определяется математическое ожидание номера искажаемого бита.

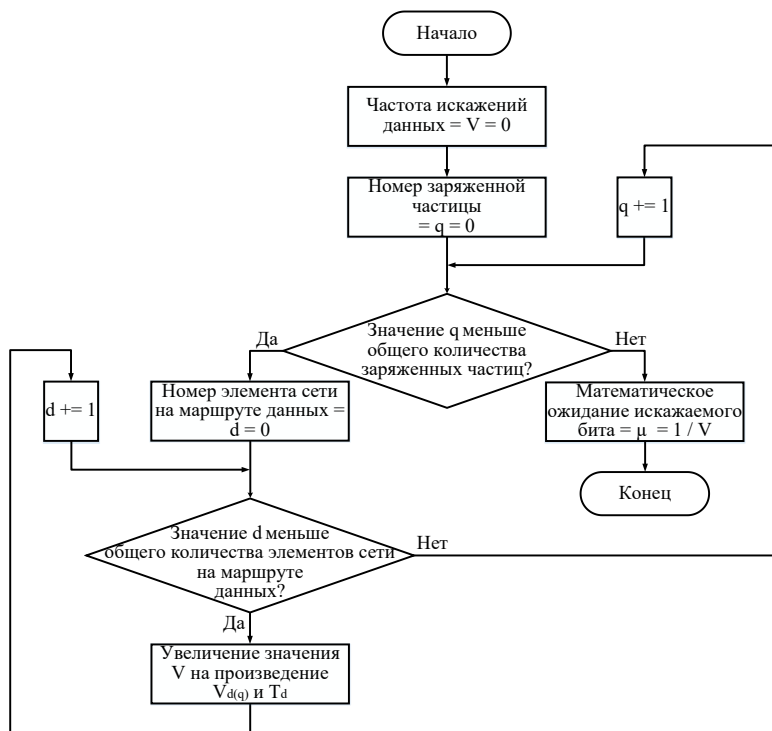


Рис. 1 – Расчет математического ожидания номера искажаемого бита

На втором этапе, в соответствии с блок-схемой на Рисунке 2, определяются положения всех искажаемых бит потока.

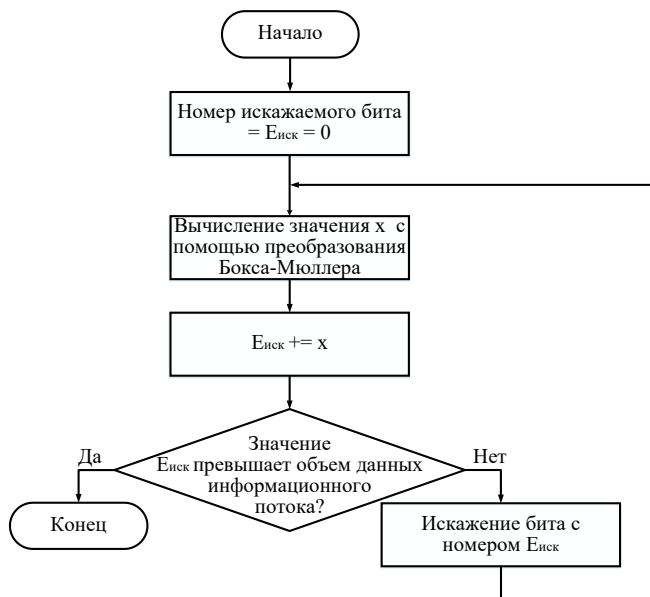


Рис. 2 – Расчет положения всех искажаемых бит потока

Для демонстрации преимуществ алгоритма в сравнении с алгоритмами, применяемыми в других системах моделирования предлагается следующий пример. Рассматривается передача данных (объем одного пакета 117 байт) по маршруту, представленному на рисунке 3.



Рис. 3 – Маршрут передачи данных

Исходные данные для работы предложенного алгоритма в первой итерации моделирования представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Параметры конфигурации для первого типа частицы

Элемент на маршруте следования данных	V_d	T_d , с
Оконечный узел (передатчик)	$6,9 \cdot 10^{-5}$	$4 \cdot 10^{-5}$
Кабель 1	$6,9 \cdot 10^{-7}$	$5 \cdot 10^{-7}$
Маршрутизирующий коммутатор	$6,9 \cdot 10^{-6}$	10^{-6}
Кабель 2	$6,9 \cdot 10^{-7}$	$5 \cdot 10^{-7}$
Оконечный узел (приемник)	$6,9 \cdot 10^{-5}$	$4 \cdot 10^{-5}$

Таблица 2 – Параметры конфигурации для второго типа частицы

Элемент на маршруте следования данных	V_d	T_d , с
Оконечный узел (передатчик)	$6,8 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-5}$
Кабель 1	$6,8 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-7}$
Маршрутизирующий коммутатор	$6,8 \cdot 10^{-5}$	10^{-6}
Кабель 2	$6,8 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-7}$
Оконечный узел (приемник)	$6,8 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-5}$

Для другой системы моделирования (далее – аналог) искажения задаются с помощью параметра коэффициента битовых ошибок (BER) для кабелей сети, в виде указания степени числа 10. Для двух итераций моделирования BER задаются следующим образом: 10^{-7} для одного кабеля; 10^{-8} для двух кабелей. Оба варианта формируют частоту искажений, в равной степени удаленную от частоты, полученной с помощью предложенного алгоритма ($6 \cdot 10^{-8}$).

По результатам трех итераций моделирования, в которых искажения задавались описанными способами получены номера искаженных пакетов потока, которые иллюстрируются рисунком 4.

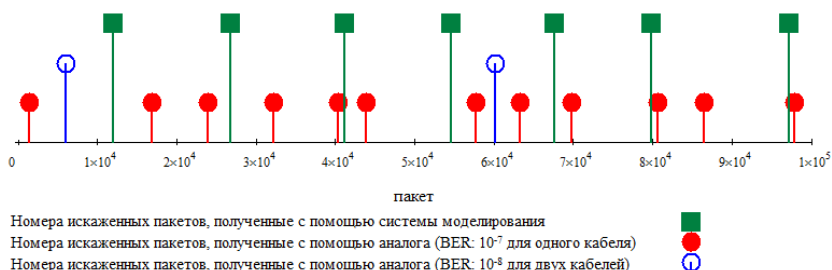


Рис. 4 – Номера искаженных пакетов, полученных с помощью системы моделирования и аналога

Предложенный алгоритм искажений передаваемых данных обладает следующими преимуществами:

1) Обеспечение детализированного задания конфигурационных параметров, относящихся к частотам возникновения искажений, обусловленных влиянием заряженных частиц, для обеспечения имитации условий функционирования объекта моделирования.

2) Повышение точности задания частоты искажений в сравнении с аналогом (задание BER в виде 10^{-N}). В примере представлен худший случай для такой оценки: задаваемые значения (10^{-7} и $2 \cdot 10^{-8}$) отличаются от значения частоты ($6 \cdot 10^{-8}$) с относительной погрешностью 66,67%.

Литература:

1. Шейнин Ю.Е. Технология SpaceWire для параллельных систем и бортовых распределительных комплексов / Ю.Е. Шейнин, Т.В. Солохина, Я.Я. Петричкович // Электроника: наука, технология, бизнес. – Москва, 2007. – № 1. – С. 38-49.

2. Sheynin Y. Computer-Aided Design System for Onboard SpaceWire Networks / Y. Sheynin, V. Olenov, I. Lavrovskaya, I. Korobkov, L. Kurbanov, D. Dymov // International SpaceWire Conference. – Los Angeles, 2018. – P. 220-227.

3. Максютин А.С. Концепция построения стенда для тестирования бортовой аппаратуры SpaceWire с возможностью программного и аппаратного моделирования реконфигурируемой топологии бортовой сети космического аппарата / А.С. Максютин, А.В. Мурыгин // Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия машиностроение. – Москва, 2023. – № 2 (145). – С. 4-14.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА БАЗЕ МЕТОДА ВИРТУАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

К. В. Петухов

Новосибирский государственный технический университет,

г. Новосибирск, onirs@corp.nstu.ru

Научный руководитель: Иткина Н. Б., к.т.н., доцент

В работе представлена численная методика определения эффективных теплофизических характеристик композитных материалов. Предложенная схема численной гомогенизации основана на использовании метода виртуальных элементов (VEM). Проведена серия вычислительных экспериментов, демонстрирующих применимость метода виртуальных элементов для задач эффективного моделирования композитов с высокой контрастностью свойств фаз.

This work presents a numerical methodology for determining the effective thermophysical properties of composite materials. Proposed numerical homogenization scheme is based on the Virtual Element Method (VEM). A series of computational experiments has been conducted, demonstrating the applicability of the Virtual Element Method for efficient modeling of composites with high contrast in inclusion properties.

Эффективные характеристики материалов широко применяются при моделировании инженерных систем, проектировании композитных конструкций и оптимизации материалов, позволяя заменить сложную микроструктуру эквивалентной гомогенной средой и тем самым снизить вычислительную сложность задач. Для их определения используют как аналитические модели [2-4], так и подходы на основе численных методов [1], однако многие из них чувствительны к сложной геометрии включений.

В данной работе рассматривается численная гомогенизация на основе метода виртуальных элементов (VEM) [5]. Он позволяет оперировать произвольными полигональными ячейками, что как раз подходит при работе с неоднородными средами. Актуальность исследования обусловлена тем, что применение метода виртуальных элементов именно для задачи определения эффективных характеристик материалов пока развито недостаточно: отсутствует единая методика, сопоставимая по универсальности с традиционной МКЭ-технологией. Предложенная в работе численная схема гомогенизации на базе метода виртуальных элементов призвана заполнить этот пробел.

Работа содержит реализацию разработанной методики и серию вычислительных экспериментов, иллюстрирующих возможности предложенного подхода. Полученные численные значения эффективных характеристик будут сопоставлены с реальными данными, полученными экспериментальным путем [1].

Процесс стационарного теплопереноса задается дифференциальным уравнением вида:

$$\nabla(\lambda \nabla T) = 0 \text{ в области } \Omega, \quad (1)$$

$$T = T_1 \text{ на верхней грани } \Gamma_1, \quad (2)$$

$$T = T_2 \text{ на нижней грани } \Gamma_2, \quad (3)$$

$$-\lambda \frac{\partial T}{\partial n} = 0 \text{ на боковых гранях } \Gamma_3, \quad (4)$$

где λ – коэффициент теплопроводности соответствующего материала среды, T – поле температуры.

Значение эффективного коэффициента теплопроводности λ^{eff} для линии сечения определяется по закону Фурье в виде:

$$\lambda^{eff} = -\frac{\int_0^L \lambda \nabla T dy}{(T_2 - T_1)}. \quad (5)$$

Соответственно, берется несколько линий сечения, после чего значения λ_i^{eff} на всех линиях усредняются:

$$\lambda^{eff} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \lambda_i^{eff} \quad (6)$$

Важной задачей будет определение градиента температур в (5). При работе с привычными численными методами, например, методом конечных элементов, градиент вычисляется посредством разложения на базисные функции. Так как в методе виртуальных элементов базисные функции не известны в явном виде, этот процесс необходимо реализовать с использованием проекционных операторов.

Для каждого многоугольника E определяется локальное виртуальное пространство $V_k(E)$, которое содержит все полиномы степени $\leq k$, где k – порядок элементов. При этом функция v_h из этого пространства обладает следующими свойствами:

- v_h – полином степени $\leq k$ на каждом ребре многоугольника E ;
- v_h непрерывна на границе ∂E .

Далее вводится оператор проектирования $\Pi: V_k(E) \rightarrow P_k(E)$, действующий из виртуального пространства на P_k – пространство полиномов $p \in P_k$, степени $\leq k$:

$$p = \Pi v_h, \quad (7)$$

а также удовлетворяющий условию ортогональности:

$$(p, (\Pi v_h - v_h)) = 0. \quad (8)$$

Базисные функции строятся при помощи этого оператора в виде линейной комбинации «мономials» – элементарных базисных функций, задаваемых локально на каждом элементе и имеющих вид:

$$m_1 = 1, \quad m_2 = \frac{x - x_E}{h_E}, \quad m_3 = \frac{y - y_E}{h_E}, \quad (9)$$

где (x_E, y_E) – центроид элемента, h_E – диаметр описанной вокруг элемента окружности.

$$\varphi = \text{Pv}_h = \sum s^\alpha m_\alpha. \quad (10)$$

Тогда градиент температур для расчета интеграла в (5) будет вычисляться, как:

$$\nabla T(\tilde{x}) = \nabla(\text{Pv}_h(\tilde{x})) = \sum s^\alpha \nabla m_\alpha(\tilde{x}). \quad (11)$$

Решим задачу гомогенизации, аналогичную задаче в [1]. Есть три образца с разными характеристиками. Образец №1 – гомогенная область (спеченный порошок оргстекла $\lambda = 0.076$), образец №2 – среда с неупорядоченными включениями (стальные шарики $\lambda = 57$), образец №3 – среда с послойным расположением включений, 9 слоев по высоте на одинаковом расстоянии между слоями с одним и тем же количеством включений в слое и неупорядоченной укладкой внутри слоя. Объемная доля включений – 6.4%.

Сетка, описывающая образец №1 имеет 74 узла, образец №2 – 126 узлов, образец №3 – 149 узлов. Учтем, что включения при этом представлены не в виде шариков, а в виде треугольников и четырехугольников, что может привести к некоторой погрешности. Результаты вычислений представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение полученного эффективного коэффициента теплопроводности

№ образца	Экспериментальное значение	Вычисленное значение
	$\lambda^{eff}, \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$	$\lambda_{VEM}^{eff}, \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$
1	0.076	0.076
2	0.100	0.106
3	0.092	0.097

Была реализована технология применения метода виртуальных элементов для решения задачи численной гомогенизации неоднородных областей. Проведенные исследования показывают следующий результат:

1. Использование численной гомогенизации на основе метода виртуальных элементов позволяет учесть сложную геометрию включений гетерогенных сред, без увеличения размерности решаемой СЛАУ, а соответственно и вычислительных затрат.

2. Для исследуемых в работе образцов погрешность численной гомогенизации на основе VEM относительно экспериментальных измерений не превышает 5-7%, что является хорошим результатом.

Литература:

1. Эффективная теплопроводность дисперсных материалов с контрастными включениями / М. И. Эпов, В. И. Терехов, М. И. Низовцев, Э. П. Шурина, Н. Б. Иткина, Е. С. Уколов // Теплофизика высоких температур. – 2015. – Т. 53, № 1. – С. 48–53.

2. Maxwell J.C. A Treatise on Electricity and Magnetism. Oxford: Oxford Univ. Press., 1904. P. 435.

3. Bruggeman D.A.G. Berechnung verschiedener physikalischer Konstanten von heterogenen Substanzen. I. Dielektrizitätskonstanten und Leitfähigkeiten der Mischkörper aus isotropen Substanzen // Ann. Phys. 1935. Bd. 416. № 7. S. 636.

4. Meredith R.E., Tobias C.W. Conductivity of Emulsions // J. Electroch. Soc. 1961. Vol. 103. P. 286.

5. Beirao da Veiga L., Brezzi F., Cangiani A., Manzini G., Marini L.D., Russo A. Basic principles of virtual element methods // Mathematical Models and Methods in Applied Sciences. – 2013. – Vol. 23, N 1. – P. 199–214. – doi: 10.1142/S0218202512500492.

РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА ПОСТРОЕНИЯ СЕТОК ИЗ ТРЕУГОЛЬНИКОВ УПРАВЛЯЕМЫМ ФРОНТАЛЬНЫМ МЕТОДОМ

А. В. Присяжнюк

**Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, prisyazhnyuk.2021@stud.nstu.ru**

Научный руководитель: Рояк М. Э., д.т.н., проф. каф. ПМт

В данной работе был разработан и реализован алгоритм построения сеток из треугольников управляемым фронтальным методом. Под управлением понимается регулировка размера ребра треугольника во время построения сетки.

In this work, an algorithm for generating triangular meshes using a governed frontal method was developed and implemented. Governance refers to the control of the triangle edge size during mesh generation.

Метод фронтальной триангуляции используется для построения сеток при решении задач методом конечных элементов [1]. Сетки, полученные этим методом, содержат достаточно равносторонние треугольники, размеры которых легко регулировать для уточнения решения в конкретной области. В ходе работы был разработан и реализован алгоритм управляемой фронтальной триангуляции двумерной области. Разработанный алгоритм частично опирается на концепции, приведенные в [2].

Приведем описание разработанного алгоритма. Для этого введем такое понятие как фронт – это многоугольник, ребра которого идут в определенном порядке обхода, в нашем случае против часовой стрелки. На вход алгоритм требует набор фронтов, каждый из которых ограничивает некоторые подобласти. На выходе алгоритм выдает сетку из треугольников.

Алгоритм позволяет регулировать размер конечного элемента внутри подобластей при выполнении триангуляции. Для этого строится опорная сетка (другое название – контрольное пространство), состоящая из треугольников, вершины которых являются узлами исходных фронтов и содержат информацию о размере инцидентных им ребер. Треугольники опорной сетки не участвуют в построении основной сетки напрямую, то есть сама форма треугольников и их взаимное расположение не имеют значения. Алгоритм построения опорной сетки:

1. Перебираются все возможные комбинации исходных узлов на предмет образования невырожденных треугольников, описанная

окружность вокруг которых не содержит ни одного узла, помимо собственных вершин.

2. Отбрасываются треугольники, ребра которых лежат вне какого-либо одного фронта.

Таким образом, чтобы выяснить требуемый размер конечного элемента в точке внутри триангулируемой области, находится треугольник, в который данная точка попала, и происходит линейная интерполяция по вершинам этого треугольника. Назовем $h(p)$ функцией, которая возвращает требуемый размер ребра конечного элемента в точке p .

Важной деталью алгоритма является проверка построенных треугольников на геометрическую корректность. При соединении ребром существующих узлов фронта смотрится, чтобы оно не пересекало фронт, за исключением его крайних точек, и лежало внутри него. При построении треугольника с помощью точки, лежащей строго внутри области, смотрится, чтобы два построенных ребра не пересекали текущий фронт, за исключением их существующих крайних точек.

Основные этапы алгоритма:

1. Выбираем минимальное ребро из текущего фронта.

2. Получаем окружение этого ребра, то есть его соседние ребра и следующие за соседними (эта информация необходима на всех следующих шагах).

3. Для выбранного ребра рассматриваем соседние ребра на предмет того образуют ли они с текущим ребром угол от 40 до 80 градусов (имеется в виду внутренний угол многоугольника), если одно из соседних ребер образует или же оба, тогда строим треугольник с одним из них и переходим на 1-ый шаг.

4. Находим для выбранного ребра оптимальную точку p_{opt} – точку, при которой треугольник, построенный на этом ребре, будет наиболее соответствовать требуемому размеру конечного элемента, более детально с алгоритмом поиска данной точки можно ознакомиться в [2].

5. Для найденной p_{opt} посмотрим лежит ли какой-либо узел фронта в радиусе, равном $h(p_{opt})$, если такие узлы найдены, то считаем их потенциальными кандидатами на построение треугольника с ними, и сортируем по возрастанию дальности от p_{opt} . Перебираем каждого потенциального кандидата в этом порядке, и если построенный треугольник геометрически корректен, то оставляем его и переходим на 1-ый шаг. Стоит отметить, что если потенциальный кандидат оказался

через три ребра от выбранного, то фронт распадается на два независимых фронта. Далее каждый из них будет обработан отдельно.

6. Если же соседние ребра и потенциальные кандидаты не подошли для построения нового треугольника, тогда пытаемся построить треугольник с найденной p_{opt} . Если такой треугольник геометрически корректен, то строим его, иначе переходим на 1-ый шаг и берем следующее по минимальности ребро.

Данный алгоритм повторяется до тех пор, пока в каждом из фронтов не станет 3 либо 4 ребра. Если во фронте осталось 3 ребра, то просто добавляем данный треугольник. Если же ребер 4, то смотрим можно ли построить 4 достаточно качественных треугольника с общей точкой в центре масс четырехугольника, если можно, то строим, а иначе проводим диагональ напротив наибольшего угла четырехугольника и строим два треугольника.

Приведем поэтапные результаты работы алгоритма на некоторой области. Точками на границах области обозначается разбиение, которое задает требуемый размер ребра конечного элемента. Данные ребра послужат начальными ребрами фронта.

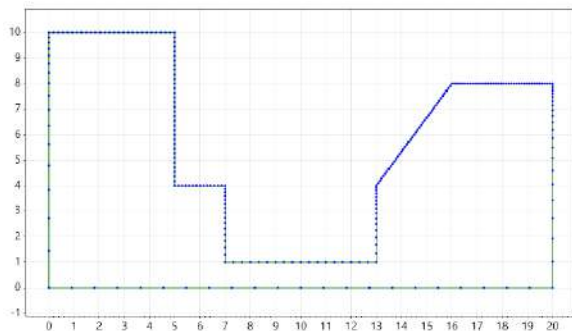


Рис. 1 – Область с неравномерным разбиением на границах

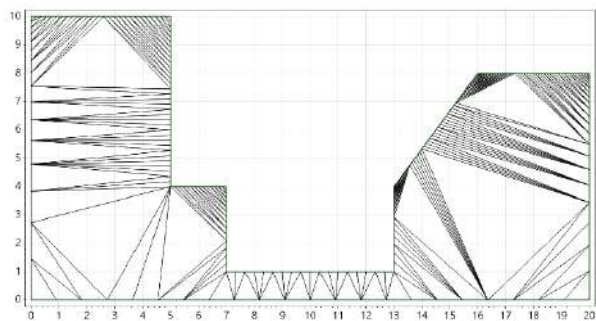


Рис. 2 – Опорная сетка

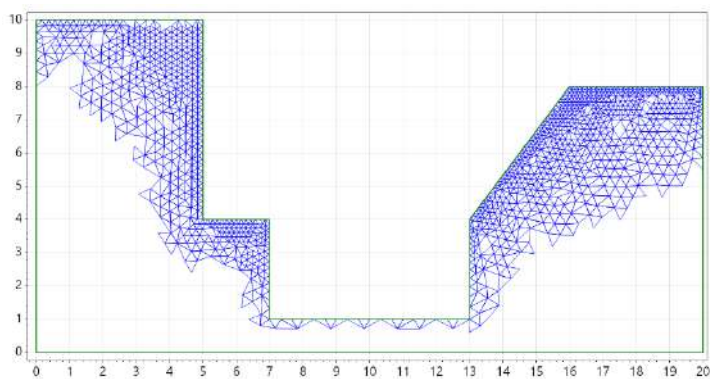


Рис. 3 – Промежуточный результат триангуляции области

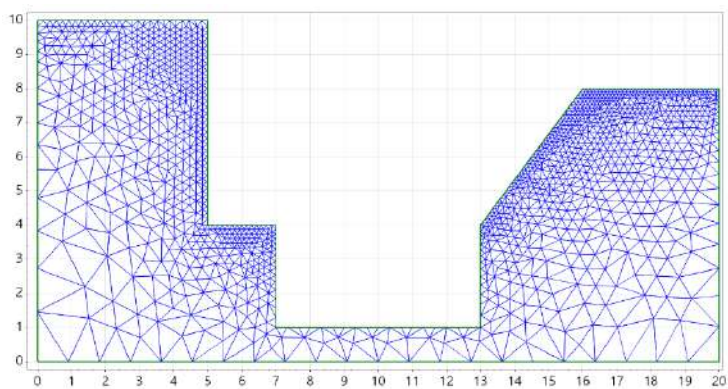


Рис. 4 – Итоговая сетка из треугольников

Исходя из приведенных результатов работы, видно, что разработанный алгоритм достаточно успешно справляется с построением неравномерных сеток исходя из изначального разбиения границ области, и полученные треугольники являются достаточно качественными. Но можно заметить, что переходы между размерами конечных элементов достаточно грубые, это происходит из-за того, что опорная сетка недостаточно качественно интерполирует размер ребра конечного элемента внутри области. В дальнейшем планируется разработать алгоритм более качественной интерполяции размера ребра конечного элемента. Также планируется оценить эффективность алгоритма по сравнению с другими алгоритмами при решении практически важных задач.

Литература:

1. Соловейчик Ю.Г., Рояк М.Э., Персова М.Г. Метод конечных элементов для решения скалярных и векторных задач. – Новосибирск: НГТУ, 2007. – 896 с.
2. Frey P.J., George P.L. Mesh Generation. Application to Finite Elements. – 2nd ed. – London: ISTE Ltd; Hoboken: John Wiley & Sons, Inc., 2008. – 848 p.
3. Cormen T.H., Leiserson C.E., Rivest R.L., C. Stein. Introduction to Algorithms. – 3rd ed. – Cambridge: MIT Press, 2009. – 1312 p.

ПОВЫШЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕШЕНИЯ ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ НЕФТЕДОБЫЧИ В СИСТЕМАХ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

В. С. Слобода

**Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, sloboda1505@gmail.com**

Работа посвящена повышению вычислительной эффективности решения обратных задач нефтедобычи с распределением подзадач внутри системы распределенных вычислений путем модификации отдельных модулей программного комплекса. Модификация заключается в дополнении модулей такими характеристиками, управление которыми позволяет повысить эффективность использования ресурсов и минимизировать простаивание системы. В ходе работы описываются проблемы текущей версии модулей и предлагаются решения этих проблем, а также проводится анализ результатов модификации.

The paper is dedicated to increasing the computational efficiency of solving inverse tasks of oil production with subtasks distribution in a distributed computing

system by modifying the software modules. The modification consists of supplementing the modules with such characteristics, the management of which allows to increase the efficiency of resource utilization and to minimize system idleness. During the work, the issues of the modules of current version are described, solutions of these issues are proposed, and also analysis of modification results is conducting.

Обратные задачи нефтедобычи представляют собой построение цифровых гидродинамических моделей нефтяных месторождений и решаются путем минимизации регуляризованного взвешенного функционала невязок $\delta\mathcal{E}_{kjm}$ между измеренными в скважинах $\tilde{\mathcal{E}}_{kjm}$ и рассчитанными $\mathcal{E}_{kjm}(\Theta)$ данными с помощью математических моделей [1]. Минимизируемый функционал имеет вид [2]:

$$\Phi^{\gamma}(\Theta) = \sum_{k=1}^{KL} \beta_k \left(\sum_{j=1}^{KS} \sum_{m=1}^{KT} (\omega_{kjm} \delta\mathcal{E}_{kjm}(\Theta))^2 \right) + \sum_{r=1}^{KP} \gamma_r (\theta_r - \bar{\theta}_r)^2 \rightarrow \min_{\Theta}, \quad (1)$$

где Θ – вектор искомых параметров θ_r , которые описывают модель месторождения, ω_{kjm} и β_k – весовые функции, γ_r – параметры регуляризации, KL , KS , KT , KP – количество типов данных, скважин, времен и параметров, соответственно.

Типы данных могут включать: давления по скважинам, температуру отбираемой смеси, среднесуточные и накопленные отборы нефти, обводненность скважины. Вектор искомых параметров может включать в себя значения абсолютной проницаемости и пористости внутри подобластей, на которые разбита модель пласта, параметры фазовых проницаемостей, положение опорных точек, описывающих латеральные границы между нефте- и водонасыщенными зонами. Весовые функции β_k берутся константами, которые задает пользователь, чтобы увеличить или уменьшить значимость какого-либо из типов данных.

Восстановление геолого-гидродинамической модели через минимизацию функционала (1) является одной из возможностей специального программного комплекса [3], который в данной работе используется для построения модели и ее адаптации под реальное месторождение.

При минимизации функционала (1) на каждой итерации решается прямая задача с текущим вектором параметров и KP прямых задач с измененными значениями параметров. Таким образом, решение обратной задачи требует, как минимум решения $KP+1$ подзадач, каждая из которых занимает определенную долю вычислительных мощностей.

Для повышения вычислительной эффективности решения поставленной задачи существует модуль [4], представляющий собой клиент-серверное приложение для распределения задач по вычислительным узлам (серверам). В используемом программном комплексе заложена логика, в соответствии с которой во время решения прямой задачи с текущим вектором параметров происходит подготовка (перестроение сетки и вычисление фильтрационных свойств элементов) подзадач перед их отправкой на серверы. Однако в ходе эксплуатации этого модуля были выявлены следующие проблемы:

1. Клиентская часть отправляет одинаковое количество задач n на серверы, что в разнородной системе приводит к дисбалансу вычислительной нагрузки, и, как следствие, перегрузке «слабых» машин и простаиванию более мощных.

2. Отправляемые подзадачи не имеют строгого порядка отправки. Это приводит к дисбалансу вычислительной нагрузки, так как подзадачи могут иметь разные размер и требуемые вычислительные мощности. Из-за этого «малые» задачи могут быть посчитаны раньше «больших», и во время ожидания расчета «больших» задач освободившиеся компьютеры простаивают.

Для решения первой проблемы предлагается модифицировать модуль так, чтобы каждому вычислительному узлу было присвоено индивидуальное количество одновременно отправляемых задач n_s , определяемых пользователем, что позволит сбалансировать нагрузку на узлы, повысить эффективность использования ресурсов и сократить общее время решения задачи.

Вторую проблему можно решить строгим упорядочиванием подзадач по убыванию требуемых вычислительных ресурсов. Таким образом, в то время как одна доля вычислительной системы будет занята расчетом «больших» подзадач, подготовятся «малые» и распределятся на оставшуюся часть системы, что сократит ее простаивание и общее время решения задачи.

Для проверки предложенных решений будет проводиться расчет для тестовой модели месторождения (рис. 1) с подбором параметров. Для решения обратной задачи будет считаться 9 подзадач на полной конечно-элементной сетке (184740 узлов) и 17 подзадач на подобластях сетки (25441 узел). Таким образом, восстановление модели данного месторождения требует решения 26 подзадач.

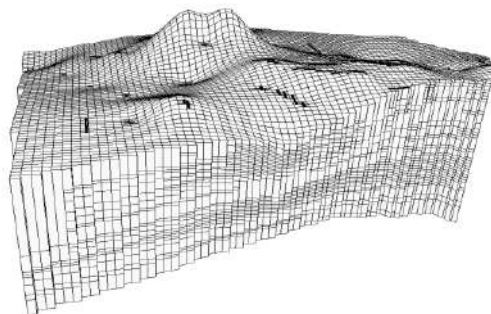


Рис. 1 – конечно-элементная модель месторождения

Так как первая проблема относится к разнородным системам, проверка ее решения будет проводиться на системе из 4 узлов разной мощности с характеристиками, указанными в таблице 1. При расчете в этой системе число параметров сократим до 24 для наглядного сравнения с исходной версией модуля.

**Таблица 1 – Вычислительные характеристики узлов
разнородной системы**

Группа узлов	Кол-во ядер процессора	Объем ОЗУ, Гб
«Мощные»	12	32
«Слабые»	8	16

Проверка решения второй проблемы будет проводиться на однородной системе из 6 узлов с характеристиками, указанными в таблице 2.

**Таблица 2 – Вычислительные характеристики узлов однородной
системы**

Кол-во ядер процессора	Объем ОЗУ, Гб
12	32

Результаты тестирования предложенных модификаций в сравнении с исходным состоянием модуля представлены в таблице 3 для разнородной системы, и в таблице 4 – для однородной.

**Таблица 3 – Время решения задачи и использование ресурсов
в разнородной системе**

Версия модуля	Время решения задачи, с	Использование «мощных» узлов
С общим n	435	60,1%
С индивидуальным n_s	375	84,7%

Таблица 4 – Время решения задачи в однородной системе

Версия модуля	Время решения задачи, с
Без приоритизации подзадач	125
С приоритизацией подзадач	89

Из приведенных результатов видно, что добавление индивидуального числа отправляемых задач дает прирост скорости решения задачи (1) в разнородной системе на 13,7% и использования ресурсов мощных компьютеров с 60,1% до 84,7%. Добавление приоритизации задач в однородной системе дает прирост скорости на 28,8%. Эти результаты позволяют сделать вывод, что предложенные решения позволяют повысить вычислительную эффективность решения задачи как в однородных, так и в разнородных системах распределенных вычислений.

Литература:

1. A method of FE modeling multiphase compressible flow in hydrocarbon reservoirs / Y. G. Soloveichik, M. G. Persova, A. M. Grif, A. S. Ovchinnikova, I. I. Patrushev, D. V. Vagin, D. S. Kiselev // Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering. - 2022. - Vol. 390. - Art. 114468 (49 p.). <https://doi.org/10.1016/j.cma.2021.114468>.
2. The design of high-viscosity oil reservoir model based on the inverse problem solution / M.G. Persova, Y.G. Soloveichik, D.V. Vagin, A.M. Grif, D.S. Kiselev, I.I. Patrushev, A.V. Nasybullin, B.G. Ganiev // Journal of Petroleum Science and Engineering. - 2021. - Vol. 199. - Art. 108245. <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2020.108245>.
3. Modeling of surfactant-polymer flooding using a novel flower software program / A. V. Nasybullin, M. G. Persova, E. V. Orekhov, A. A. Lutfullin, M. R. Khisametdinov, E. P. Orlova. - DOI 10.24887/0028-2448-2021-7-40-43. - Text: direct // Нефтяное хозяйство = Oil Industry. - 2021. - Vol. 2021, iss. 7. - P. 40-43.
4. Организация и программное обеспечение распределенных вычислений для решения задач геоэлектромagnetизма / Д. В. Вагин, П.

А. Домников, Н. В. Кондратьев, М. Г. Персова, Ю. Г. Соловейчик // Актуальные проблемы электронного приборостроения (АПЭП-2014) = Actual problems of electronic instrument engineering (APEIE-2014) : тр. 12 междунар. конф., Новосибирск, 2–4 окт. 2014 г. : в 7 т. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2014. – Т. 6. – С. 139–142. – 100 экз. – ISBN 978-1-4799-6019-4, ISBN 978-5-7782-2511-4.

СУММАТОР-КОМПРЕССОР 6 К 3 НА ОСНОВЕ ЛОГИЧЕСКИХ ТАБЛИЦ ИСТИННОСТИ ДЛЯ УСКОРИТЕЛЕЙ ДВОИЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

О. В. Зобов

ООО «Зетмастер», г. Москва

**Научный руководитель: Шахнов В.А., чл.-корр. РАН, д. т. н., проф.,
зав. каф. ИУ4 МГТУ им. Н. Э. Баумана**

Представлена аппаратная реализация операции подсчёта единичных разрядов для двоичных нейронных сетей на программируемых логических интегральных схемах семейства Xilinx UltraScale+. Узел строится на каскадном использовании сумматоров-компрессоров формата 6 к 3, воплощённых исключительно средствами логических таблиц истинности, без привлечения встроенных цифровых сигнальных модулей. энергоэффективных ускорителей двоичных нейронных сетей.

A hardware implementation of the population count operation for binary neural networks on Xilinx UltraScale+ field-programmable gate arrays is presented. The unit employs cascaded 6-to-3 compressor adders realized exclusively by lookup tables, without engaging embedded digital signal processing blocks.

1. Введение

Двоичные нейронные сети заменяют вещественные веса значениями ± 1 , что позволяет выполнять свёрточные и полносвязные операции через логическое исключающее ИЛИ с инверсией и подсчёт числа единичных разрядов. Подсчёт единиц становится доминирующей операцией по времени и энергии, особенно на краевых системах-на-кристалле, где число блоков цифровой обработки сигналов (ЦОС) ограничено. В статье предлагается узел подсчёта единиц на основе логических таблиц истинности, полностью свободный от блоков ЦОС и интегрируемый в движок умножения двоичных матриц RBMM (Real Binary Matrix Multiplication).

2. Обзор существующих подходов

Возможность реализации подсчёта единичных разрядов через компрессорные деревья на логических таблицах впервые показана в программной среде FINN [1], где достигнут существенный выигрыш по энергоэффективности. Теоретические основы синтеза таких деревьев с минимальной задержкой изложены в [2]. Практические реализации в

виде блоков XNOR Neural Engine [3] и XNORBIN [4] продемонстрировали энергоэффективность до 95 триллионов операций на ватт при полном отказе от блоков ЦОС. В большинстве работ используются компрессоры 4 к 2 и 3 к 2, тогда как систематическое исследование компрессоров 6 к 3 для программируемых логических интегральных схем (ПЛИС, Field-Programmable Gate Array – FPGA) семейства UltraScale+ в литературе отсутствует.

3. Постановка задачи

Для входного слова шириной N бит требуется:

а) построить дерево сумматоров-компрессоров 6 к 3 без блоков ЦОС;

б) обеспечить задержку не более 6 нс при 300 МГц;

в) минимизировать динамическую мощность;

г) обеспечить масштабируемость по параметру N .

4. Аппаратная архитектура

4.1. Общий конвейер

Данные поступают через потоковую шину AXI-Stream шириной 128 бит и буферизуются во встроенных двухпортовых блоках памяти BRAM (Block RAM). Управляющий автомат выдаёт по 6 бит на 8 линий; таким образом 48 бит обрабатываются за такт.

4.1.1. Пояснение понятия «сумматор-компрессор»

Сумматор-компрессор – устройство сжатия разрядов, преобразующее несколько входных битов одинакового веса в меньшее число разрядов больших весов, сокращая глубину дерева суммирования.

Ячейка сумматора с сохранением переноса (CSA – Carry-Save Adder) имеет три входа одинакового веса (x_1, x_1, x_2) и два выхода: сумму s (вес 2^0) и перенос c (вес 2^1):

$$x_0 + x_1 + x_2 = s + 2c, \quad s, c \in \{0,1\} \quad (1)$$

Компрессор 6 к 3 обобщает эту идею на шесть входов:

$$x_0 + \dots + x_5 = s_0 + 2s_1 + 4s_2, \quad s_i \in \{0,1\} \quad (2)$$

Шесть линий веса 2^0 превращаются в три линии весов $2^0, 2^1, 2^2$. После каскадирования общее число линий одинакового веса быстро уменьшается, а логическая глубина сокращается, что повышает тактовую частоту.

Практическая реализация

Одна таблица истинности на шесть входов (LUT-6) в ПЛИС UltraScale+ реализует функцию компрессора 6 к 3. Операция выполняется за одну элементарную задержку, а отсутствие блоков

DSP48 (Digital Signal Processor) уменьшает энергопотребление и освобождает специализированные ресурсы.

Интеграция в каскад

Первый уровень обрабатывает $6 \times 8 = 48$ бит за такт. Выходы группируются и снова подаются на компрессоры, пока не останется один набор разрядов разных весов. Получается дерево Уоллеса на сумматорах-компрессорах 6 к 3 с интервалом инициации один такт.

4.2 Компрессоры первого и второго уровней

Каждая логическая таблица формирует три бита s_2, s_1, s_0 . Три младших ранга выводов первого уровня образуют входы второго уровня, где установлены ещё четыре компрессора 6 к 3.

4.3 Финальный сумматор

Три выходных столбца $\Sigma_0, \Sigma_1, \Sigma_2$ сдвигаются на 1 и 2 разряда соответственно и объединяются операцией поразрядного ИЛИ. Переносы формируются цепочкой полусумматоров на пятивходовых логических таблицах (LUT-5).

4.4 Управление и конфигурируемость

Управляющий автомат имеет состояния ожидания, работы и опустошения. Результаты выводятся каждые четыре такта. Параметры ширины слова, числа ступеней компрессии и другие задаются в конфигурационном файле, что упрощает генерацию описания на регистровом уровне (RTL – Register Transfer Level).

4.5 Ресурсы одной ячейки

Логические таблицы – 187; триггеры – 224; блоки ЦОС – 0; встроенная память – 2×18 килобит; критический путь 5,6 нс, предельная частота 333 МГц.

5. Интеграция в движок RBMM

Однобитное скалярное произведение вычисляется по формуле:

$$c_{ij} = 2 \cdot Q(\bar{a}_i \oplus b_j) - N, \quad (3)$$

где $Q(\cdot)$ – операция подсчёта единиц, $\bar{a}_i \oplus b_j$ – результат исключающего ИЛИ с инверсией (XNOR), N – ширина слова. Замена схемы «умножитель + сумматор» на компрессорную позволила разместить 32 параллельных процессора RBMM вместо 24.

6. Экспериментальная оценка

Синтез выполнен в среде Vivado 2023.1 при целевой частоте 300 МГц.

**Таблица 1 – Ресурсы и характеристики узлов подсчёта
единиц (N = 768)**

Схема	Логические таблицы	Блоки ЦОС	Задержка, нс	Динамическая мощность, мВт
Умножитель + сумматор	4216	48	7,3	182
Компрессор	5984	0	5,6	131

Энергопотребление снижено на 28%, критическая задержка – на 23%. Полный двоичный трансформер достигает 3,6 триллиона однобитовых операций в секунду при 4,8 Вт, что в 2,2 раза лучше по метрике «операций на ватт», чем версия с подсчётом единиц через блоки ЦОС.

7. Заключение

Разработан узел подсчёта единичных разрядов на основе сумматоров-компрессоров 6 к 3, целиком выполненный на логических таблицах истинности и ориентированный на ускорители двоичных нейросетей. Схема снижает задержку и энергопотребление, освобождая блоки цифровой обработки сигналов для других вычислений. Интеграция в движок RBMM подтвердила практическую эффективность на краевых ПЛИС. Дальнейшая работа связана с автоматическим синтезом оптимальных деревьев для произвольной разрядности.

Литература:

1. Umuroglu Y., Fraser N. J., Gambardella G., et al. FINN: A Framework for Fast, Scalable Binarized Neural Network Inference on FPGAs // Proc. FPGA'17. – 2017. – P. 65–74.
2. Kumm M., Zipf P. Pipelined Compressor Tree Optimization Using Integer Linear Programming // Proc. FPL 2014. – 2014. – P. 1–8.
3. Conti F., Schiavone P. D., Benini L. XNOR Neural Engine: A Hardware Accelerator IP for 21.6 fJ/Op Binary Neural Network Inference // IEEE Trans. VLSI Syst. – 2019. – V. 27, N 11. – P. 2629–2640.
4. Al Bahou A., Karunaratne G., Andri R., et al. XNORBIN: A 95 TOPS/W Hardware Accelerator for Binary Neural Networks // IEEE Trans. Circuits Syst. II. – 2019. – V. 66, N 12. – P. 2131–2142.
5. Li Y., Liu Z., Xu K., et al. A GPU-Outperforming FPGA Accelerator for Binary Convolutional Neural Networks // arXiv:1702.06392, 2017.
6. Fraser N. J., Umuroglu Y., Blott M., et al. Scaling Binarized Neural Networks on Reconfigurable Logic // arXiv:1701.03400, 2017.

7. Kumm M., Zipf P. Efficient High-Speed Compression Trees on Xilinx FPGAs // Proc. MBMV 2014. – 2014. – P. 43–52.

8. Fischer M., Wassner J. BinArray: A Scalable Binary Neural Network Accelerator with Dynamic Precision–Performance Scaling // Proc. DATE 2021. – 2021. – P. 1171–1176.

ФОРМИРОВАНИЕ СИНТЕТИЧЕСКИХ НАБОРОВ ФИНАНСОВЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ НЕЙРОСЕТЕВЫХ МОДЕЛЕЙ, ОРИЕНТИРОВАННЫХ НА ПРОТИВОДЕЙСТВИЕ МОШЕННИЧЕСТВУ

Р. В. Самойленко

Новосибирский государственный университет

экономики и управления «НИНХ»,

г. Новосибирск, ro999@yandex.ru

Научный руководитель: Пестунов А. И., к. ф-м. н., доцент

В работе исследуется генерация синтетических датасетов для обучения нейросетевых моделей обнаружения финансового мошенничества в платежах. Из-за ограничений реальных данных по конфиденциальности используются GAN и VAE для создания реалистичных транзакций на основе небольших наборов. Цель — обеспечить разнообразие для выявления широкого спектра мошеннических паттернов, включая новые атаки. Оценка качества показала статистическую сходность с реальными данными и точность обнаружения аномалий 94% на синтетических против 96% на реальных. Подход позволяет масштабировать обучение моделей в условиях дефицита данных для систем мониторинга платежей.

The study explores generating synthetic datasets for training neural networks to detect financial fraud in payments. Due to privacy constraints in real data, GANs and VAEs are used to create realistic transactions from small real sets. The goal is to ensure diversity for detecting various fraud patterns, including novel attacks. Quality assessment revealed statistical similarity to real data and anomaly detection accuracy of 94% on synthetic vs. 96% on real data. This enables scaling model training in data-scarce scenarios for payment monitoring systems.

Наличие качественных датасетов является важным условием эффективного обучения систем искусственного интеллекта, включая нейросетевые модели для обнаружения подозрительных финансовых транзакций. Реальные наборы данных часто ограничены по объему, разнообразию сценариев и доступности из-за строгих требований к конфиденциальности. В этих условиях перспективным подходом является формирование необходимого объема синтетических

(искусственных) датасетов, генерируемых на основе относительно небольших массивов реальных данных.

Цель настоящей работы – исследование потенциала методов генерации синтетических наборов данных для обучения нейросетевых моделей, предназначенных для обнаружения финансового мошенничества в области электронных платежей. Основная задача – обеспечить разнообразие синтетических датасетов для обучения эффективных моделей, позволяющих обнаруживать широкий спектр мошеннических действий, включая новые атаки, не встречавшиеся ранее в реальных датасетах.

Рассматривалось формирование синтетических датасетов из разных подмножеств реального набора данных с помощью методов генеративно-состязательных сетей (GAN) и вариационных автоэнкодеров (VAE) [1]. Эти методы использовались для создания реалистичных финансовых транзакций, имитирующих как нормальное поведение пользователей, так и мошеннические паттерны [2]. В частности, подмножества формировались путем стратифицированной выборки, обеспечивающей репрезентативность классов (нормальные и мошеннические транзакции) и временных паттернов, что позволяло генерировать датасеты, имитирующие различные сценарии, такие как сезонные колебания или региональные особенности платежей.

Качество синтезированных датасетов оценивалось по таким критериям, как статистическая сходность с реальными данными (использование распределения признаков, корреляционных матриц и тестов Колмогорова-Смирнова), способности моделей обнаруживать аномалии (сравнение с реальными датасетами по точности) и разнообразие сценариев мошенничества [3]. Проверка искусственных наборов данных, проводимая с использованием сверточных и рекуррентных нейронных сетей, показала, что сравниваемые параметры синтезированных датасетов сопоставимы с реальными данными, взятыми с ресурса Kaggle. Кроме того, эксперименты включали кросс-валидацию на нескольких синтетических датасетах, что подтвердило устойчивость результатов: средняя точность обнаружения аномалий составила 94% на синтетических данных против 96% на реальных.

Таким образом, с помощью одного или нескольких небольших реальных датасетов оказывается возможным синтезировать требуемое количество разнообразных наборов данных достаточного объема. Разнообразие достигается за счет присутствия разнородных аномалий (подозрительных транзакций), которые, в совокупности, можно использовать для генерации уникальных датасетов. Это открывает

перспективы для масштабирования обучения моделей в условиях дефицита конфиденциальных данных, с потенциалом применения в реальных системах мониторинга платежей. Несмотря на полученные результаты, существующие методы сталкиваются с проблемами: GAN страдают от режима коллапса (mode collapse), когда генерируются только ограниченные подмножества данных, а VAE могут производить размытые или менее реалистичные образцы. Кроме того, оценка качества синтетических данных требует комплексных метрик, включая статистические тесты (KS-test, Wasserstein distance) и downstream-задачи (точность моделей на сгенерированных данных), что открывает потенциал для дальнейших исследований.

Литература:

1. Goodfellow I. J., Pouget-Abadie J., Mirza M. et al. Generative adversarial networks [Electronic resource] // Machine Learning. – 2022, december. - URL: <https://arxiv.org/abs/1406.2661> (accessed: 04.11.2025).
2. Kingma D. P., Welling M. Auto-encoding variational bayes [Electronic resource] // Machine Learning. – 2022, december. - URL: <https://arxiv.org/abs/1312.6114> (accessed: 04.11.2025).
3. Fiore U., De Santis A., Zhou J. et al. Using generative adversarial networks for improving classification effectiveness in credit card fraud detection // Information Sciences. 2017. Vol. 479. N. 1. P. 448–455.

РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО TELEGRAM-БОТА ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНЧЕСКОГО КЛУБА НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Л. Ю. Маклакова

**Нижегородский государственный технический университет
им. Р.Е. Алексеева, г. Нижний Новгород, limaklakova15@mail.ru**

**Научный руководитель: Филинских А. Д., доцент, к.т.н.,
заведующий кафедрой «Графические информационные системы»**

В статье рассматривается проект создания специализированного Telegram-бота, призванного решать ключевые проблемы информационного и коммуникационного характера в деятельности Студенческого клуба НГТУ. Проект направлен на решение проблем фрагментированной информации, коммуникационных барьеров у первокурсников и загруженности руководителей. Бот централизует данные о Студенческом клубе, в том числе о направлениях,

расписании занятий и контактах, а также обеспечивает запись на занятия и интерактивную поддержку через AI-ассистента.

The article discusses the project of creating a specialized Telegram bot designed to solve key information and communication problems in the activities of the NSTU Student Club. The project aims to address the issues of fragmented information, communication barriers among first-year students, and the workload of managers. The bot centralizes data about the Student Club, including directions, class schedules, and contacts, and provides registration for classes and interactive support through an AI assistant.

Современные информационные технологии активно трансформируют все сферы человеческой деятельности. Они находят применение в самых разных областях: от визуализации сложных географических показателей, например, составление этнографической карты России, до создания интерактивных и доступных образовательных платформ [1-3]. Нашел своё применение и искусственный интеллект [4-5], который активно можно использовать в творческой сфере и раскрыть его потенциал совершенно с другой стороны.

В данной работе рассматривается проект внедрения цифрового решения — интеллектуального Telegram-бота — для повышения вовлеченности творческих студентов в мероприятия и студии Студенческого клуба НГТУ, демонстрирующий, как технологии могут способствовать развитию творческого потенциала студенческой молодежи [6].

Работа поделилась на несколько этапов:

1. Выявление и анализ проблем структурного подразделения.

Основными проблемами стали:

- Разрозненность информации

Основной информационной площадкой является группа в социальной сети ВКонтакте, которая не позволяет централизованно и структурированно предоставлять все необходимые данные: актуальное расписание, условия записи, подробные описания направлений, контакты руководителей и прочее. Приходится проделывать большое количество манипуляций и посетить множество страниц для поиска нужной информации.

- Человеческий фактор и загруженность руководителей направлений

Руководители направлений, будучи занятыми людьми, могут не оперативно отвечать на сообщения, в результате чего запросы от потенциальных участников остаются без внимания, а контакт теряется.

- Коммуникационный барьер

Студенты-первокурсники часто испытывают нерешительность и психологический дискомфорт при необходимости прямого обращения к незнакомым руководителям, что может привести к потере мотивации и отказу от участия.

2. Анализ перечня вариантов решения проблем. Были оценены различные платформы, которые в перспективе могли помочь закрывать ряд задач (VK-бот, Telegram-бот, сайт). Разумеется, у каждого из вариантов есть свои достоинства и недостатки, которые в зависимости от задач принимались в первую очередь или не учитывались вовсе. Так, например, одно из достоинств создания сайта – это свобода выбора внешнего вида, то есть при создании сайта есть возможность сделать индивидуальный дизайн по своим требованиям. Но поскольку критерий «внешний вид» не является решающим, это достоинство не брали во внимание при выборе инструмента.

3. Выбор самого подходящего решения. В качестве оптимального инструмента был определен Telegram-бот с интеграцией технологии искусственного интеллекта.

Проблема разрозненности информации решается за счет создания централизованного информационного хаба внутри бота (пользователь в интуитивном меню получает мгновенный доступ к данным). Коммуникационный барьер преодолевается благодаря внедрению AI-ассистента (студент может в любое время в неформальном чате задать боту любой вопрос, не опасаясь осуждения, и получить немедленный, точный ответ). Несомненно, что современные системы искусственного интеллекта пока уступают человеку в способности к полноценному общению, но их внедрение помогает оптимизировать работу даже на начальных этапах [6, 7]. Проблема загруженности кураторов нивелируется за счет автоматизации рутинных операций (функция автоматической записи на занятия и способность бота отвечать на часто задаваемые вопросы высвобождают время руководителей для творческой и организационной работы, минимизируя риск потери обращений).

4. Разработка структуры бота, исходя из поставленных задач. Telegram-бот должен содержать в себе всю актуальную информацию по Студенческому клубу (список направлений, описание рода занятий, контакты руководителей, расписание и возможность записи на занятие), а также возможность самостоятельно общаться со студентами, то есть необходимую информацию можно узнать не только через активные кнопки, но и путем диалога с ботом, что ускоряет процесс поиска нужной информации.

5. Разработка и оформление. Непосредственная программная реализация бота, написание сценариев диалогов, подключение AI-модуля и создание пользовательского интерфейса. И что самое немаловажное – его обучение [7, 8].

На данный момент Telegram-бот находится на финальной стадии разработки, но он уже обладает значительным потенциалом для практического применения и дальнейшего развития.

Его основная ценность заключается в адаптируемости и масштабируемости решения. Он может применяться в творческих организациях, подобных данному структурному подразделению – Студенческому клубу. Для адаптации системы достаточно внести соответствующие изменения в информационное наполнение и структуру направлений, используя существующую технологическую базу. В дальнейшем функционал можно расширить и перейти на уровень ВУЗа, добавив информацию по другим студенческим подразделениям. Это позволит повысить уровень межвузовского взаимодействия, что приведет к популяризации творческих проектов и мероприятий, привлечет больше людей и позволит сформировать более единое творческое общество [9].

Таким образом, бот представляет не просто локальное решение для конкретного студенческого клуба, а универсальную платформу, способную стать основой для цифровизации творческой деятельности на различных уровнях - от отдельного коллектива до межвузовского координационного центра.

Литература:

1. Куркин А.А., Епифанов С.А. К вопросу визуализации географического распределения коренных малочисленных народов России // Экономическая безопасность России: проблемы и перспективы: Материалы XII Международной научно-практической конференции – Нижний Новгород: Изд-во НГТУ, 2024 – С. 247-251.

2. Куркин А.А., Епифанов С.А. Опыт применения современных инструментов геоинформационного картографирования для составления этнографической карты коренных малочисленных народов России // Будущее технической науки: сборник материалов XXIII Всероссийской молодежной научно-технической конференции – Нижний Новгород: Изд-во НГТУ, 2024 – С. 778-779.

3. Шутов А.А., Герасимова А.Е., Филинских А.Д., Глумова Е.С. Создание интерактивной образовательной среды с помощью технологии виртуальной реальности // КОГРАФ-2024: сборник материалов 34-й Всероссийской молодежной научно-практической конференции по

графическим информационным технологиям и системам – Нижний Новгород: Изд-во Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, 2024 – С. 157-164.

4. Маричев А. И., Волков Е.М., Филинских А.Д. Исследование нейросетей и колористической коррекции при цифровой реставрации черно-белых фотопленок // КОГРАФ-2025: Сборник материалов 35-й Всероссийской молодежной научно-практической конференции по графическим информационным технологиям и системам – Нижний Новгород: Изд-во Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, 2025. – С. 92-98.

5. Малышева А. М., Филинских А.Д. Исследование общественного отношения к генеративным нейронным сетям в графике // КОГРАФ-2025: Сборник материалов 35-й Всероссийской молодежной научно-практической конференции по графическим информационным технологиям и системам – Нижний Новгород: Изд-во Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, 2025 – С. 84-91.

6. Яндыбаева Н.В., Горшков Е.А., Токарев В.А. Разработка чат-бота для структурного подразделения ВУЗа // Научный аспект: научное издание – Самара: Изд-во ООО «Аспект», 2024 – С. 74-82.

7. Мохов В.А., Кузнецова А.В. Системы искусственного интеллекта: современные методы программной инженерии: учебное пособие — Новочеркасск: ЮРГПУ (НПИ), 2021 – С. 150.

8. Глушков Н.Д. Нажимова Н.А. Технология создания интеллектуального чат-бота // НАУЧНЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ 2023: Материалы IV региональной молодежной научно-технической конференции – Дзержинск: Изд-во ННГУ им.Н.И.Лобачевского, 2023 – С. 34-37.

9. Рындина С.В. Интеллектуальные информационные системы и технологии: диалоговые интерфейсы: учеб.-метод. Пособие – Пенза: Изд-во ПГУ, 2022 – С. 76.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО KALMANNET ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ АВТОНОМНО УПРАВЛЯЕМОГО АВТОМОБИЛЯ

А. В. Комарова

**Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, komnas04@gmail.com**

Научный руководитель: Чубич В. М., д.т.н., профессор

Представлено расширение нейросетевого фильтра KalmanNet-M на нелинейные системы с управлением. На примере задачи локализации автономно управляемого автомобиля с использованием реального набора данных KITTI по критерию RMSE проведен сравнительный анализ KalmanNet-M с базовым KalmanNet, расширенным фильтром Калмана и его адаптивной модификацией. Показано, что KalmanNet-M демонстрирует высокую эффективность и может быть рекомендован к использованию при решении задач высокоточной локализации в системах автономного управления.

The extension of the KalmanNet-M neural network filter to nonlinear systems with control is presented. Using the example of the localization task of an autonomous vehicle using the real KITTI dataset, a comparative analysis of KalmanNet-M with the basic KalmanNet, the extended Kalman filter, and its adaptive modification is conducted using the RMSE criterion. It is shown that KalmanNet-M demonstrates high efficiency and can be recommended for use in solving high-precision localization tasks in autonomous control systems.

За последние четыре десятилетия наблюдается взрывной рост научных публикаций, посвященных автономным управляемым системам. Так, по данным аналитической платформы Dimensions.ai в 1984 г. было зарегистрировано 215 работ, а к 2025 г. их число достигло впечатляющих 128194. Это объясняется стремительным развитием технологий искусственного интеллекта и машинного обучения, открывшим новые возможности для разработки систем управления повышенной сложности и автономности.

В работе [1] была представлена адаптивная модификация KalmanNet-M нейросетевого фильтра KalmanNet из доклада [2], позволяющая для стохастических линейных дискретных систем учитывать неопределенность в задании ковариационной матрицы шума измерений. В данной работе мы продолжаем исследования, распространяя область применения KalmanNet-M на нелинейные модели с управлением.

Проведем сравнительный анализ разработанного KalmanNet-M с исходным KalmanNet, стандартным расширенным фильтром Калмана

(EKF) и его адаптивной модификацией (EKF-AZH), использующей результаты работы Akhlagi-Zhou-Huang [3].

Структурная схема рассматриваемых фильтров представлена на рисунке 1, в котором каждый крупный блок включает входящие в него подблоки другого цвета.

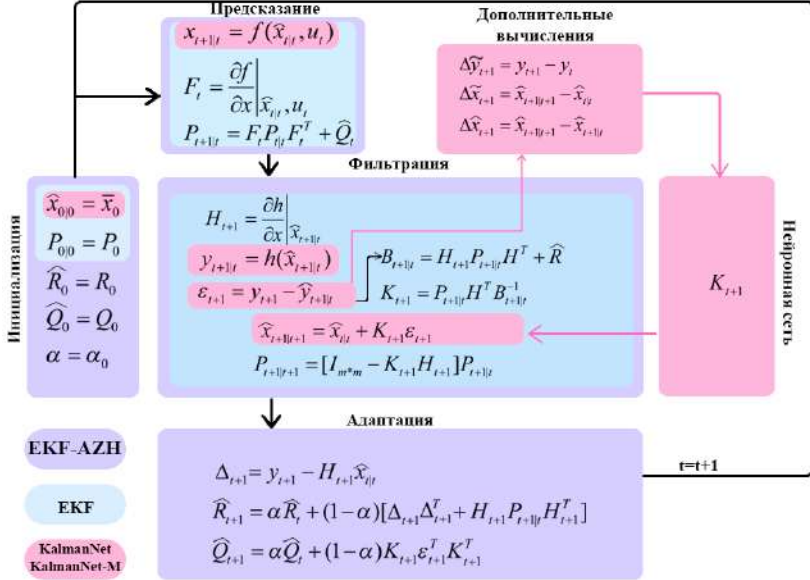


Рис.1 – Структурная схема алгоритмов фильтрации (KalmanNet, KalmanNet-M, EKF, EKF-AZH)

В качестве практического примера рассмотрим следующую неголономную модель движения автономно управляемого автомобиля из [4,5]:

$$\begin{cases} x_{t+1} = \begin{pmatrix} x_{1,t+1} \\ x_{2,t+1} \\ x_{3,t+1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_{1t} + u_{1t} \cos(x_{3,t+1}) \cos(u_{2t}) \Delta t \\ x_{2t} + u_{1t} \sin(x_{3,t+1}) \cos(u_{2t}) \Delta t \\ x_{3t} + u_{1t} \sin(u_{2t}) \Delta t / l_{car} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} w_{1t} \\ w_{2t} \\ w_{3t} \end{pmatrix} = f(x_t, u_t) + w_t, \\ y_{t+1} = \begin{pmatrix} y_{1,t+1} \\ y_{2,t+1} \\ y_{3,t+1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_{1,t+1} - l_{off} \cos(x_{3,t+1} - \alpha) \\ x_{2,t+1} - l_{off} \sin(x_{3,t+1} - \alpha) \\ x_{3,t+1} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} v_{1,t+1} \\ v_{2,t+1} \\ v_{3,t+1} \end{pmatrix} = h(x_{t+1}) + v_{t+1}. \end{cases}$$

Здесь x_{1t}, x_{2t} - координаты (м) середины задней оси; x_{3t} - курс (рад.); u_{1t} - линейная скорость (м/с); u_{2t} - угол поворота управляемых колес (рад.); $y_{1,t+1}, y_{2,t+1}, y_{3,t+1}$ - соответственно показания координат и курса GPS-приемника с учетом геометрического смещения антенны относительно центра масс; l_{off} - смещение антенны GPS относительно центра задней оси, α - угол смещения антенны GPS, l_{car} - колесная база автомобиля (расстояние между центром передней оси и центром задней оси автомобиля).

Следуя описанию датасета KITTI [6], будем считать, что $\Delta t = 0.1$ с., $\bar{x}_0 = (0, 0, 0)^T$, $l_{car} = 2.5$ м., $l_{off} = 0.2$ м., $\alpha = 0.1$ рад.

Поскольку ковариационные матрицы шумов в уравнениях состояния и измерения Q и R в данной задаче не заданы, а их знание необходимо для работы EKF-AZH и EKF и инициализации матриц KalmanNet и KalmanNet-M, были выбраны экспериментальным путем следующие матрицы:

$$Q_0 = \text{diag}(0.0137, 0, 0.0137, 0.009), R_0 = \text{diag}(0.1993, 0.1993, 0.08).$$

Отметим, что используемый набор данных KITTI является популярным и широко используемым в задачах компьютерного зрения и робототехники.

На рисунке 2 изображён маршрут движения автономно управляемого автомобиля по городу Карлсруэ (Германия) из выбранного датасета.



Рис. 2 – Маршрут движения автономно управляемого автомобиля в координатах (слева) и на карте (справа)

Оценивать точность предсказаний фильтров будем с помощью среднеквадратичной ошибки RMSE, вычисляемой по формуле:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{t=0}^{N-1} (y_t - \hat{y}_{t+1|t+1})},$$

где N – длина выборки, равная 4541.

Таблица 1 – Значения RMSE для рассмотренных фильтров

Фильтр	KalmanNet-M	KalmanNet	EKF	EKF-AZH
RMSE	0.0120	0.0505	0.1496	0.0904

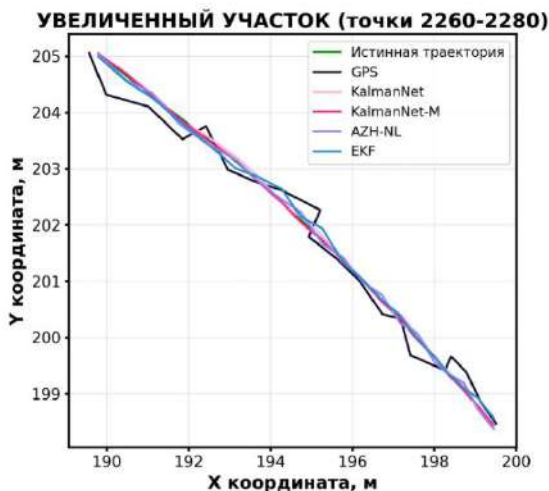


Рис 3. – Фрагмент маршрута с результатами фильтрации

Сравнительный анализ KalmanNet-M, KalmanNet, EKF, EKF-AZH (см. таблицу 1 с визуализацией фрагмента маршрута движения автомобиля на рисунке 3) показал, что классический EKF и нелинейная версия адаптивного фильтра EKF-AZH демонстрируют относительно невысокую эффективность, что объясняется их чувствительностью к неточному заданию ковариационных матриц шумов состояний и измерений. Базовый KalmanNet, хотя и превосходит EKF и EKF-AZH, уступает своей адаптивной модификации, что подчеркивает существенность и целесообразность внесенных в архитектуру изменений.

Таким образом, адаптивная модификация KalmanNet-M является перспективным инструментом для задач высокоточной локализации в

системах автономного управления, обеспечивая повышенную точность в условиях параметрической неопределенности.

Литература:

1. Комарова А.В., Чубич В.М. Модификация KalmanNet для случая неопределенности в задании ковариационной матрицы шума измерений // Наука. Технологии. Инновации: сб. науч. тр. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2025. – Ч. 1. – С. 177-182.
2. KalmanNet: Data-driven Kalman filtering / G. Revach, N Shlezinger., R. J. G. van Sloun, Y. C. Eldar // IEEE Int. Conf. on Acoustics, Speech and Signal Processing. – Toronto, 2021. – P. 3905–3909.
3. Akhlaghi S., Zhou N., Huang Z. Adaptive Adjustment of Noise Covariance in Kalman Filter for Dynamic State Estimation // IEEE Power and Energy Conf. Gen. Meeting. – Chicago, 2017. – P. 1-5.
4. Almeida J., Santos V.M., Real time ego motion of a nonholonomic vehicle using lidar measurements // Journal of Field Robotics. – 2013. – Vol. 30, N 1. – P. 129–141.
5. Xu L., Niu R. EKNet: Learning System Noise Statistics from Measurement Data // IEEE Int. Conf. on Acoustics, Speech and Signal Processing. – Toronto, 2021. – P. 4560–4564
6. Geiger A., Lenz P. Vision meets robotics: The kitti dataset // The International Journal of Robotics Research. – 2013. – P. 1231–1237

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ПОДХОДОВ В ВОПРОСЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ БИФУРКАЦИЙ ВЕНЕЧНЫХ АРТЕРИЙ СЕРДЦА ЧЕЛОВЕКА

Д. Н. Грибков

**Пензенский государственный университет, г. Пенза, cnit@pnzgu.ru
Научный руководитель: Горбаченко В. И., д.т.н., профессор**

Предложены и представлены графовые нейронные сети для моделирования бифуркаций коронарных артерий сердца человека. Выполнено сравнение различных архитектур для решения данной задачи.

Graph neural networks for modeling coronary artery bifurcations in the human heart are proposed and presented. Various architectures for solving this problem are compared.

Сердечно-сосудистые болезни остаются главными причинами смертности в современном мире: по оценкам ВОЗ порядка 30% всех летальных исходов связаны с ними [1], особое место занимают

ишемическая болезнь сердца и её осложнения. Эффективным способом восстановления коронарного кровотока является малоинвазивный способ – перкутанная коронарная интервенция. Качество данной процедуры определяется точным планированием – необходимо знать исходную форму пораженного участка с высокой точностью, чтобы избежать после процедурных осложнений [2].

Венечные артерии сердца образуют сеть ветвлений, так же называемые фрактальной структурой, состоящей из родительского сегмента и двух дочерних сегментов $d_{\max}$ и $d_{\min}$ [3]. Особое внимание уделяется возможности максимально точно предсказывать дочерние диаметры на основе родительских, что и является целью данной работы.

Для решения данной задачи имеются математические модели. В работе Олафсен и соавторов [4] геометрия ветвления задается законами на основе найденных коэффициентов $\alpha \approx 0.9$ и $\beta \approx 0.6$:

$$d_{\max} = \alpha D$$

$$d_{\min} = \beta D$$

В работе автором Хуо и Кассаб [5] авторы расширяют понятие закона Мюррея с учетом полной фрактальной модели сосудов

$$D^{\frac{7}{3}} = d_{\max}^{\frac{7}{3}} + d_{\min}^{\frac{7}{3}} \quad \text{и} \quad \text{ratio} = \frac{d_{\min}}{d_{\max}}:$$

$$d_{\max} = D \cdot \left(1 + \text{ratio}^{\frac{7}{3}} \right)^{-\frac{7}{3}}$$

$$d_{\min} = \text{ratio} \cdot d_{\max}$$

Чтобы оценить качество формул, были рассчитаны метрики на исходном наборе данных [6]. Расчеты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Расчеты классических подходов для $d_{\max}$ и $d_{\min}$

		MAE	RMSE	R ²
Olufsen	$d_{\max}$	0,397	0,675	0,429
Huo&Kassab		0,383	0,653	0,465
Olufsen	$d_{\min}$	0,386	0,609	-0,794
Huo&Kassab		0,352	0,559	-0,511

Как видно из результатов, классические подходы показывают среднюю или низкую точность предсказания.

Для решения данной задачи было отобрано несколько нейросетевых моделей. Базисом был выбран MLP для оценки качества простого нейросетевого регрессора в сравнении с традиционными подходами. Среди специализированных графовых нейронных сетей были выбраны: 1. GCN — работает с данными в виде графов, использует сверточные операции над соседними вершинами, 2. GraphSAGE — графовая сеть, использующая на индуктивный метод и агрегацию признаков фиксированного числа соседей с помощью определенных базисных функций, таких как усреднение, суммирование или LSTM, 3. GAT — графовая нейронная сеть с механизмом внимания, благодаря данному механизму может выделять наиболее релевантные соседы в системе, 4. Transformer Conv — графовый трансформер, работает при помощи глобального механизма самовнимания и позиционных эмбеддингов, что дает возможность видеть сети одновременно всю структуру графа, а не только соседние узлы [7].

Обучение модели происходило при помощи функции HuberLoss, которая позволяет повысить устойчивость к выбросам по сравнению с классической MSE. Исходный набор является базой данных [6], из которой было отобрано 17 образцов с количеством сегментов более ста штук. Для каждого сегмента в обучении использовались диаметр сегмента, пол и возраст донора. Всего использовалось 3328 сегмента.

Известно, что для обучения нейронных сетей необходимо достаточное количество обучаемых данных в наборе [8]. Возникло опасение, что данных недостаточно, в связи с чем был разработан алгоритм стохастической аугментации данных. Его описание:

1. Создание n копий исходного графа;
2. Обход в топологическом порядке узлов с потомками;
3. Генерация четырех независимых шумов из нормального распределения для узлов: 1. Шум D , 2. Шум $d_{\min}/d_{\max}$, 3. Шум отношения d_{child}/D , 4. Шум нарушения закона Мюррея;
4. На основе шагов 1–3 появляется возможность рассчитать новые

$$\text{диаметры: } d_{\max}^{\text{new}} = \left(\frac{(D_v^{\text{new}})^3}{(1 + \delta_{\text{violation}}) \cdot (1 + (r^{\text{new}})^3)} \right)^{\frac{1}{3}}, \quad d_{\min} = r^{\text{new}} \cdot d_{\max}.$$

Если имеется только один дочерний элемент:

$$d_{\text{child}} = \left(\frac{d_{\text{child}}^{\text{old}}}{D_{\text{old}}} + \varepsilon_{\text{ratio\_single}} \right) \cdot D_v^{\text{new}}.$$

Оптимальные параметры шума подбирались при помощи обучения в фреймворке Optuna, позволяющей сократить количество вариантов с

полного перебора до выборочной байесовской оптимизации. Оптимизатором был выбран TPESampler [9]. Лучшие значения параметров: $\sigma_D = 0.05$, $\sigma_{ratio} = 0.85$, $\sigma_{violation} = 0.5$, $\sigma_{ratio\_single} = 0.05$.

Для того, чтобы подтвердить качество генерируемых данных, были произведены численные и графические тесты. Результаты тестов представлены в таблице 2 и на рисунке 1.

Таблица 2 – Расчеты метрик аугментации

	Ошибка закона Мюррея	Энтропия Шеннона	KS-test, p-value	T-test, p-value
Исходные	175%	1.4438	-	-
Аугментированные	90%	1.4576	0.025, (p=0.05)	0.126, (p=0.89)

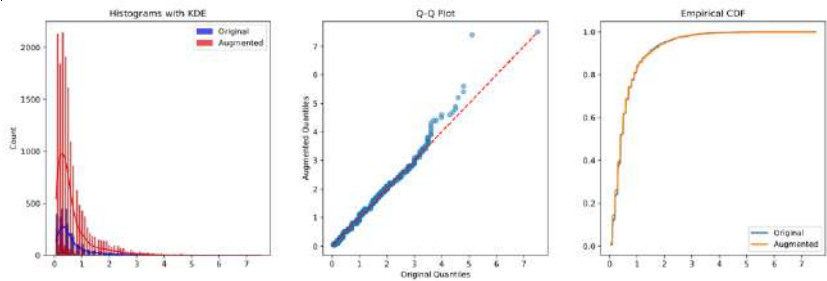


Рис. 1 – результаты визуальных тестов аугментации

Подводя итоги, данный алгоритм аугментации успешно генерирует новые сосудистые графы, которые можно использовать для дальнейшего обучения нейросетевых регрессоров.

С помощью алгоритма аугментации набор был расширен в пять раз, разделение выборок на обучающую и валидационную/тестовую был в пропорции 0.5. Параметры всех сетей так же подбирались при помощи библиотеки Optuna и сохранялись в фреймворке MLflow. Обучение было на языке Python 3 при помощи интерфейса вычислений Torch [10].

Результаты обучения сетей на тестовой наборе представлены в таблице 3. В результаты так же были добавлены уже упоминавшиеся математические модели.

Таблица 3 – Расчеты работы сетей на тестовой наборе

		MAE	RMSE	R ² Score	95% CI для R ²
Модель Olufsen	d _{max}	0,397	0,675	0,429	0.325, 0.51]
Модель Huo&Kassab		0,383	0,653	0,465	[0.365, 0.541]
Transformer Conv		0,091	0,199	0,95	[0.934, 0.963]
MLP		0,335	0,566	0,599	[0.58, 0.615]
BaseGraph		0,374	0,625	0,511	[0.485, 0.536]
GAT		0,269	0,479	0,713	[0.691, 0.736]
GraphSAGE		0,368	0,612	0,531	[0.512, 0.548]
Модель Olufsen	d _{min}	0,386	0,609	-0,794	[-1.158, -0.495]
Модель Huo&Kassab		0,352	0,559	-0,511	[-0.801, -0.275]
Transformer Conv		0,112	0,221	0,764	[0.711, 0.809]
MLP		0,207	0,359	0,378	[0.267, 0.471]
BaseGraph		0,21	0,359	0,377	[0.246, 0.48]
GAT		0,216	0,385	0,282	[0.142, 0.397]
GraphSAGE		0,205	0,341	0,438	[0.334, 0.513]

Результаты показывают, что Transformer Conv показывает наилучший результат как на большем, так и меньшем дочернем сосуде, чем все остальные архитектуры. Тут сказывается преимущество глобального внимания. Для d_{max} хорошие результаты показывает GAT. Также все нейросетевые подходы превосходят классические, что подтверждается метриками.

Полученные результаты подтверждают, что комбинация графовых моделей и процедуры аугментации представляет собой перспективный инструмент для точного моделирования коронарных артерий и поддержки клинического принятия решений.

Литература:

1. World Health Organization. Cardiovascular diseases (CVDs) fact sheet // WHO. – 2025.
2. Ahmad M., Mehta P., Reddivari A.K.R., Mungee S. Percutaneous coronary intervention // StatPearls [Internet]. – Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2025. – PMID 32310583. – URL: <https://www.statpearls.com/> (дата обращения: 01.10.2025).
3. Chen Y.-L., Bai G.-Q., Ren L.-X., Bai Y., Sun M.-Y., Shang T., Ma C.-Y., Ma D.-S. Blood physiological and flow characteristics within coronary artery circulatory network for human heart based on vascular fractal theory // Advances in Mechanical Engineering. – 2020. – Vol. 12, No 7, pp. 1 13. – DOI 10.1177/1687814020933385.

4. Olufsen M.S., Peskin C.S., Kim W.Y., Pedersen E.M., Nadim A., Larsen J. Numerical simulation and experimental validation of blood flow in arteries with structured tree outflow conditions // Ann. Biomed. Eng. – 2000. – Vol. 28, No 11, pp. 1281–1299. – DOI 10.1114/1.1326031. – PMID 11212947.
5. Huo Y., Kassab G.S. Scaling laws of coronary circulation in health and disease // J. Biomech. – 2016. – Vol. 49, No 12, pp. 2531–2539. – DOI 10.1016/j.jbiomech.2016.01.044. – PMID 26921916.
6. Зенин О.К., Дмитриев А.В., Милтых И.С. База данных результатов морфометрии ангиограмм внутриорганного артериального русла сердца человека // Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2021623064. Дата регистрации: 21.12.2021.
7. Shi Y., Huang Z., Wang W., Zhong H., Feng S., Sun Y. Masked label prediction: unified message passing model for semi supervised classification [Electronic resource] // arXiv:2009.03509 [cs.LG]. – 2020. – URL: <https://arxiv.org/abs/2009.03509> (accessed: 01.10.2025).
8. Xie Y., Xu Z., Wang Z., Ji S. Self supervised learning of graph neural networks: a unified review // IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell. – 2021. – Vol. 45, pp. 2412–2429. – DOI 10.1109/TPAMI.2022.3151234.
9. Watanabe S. Tree structured Parzen estimator: understanding its algorithm components and their roles for better empirical performance // arXiv:2304.11127 [cs.LG]. – 2023. – URL: <https://arxiv.org/abs/2304.11127> (дата обращения: 01.10.2025).
10. 21.CUDA 12.8 [Electronic resource] // NVIDIA Developer. – URL: <https://developer.nvidia.com/cuda-12-8-0-download-archive> (accessed: 01.10.2025).

РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ПРОВЕРКИ КОНЦЕНТРАЦИИ И ВНИМАНИЯ

А. А. Сухоруков, В. В. Сидоров, В. Р. Абдрашитов
Томский государственный университет систем управления
и радиоэлектроники,
г. Томск, <https://tusur.ru/ru>
Научный руководитель: Грива Е. В., ст. преп.

В данной статье рассматривается разработка мобильного приложения для оценки концентрации и внимания перед использованием средств индивидуальной мобильности (СИМ). Проанализированы проблемы, влияющие на безопасность дорожного движения при аренде городского транспорта.

Описываются ключевые технологии и архитектурные решения. Приведено научное обоснование методик диагностики готовности к управлению СИМ.

This article discusses the creation of a mobile application for testing concentration and attention. It examines the problems that led to the need for this application. The article describes the key technologies used in the development, as well as the methods for testing attention and concentration, along with their scientific justification.

В современном мире человек все чаще сталкивается с ситуациями, когда для удобного передвижения по городу люди используют средства индивидуальной мобильности (СИМ) вместо привычных автомобилей. Такой транспорт удобен и легкодоступен. В связи с этим возникает проблема, при которой СИМ может взять уставший или нетрезвый человек. В частности, это требуется при аренде электросамокатов. В некоторых случаях при использовании услуг каршеринга требуется пройти проверку на алкотестере перед началом поездки. Однако при аренде электросамокатов такие тесты пока не проводятся. Это может привести к серьёзным последствиям. Лица, находящиеся в состоянии алкогольного опьянения или повышенной усталости, при использовании электросамокатов, подвергаются повышенному риску получения травм и могут причинить вред окружающим.[1]. За последние годы отмечается увеличение числа пострадавших и погибших в результате дорожно-транспортных происшествий с использованием СИМ. Причем значительное долю пострадавших составляют лица, не достигшие совершеннолетнего возраста. Например, если в 2019 году было зарегистрировано всего 147 дорожно-транспортных происшествий с использованием арендованных СИМ, то в 2024 количество таких случаев возросло до 4591. Кроме того, статистика свидетельствует о росте числа погибших в результате таких аварий: с 7 до 54 человек. [2].

Приложение представляет собой тест на внимательность, который предлагают пройти перед началом использования электросамоката. Во время прохождения теста происходит оценивание когнитивных способностей пользователя. После окончания тестирования приложение предоставляет отчёт с рекомендациями. В случае выявления отклонений от стандартных показателей система предложит ограничить скорость передвижения либо воздержаться от поездки. С учётом необходимости интеграции тестирования в процесс аренды, продолжительность диагностики ограничена 30 секундами. Методика оценки состояния построена на выполнении простых когнитивных заданий с использованием элементов геймификации. Данный подход способствует повышению вовлечённости пользователей в процесс

тестирования и минимизирует риск отказа от аренды транспортного средства.

Для создания приложения был использован фреймворк Flutter. Это кроссплатформенное решение с открытым исходным кодом, позволяющий создавать приложения для мобильных, веб- и десктопных платформ из единой кодовой базы. В отличие от многих других решений, Flutter не использует нативные компоненты операционных систем. Использование собственного движка рендеринга позволяет добиться плавности анимации и полной согласованности внешнего вида на всех платформах. Ключевым элементом архитектуры Flutter является язык программирования Dart, который компилируется в нативный код [3].

Первое, что встречает пользователя при начале прохождения теста, это главный экран приложения с кнопкой «Начать тест». Далее идет краткое приветствие и объяснение того, в чем состоит тестирование и какие задания будут предложено пройти пользователю (рисунок 1). Проверка пользователя состоит из двух тестов. В первом тесте необходимо смахнуть карточку, которая появляется на экране, в направлении, написанном на карточке. Во втором навести и удерживать гироскоп в точку на экране и запомнить последовательность символов, которая появляется после наведения, а после воспроизвести ее. Это позволяет представить пользователю тест не как рутинное задание, а как мини-игру на внимание [4].

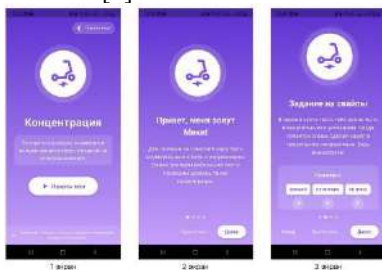


Рис. 1 – Начальные экраны приложения

Первый тест базируется на модифицированной методике Струпа. Суть эффекта заключается в затруднении обработки информации при несоответствии между цветом шрифта и семантическим содержанием слова-стимула. Например, слово «желтый» написано красными буквами [5]. В качестве дополнительной когнитивной нагрузки, при прохождении теста применяются отрицательные формулировки, требующие исключения одного из направлений. Карточка «не влево» предполагает жест в правую, верхнюю или нижнюю сторону. Также

используются выражения «горизонтально» или «вертикально». Данная многоуровневая система стимулов позволяет оценить как скорость реакции, так и когнитивную гибкость пользователя. Экраны прохождения первого теста представлены на рисунке 2.



Рис. 2 – Экраны прохождения первого теста

Второй тест состоит из двух этапов и направлен преимущественно на выявление признаков алкогольной интоксикации. На первом этапе пользователь должен, используя гироскоп, навести и удерживать курсор в заданной области. После этого на экране отобразится первая половина последовательности символов, которую необходимо запомнить. Затем область наведения изменится, и пользователь должен повторно навести курсор в новую область для отображения второй половины последовательности символов. По завершении этих действий пользователю нужно расположить символы в порядке их отображения. Методика теста основана на результатах исследований о негативном влиянии алкоголя на психомоторные и когнитивные функции. В частности, нарушается ориентация в пространстве и контроль за работой органов чувств в процессе восприятия и обработки информации. Также снижается способность к формированию логических выводов [6]. Совокупность данных факторов оказывают отрицательное влияние на результаты оценки состояния пользователя. Экран прохождения второго теста представлен на рисунке 3.

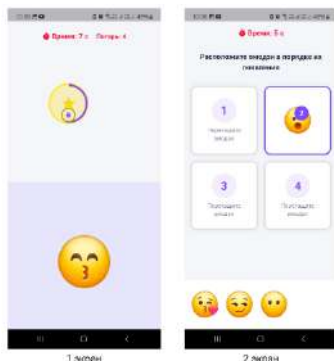


Рис. 3 – Экраны прохождения второго теста

Для анализа результатов тестирования и формирования рекомендаций используется модель машинного обучения, разработанная на основе данных 180 респондентов. Модель была обучена на данных выборки, разделенной на три равные группы по 60 человек: лица без признаков усталости и алкогольной интоксикации (60 человек), с признаками алкогольной интоксикации различной степени (60 человек) и в состоянии психофизиологической усталости (60 человек). Такое распределение позволило обеспечить сбалансированность классов и избежать смещения модели в сторону доминирующего класса. В процессе обучения ИИ анализировал такие параметры, как скорость реакции, количество ошибок в условиях когнитивного конфликта (эффект Струппа), точность удержания гироскопа и способность к запоминанию и воспроизведению последовательностей. Это позволяет системе не просто подсчитывать ошибки, а оценивать комплексное психофизиологическое состояние пользователя, сравнивая его показатели с эталонными моделями "нормы" и "нарушения".

Разработанное решение демонстрирует потенциал применения современных технологий в сфере безопасности СИМ и может быть адаптировано для других областей, где требуется быстрая оценка психофизиологического состояния пользователя. Дальнейшее развитие проекта может включать добавление интеграции с системами аренды СИМ и использование машинного обучения для более точной интерпретации результатов.

Литература:

1. Управление электросамокатом в нетрезвом виде: трезвая правда жизни [Электронный ресурс] // Dzen. – URL: https://dzen.ru/a/ZpL0_GIG1H1HT0ma (дата обращения: 7.10.2025).
2. Электросамокаты забуксовали в поправках [Электронный ресурс] // Kommersant.ru. – URL: <https://www.kommersant.ru/doc/7622769> (дата обращения: 07.10.2025).
3. Введение в Flutter. Что такое Flutter [Электронный ресурс] // metanit. – URL: <https://metanit.com/dart/flutter/1.1.php> (дата обращения: 07.10.2025).
4. Игра - дело серьёзное. Рассказываем про геймификацию [Электронный ресурс] // Skillbox. – URL: https://skillbox.ru/media/management/igra_delo_seryeznoe_rasskazyvaem_pro_geymifikatsiyu/ (дата обращения: 08.10.2025).
5. Что такое эффект Струпа и как он помогает развивать мозг [Электронный ресурс] // rbc. – URL: <https://trends.rbc.ru/trends/social/624bf5969a79474268f9cf0b> (дата обращения: 08.10.2025).
6. Как алкоголизм действует на когнитивные функции и память [Электронный ресурс] // Salerno.clinic. – URL: <https://salerno.clinic/poleznaya-informatsiya/po-alkogolizmu/kak-alkogolizm-dejstvuet-na-kognitivnye-funkcii-i-pamyat/> (дата обращения: 08.10.2025).

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ВИБРАЦИОННАЯ ДИАГНОСТИКА МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

К. С. Зверев

Московский Авиационный Институт (НИУ),

г. Москва, kirillszverev@yandex.ru

Научный руководитель: Золотенкова М. К., ассистент

В работе предложен подход интеллектуальной вибродиагностики механизмов оборудования с использованием нейронной сети, основанной на архитектуре VGG. Нейронная сеть обрабатывает вибрационные сигналы и распознает состояние установки: нормальное, трещина шкива, смещение шкива и общий износ механизма. Для улучшения обучения применён метод «смещения окна». На экспериментальных данных точность распознавания составила 99,5%. Результаты подтверждают эффективность подхода для выявления неисправностей.

The paper proposes an approach to intelligent vibration diagnostics of equipment mechanisms using a neural network based on the VGG architecture. The neural network processes vibration signals and recognizes the installation condition:

normal, pulley crack, pulley displacement and general wear of the mechanism. The "window shift" method was used to improve learning. Based on experimental data, the recognition accuracy was 99.5%. The results confirm the effectiveness of the fault detection approach.

Современное промышленное оборудование отличается сложностью механизмов, взаимным влиянием их узлов на состояние друг друга и непрерывным режимом работы. В таких условиях традиционные методы диагностики, требующие остановки, демонтажа, разборки и сборки агрегатов, становятся трудоёмкими, дорогостоящими и часто невозможными без нарушения производственного цикла, что влечёт значительные убытки для предприятий от простоев.

Поэтому сегодня популярны методы неразрушающей диагностики, позволяющие оценивать и прогнозировать состояние оборудования в т.ч. без его остановки и разборки. Среди них широкое распространение получила вибродиагностика — метод неразрушающего контроля, основанный на анализе вибраций, генерируемых работающим оборудованием, и вторичных колебаний, обусловленных его конструкцией [1,2]. Он позволяет выявлять и прогнозировать неисправности еще на ранних стадиях, не выводя оборудование из эксплуатации.

Несмотря на преимущества, эффективность применения вибродиагностики ограничена как человеческим фактором: зависимостью от квалификации специалистов при анализе получаемой информации, так и эпизодичностью проведения вибродиагностического мониторинга.

Для преодоления указанных ограничений в данной работе предлагается использовать нейронную сеть. В качестве архитектуры нейронной сети была адаптирована VGG (Visual Geometry Group) [3] (Рис. 6), чьим преимуществом является способность извлекать иерархические признаки на разных уровнях абстракции.

Архитектура состоит из четырех сверточных блоков (Conv1D → BatchNormalization → MaxPooling1D → Dropout) и классификатора состояний оборудования (Dense → BatchNormalization → Dropout → Dense → BatchNormalization → Dropout → Dense).



Рис. 6 – Архитектура нейронной сети

Для более детального понимания функций каждого компонента архитектуры при краткое описание используемых слоёв:

- Conv1D - одномерные свёрточные слои, предназначенные для извлечения локальных признаков из входной последовательности;
- Flatten - слой развертки, преобразующий многомерные выходы свёрточных блоков в одномерный вектор для последующей передачи в полносвязные слои;
- BatchNormalization, Dropout - слои, предназначенные для стабилизации обучения и снижения переобучения;
- MaxPooling1D - слои макс-пулинга, которые сокращают объём данных и делают модель менее чувствительной к небольшим сдвигам во входной последовательности.
- Dense - полносвязные слои, в т.ч. выполняющие финальное принятие решений на основе извлечённых признаков.

Такая компоновка слоев в предлагаемой архитектуре нейронной сети обеспечивает устойчивость обучения, простоту настройки гиперпараметров и ее высокую обобщающую способность.

В качестве исходных данных для обучения нейронной сети использован набор измерений, включающий 150 записей вибрационных сигналов, размеченных по четырём классам технического состояния экспериментальной установки [4] (Таблица 3).

Таблица 3 Классы технического состояния экспериментальной установки

№	Класс технического состояния (в т.ч. англ)	Описание
1.	Нормальное состояние (Ideal)	Эталонное состояние системы, при котором все компоненты находятся в исправном состоянии.
2.	Наличие трещины шкива (Cracking)	Дефект, характеризующийся нарушением целостности материала шкива в виде трещины, что может привести к снижению прочности и риску дальнейшего разрушения.
3.	Смещение шкива (Offset Pulley)	Дефект, характеризующийся отклонением монтажного положения шкива от его номинальной оси.
4.	Состояние износа (Wear)	Состояние системы, при котором все её компоненты в той или иной степени имеют накопленные повреждения, деградацию характеристик и снижение функционального ресурса.

Для улучшения обучения нейронной сети была применен подход «смещения окна». Суть подхода заключается в разбиении каждой исходной обучающей последовательности на множество перекрывающихся подпоследовательностей (окон) с шагом, меньшим чем длина окна. За счёт этого из одной записи вибрационных сигналов было сгенерировано несколько обучающих экземпляров, что значительно расширило обучающую выборку.

Применение «смещения окна» также способствовало лучшей обобщающей способности нейронной сети, поскольку она обучилась выявлять характерные паттерны в данных независимо от их временного положения в них.

Результаты обучения нейронной сети с использованием «смещения окна» представлены ниже (Рис. 7).

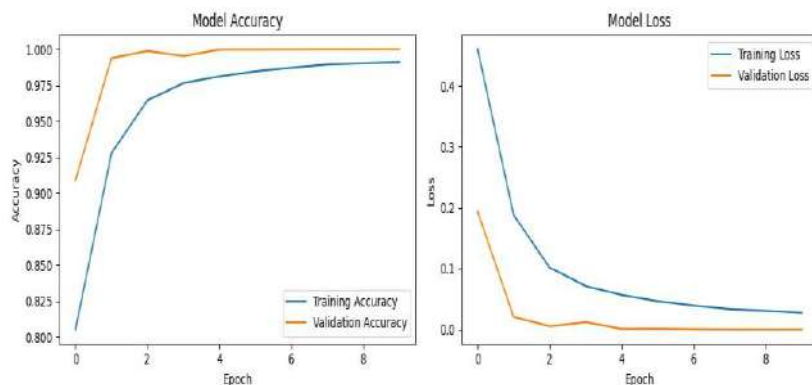


Рис. 7 – Результаты обучения НС

На графиках показано, как в ходе обучения растёт точность модели на тренировочной и валидационной выборках, а функция потерь — снижается. Обученная модель продемонстрировала высокую точность на тестовой выборке - 99,5%, что свидетельствует о её достаточной эффективности и надёжности в решении задачи определения состояний экспериментальной установки по записям вибрационных сигналов.

Полученные результаты показали практическую применимость предложенного подхода к определению технического состояния механизмов оборудования. Дальнейшее развитие заключается в его адаптации под определенные типы технологического оборудования и реализации подхода прогнозирования состояния оборудования с использованием нейронных сетей.

Литература:

1. ГОСТ Р 56542–2015. Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов. – Введ. 2016–07–01. – М.: Стандартинформ, 2015. – 12 с.
2. ГОСТ Р ИСО 20816-1–2021. Вибрация. Измерения вибрации и оценка вибрационного состояния машин. Часть 1. Общие положения. – Введ. 2022–01–01. – М.: Стандартинформ, 2021. – 32 с.
3. Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition / K. Simonyan, A. Zisserman // arXiv preprint arXiv:1409.1556. – 2014. – 14 p. – URL: <https://arxiv.org/abs/1409.1556> (дата обращения: 01.11.2025).
4. System Design for Early Fault Diagnosis of Machines using Vibration Features / M. U. Khan, M. A. Imtiaz, S. Aziz, Z. Kareem, A. Waseem, M. A. Akram // Proc. of the 5th International Conference on Power Generation Systems and Renewable Energy Technologies (PGSRET). — Istanbul, Turkey, 20–27 August 2019.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОЗРАСТНОЙ ГРУППЫ ЧЕЛОВЕКА ПО ИЗОБРАЖЕНИЮ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Т. В. Жданова

**Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, zhdanova.2021@stud.nstu.ru**

Научный руководитель: Попов А. А., д.т.н., профессор

В данной работе разработана модель свёрточной нейронной сети для классификации возраста человека на семь групп по изображению лица. Модель была обучена и протестирована на наборе данных UTKFace. В результате достигнута точность предсказания возрастной группы, равная 75%.

In this paper, a convolutional neural network model for classifying a person's age into seven groups from facial images is developed. The model was trained and tested on the UTKFace dataset, achieving a final age group classification accuracy of 75%.

Задача классификации данных является одной из ключевых задач машинного обучения, позволяющая автоматически распределять объекты по категориям на основе их признаков. Этот подход используется повсеместно: от фильтрации спама в электронной почте до диагностики заболеваний по медицинским снимкам. В основе классификации лежит идея обучения модели на примерах, где каждому

объекту присвоена метка класса. Чем качественнее данные и алгоритм, тем точнее система справляется с предсказаниями, что делает классификацию незаменимым инструментом в эпоху больших данных.

Классификация изображений стала основой для систем распознавания лиц, медицинской диагностики, автономного транспорта и многих других инноваций. В данной работе рассматривается частный, но практически значимый случай классификации – определение возрастной группы человека по изображению. В отличие от точного предсказания возраста, группировка упрощает анализ и снижает требования к модели, тем более обучить модель определять возраст с точностью до года просто невозможно. Однако даже эта упрощённая задача сталкивается с проблемами: вариативность освещения, ракурсов, мимики и этнических особенностей – всё это усложняет создание универсальных решений.

Выбор подходящего набора данных играет ключевую роль в успехе проекта. Данный набор должен быть достаточно большим для обучения модели и содержать разнообразные примеры. Для возрастной классификации важно, чтобы в выборке были изображения людей разных возрастов, этнических групп, с различным освещением и ракурсами. Был выбран набор данных «UTKFace», состоящий из 23708 изображений и обладающий рядом преимуществ: широкий возрастной диапазон, разнообразие изображений и этнических принадлежностей, но также есть и слабая сторона, а именно существенный дисбаланс классов и возрастное смещение (Рис. 8), помимо этого возможно, что такое количество изображений в наборе данных не даст высокую точность необходимую для внедрения модели в каких-либо целях, будь то сфера маркетинга, аналитики или безопасности.

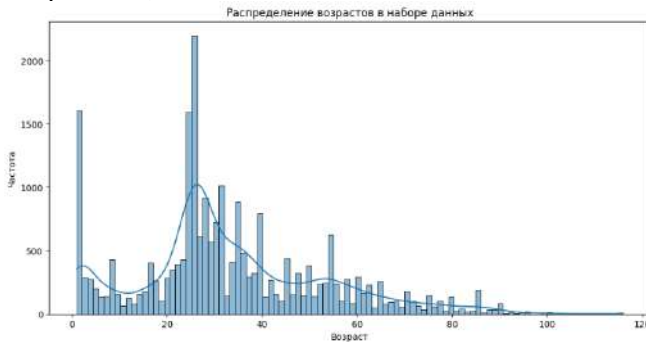


Рис. 8 – Гистограмма «Распределение возрастов в наборе данных»

Возрастные группы было принято разделить в соответствии с возрастной периодизацией взрослого населения, указанной в приказе Роспотребнадзора, а именно следующим образом:

- От 25 до 44 лет – «Молодой возраст»;
- От 45 до 59 лет – «Средний возраст»;
- От 60 до 74 лет – «Пожилый возраст»;
- От 75 до 89 лет – «Старческий возраст»;
- 90 и более лет – «Возраст долгожителей».

Оставшиеся изображения, были разделены на две группы: «Дети и подростки», чей возраст менее 16 лет, а также «Юный возраст» – от 16 до 24 лет.

Данное разделение на возрастные группы было проанализировано: класс «Молодой возраст» содержит 10018 изображений, что составляет примерно 45% от всего набора данных, в то время как возрастные группы «Старческий возраст», содержащий 830 примеров, и «Долгожители», содержащий 169 примеров, в разы меньше доминирующего, а именно в 12 раз и в 59 раз соответственно. Помимо этого, можно заметить, что присутствует экспоненциальное убывание данных с возрастом: число примеров уменьшается почти в 2 раза при переходе к каждой следующей возрастной группе, начиная с молодого возраста.

В процессе разработки нейронной сети было важно увеличить разнообразие данных, предотвращая переобучение с помощью аугментация данных. Помимо аугментации данных, для решения проблемы, связанной с дисбалансом, необходимо было присвоить больший вес редким классам при обучении модели, таким образом уменьшить предвзятость модели к классу большинства, позволяя уделить больше внимания классам меньшинства.

При создании модели сверточной нейронной сети был выбран пулингвый слой MaxPooling, потому что он сохраняет наибольшие активации в каждом окне пулинга, что помогает выделить наиболее значимые признаки изображения. Структура модели изображена ниже на Рис. 9:

Layer (type)	Output Shape	Param #
conv2d_1 (Conv2D)	(None, 126, 126, 32)	320
max_pooling2d_1 (MaxPooling2D)	(None, 63, 63, 32)	0
conv2d_2 (Conv2D)	(None, 61, 61, 64)	28,496
max_pooling2d_2 (MaxPooling2D)	(None, 30, 30, 64)	0
conv2d_3 (Conv2D)	(None, 28, 28, 128)	73,856
max_pooling2d_3 (MaxPooling2D)	(None, 14, 14, 128)	0
conv2d_4 (Conv2D)	(None, 12, 12, 256)	295,168
max_pooling2d_4 (MaxPooling2D)	(None, 6, 6, 256)	0
conv2d_5 (Conv2D)	(None, 4, 4, 512)	1,189,168
max_pooling2d_5 (MaxPooling2D)	(None, 2, 2, 512)	0
flatten_1 (Flatten)	(None, 2048)	0
dense_1 (Dense)	(None, 512)	1,049,088
dense_2 (Dense)	(None, 7)	3,591

Рис. 9 – Структура нейронной сети

После обучения модели были проанализированы метрики классификации по возрастным группам (Рис. 10) и построена матрица ошибок (Рис. 11), и был сделан обобщающий вывод:

Главные проблемы:

1. Дисбаланс данных, классы «Возраст долгожителей» и «Старческий возраст» страдают от недостатка примеров, что снижает полноту.
2. Соседние возрастные группы («Юный возраст» и «Молодой возраст», «Средний возраст» и «Пожилой возраст») имеют размытые границы, что приводит к ошибкам классификации.
3. 293 случая «Среднего возраста», ошибочно отнесенных к «Молодому», указывают на некорректную разметку или неочевидные визуальные различия.
4. Точность равна 0.754, она приемлемая, но обманчива из-за дисбаланса.
5. Присутствует разница в 7% между метриками Macro F1 и Weighted F1, данная разница подтверждает, что редкие классы тянут общую метрику вниз.

	precision	recall	f1-score	support
Возраст долгожителей	0.864	0.559	0.679	34
Дети и подростки	0.967	0.948	0.958	815
Молодой возраст	0.733	0.879	0.800	2004
Пожилой возраст	0.622	0.609	0.616	338
Зрелый возраст	0.748	0.480	0.585	673
Старческий возраст	0.780	0.554	0.648	166
Юный возраст	0.631	0.566	0.597	712
accuracy			0.754	4742
macro avg	0.764	0.657	0.697	4742
weighted avg	0.755	0.754	0.747	4742

Рис. 10 – Отчет о классификации

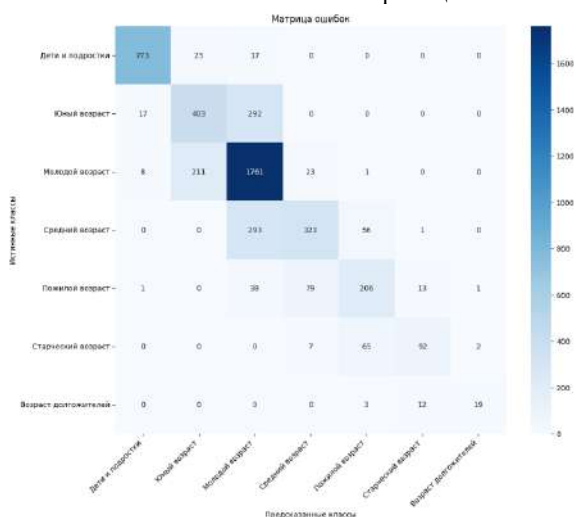


Рис. 11 – Матрица ошибок

Итоговая точность на тестовой выборке составила 75%, что можно считать приемлемым результатом для базовой модели, учитывая сложность задачи и дисбаланс данных. Анализ ошибок и метрик показал, что модель чаще путает соседние возрастные категории, что объясняется субъективностью визуальной оценки возраста даже человеком. Точность для доминирующих классов достигала большего значения, чем для редких групп, которым исходя из полученных метрик, требуется дальнейшее обучение на наборе данных с большим числом изображений.

Литература:

1. Сверточные нейронные сети: распознавание изображений / Дж. Шакла. – М.: ДМК Пресс, 2018. – 272 с.
2. Гафаров Ф.М., Галимянов А.Ф. Введение в Keras и его основные принципы [Электронный ресурс] // Современные информационные технологии. – 2023. – URL: https://kpfu.ru/staff_files/F1493580427/NejronGafGal (дата обращения: 29.03.2025).
3. Levi G., Hassner T. Age and Gender Classification using Convolutional Neural Networks // Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) Workshops. – 2015. – P. 34–42.
4. Nwankpa C. et al. Activation Functions: Comparison of Trends in Practice and Research for Deep Learning // arxiv.org: электронный журнал. – URL: <https://arxiv.org/abs/1811.03378>. – Дата публикации: 2021.
5. Data Augmentation as Feature Manipulation / R. Shen, S. Bubeck, S. Gunasekar // arxiv.org: электронный журнал. – URL: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2203.01572>. – Дата публикации: 2022.

**НЕЧЕТКАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ КОМПЕТЕНТНОСТИ
СОТРУДНИКОВ ИТ-ОРГАНИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ
ЦИФРОВОГО СЛЕДА**

Э. И. Гаврильев, И. А. Кутузова,

**Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, onirs@corp.nstu.ru**

Научный руководитель: Авдеенко Т.В., д.т.н., профессор

В настоящем исследовании предложена нечеткая модель оценки компетентности сотрудников ИТ-организации, основанная на анализе цифрового следа их профессиональной активности. Для формирования оценок использованы данные из системы контроля версий (СКВ), системы управления задачами (СУЗд) и системы управления знаниями (СУЗ). Построение модели выполнено с применением систем нечеткого вывода на основе правил, а также алгоритма машинного обучения, учитывающей критерии точности и интерпретируемости.

This study proposes a fuzzy model for assessing the competence of IT organization employees based on an analysis of the digital footprint of their professional activity. Data from the Version control system (VMS), the task management system (TMS), and the knowledge management system (QMS) were used to form the estimates. The model was built using fuzzy inference systems based on rules, as well as a machine learning algorithm that takes into account the criteria of accuracy and interpretability.

Введение

ИТ-сфера характеризуется высокой скоростью технологических изменений, что требует постоянного совершенствования системы управления профессиональным развитием. Ключевой задачей является оценка квалификации персонала, направленная на выявление разрыва между требуемыми и фактическими компетенциями. Однако на практике оценивание чаще всего основано на субъективных суждениях, не учитывающих уровень компетентности в профессиональных вопросах. Такая оценка нередко оказывается неполной, неточной и не обеспечивает объективного отражения потенциала сотрудника.

Использование компетенций в качестве целевых показателей оценки сотрудников ИТ-организаций позволяет перейти от оценки результатов деятельности к оценке потенциала развития. При наличии субъективности и неопределённости оценок целесообразно применение методов нечеткой логики, обеспечивающих устойчивость к неполноте данных и возможность интерпретации экспертных знаний [1-4].

В настоящей работе предложен метод построения нечеткой модели оценивания компетенций на основе исторических данных об активности сотрудников.

Источники и обработка данных

В рамках исследования рассматривалась ИТ-организация среднего размера, деятельность которой сосредоточена на разработке программных решений для финансовой отрасли. Для исследования цифрового следа применялась система контроля версий (СКВ), из которой загружались исходный код программных продуктов и коммиты (снимки состояний репозитория). Задачи, история их изменений, комментарии извлекались из системы управления задачами (СУЗд). Страницы, а также комментарии и история изменений выгружались из системы управления знаниями (СУЗ).

В рамках предыдущей работы для структурирования пространства признаков квалификации был применен метод главных компонент [5]. В результате проведения анализа были выделены компоненты, позволяющие получить комплексное представление о деятельности разработчиков. Множество компетенций целесообразно разделить на подмножества, основываясь на их смысле, что способствует повышению понятности самой модели:

1. «Сложность решаемых задач и подход к их решению» («Задачи» RC1, «Постановка задач» RC12, «Активность решения задачи» RC13).

2. «Взаимодействие и работа в проектной команде» («Взаимодействие с внешними субъектами» RC2, «Участие в распространении знаний» RC6, «Наставничество» RC15).
3. «Разработка» («Работа с СУБД» RC3, «Работа с архитектурой системы» RC5, «Базовые навыки разработки» RC8, «Поддерживаемость и сложность написанного кода» RC11, «Отладка» RC14, «Разработка экранных форм» RC16, «Оптимизация» RC17, «SOAP-сервисы» RC18).
4. «Дополнительные технические компетенции» («Администрирование инфраструктуры» RC7).

Метод оценки компетентности

Системы нечеткого вывода (Fuzzy Rule Based Systems, FRBS) являются расширением классических систем, основанных на правилах ЕСЛИ-то (IF-ELSE), и широко применяются для задач классификации [6-7]. Типовое нечеткое правило R_q для классификации выглядит следующим образом:

$$R_q \text{ with } W_q : \text{if } x_1 \text{ is } A_{q1} \text{ and } \dots x_i \text{ is } A_{qi} \text{ then Class is } C_q \mid i = \overline{1, n},$$

где q – идентификатор правила; $x = (x_1, \dots, x_i)$ – вектор входных лингвистических переменных размера n ; A_{qn} – лингвистическое значение для признака x_i ; C_q – консеквентный класс (следствие); W_q – вес правила.

При разработке систем классификации выделяют две основные цели: максимизацию точности и максимизацию интерпретируемости. Для оценки точности используется метрика точности (Accuracy). Интерпретируемость рассматривалась с точки зрения сложности, на которую влияют число входных признаков, ФП, правил и т.д.

Формулы для использованных в работе метрик представлены в Таблице 1.

Таблица 1 – Используемые метрики

Метрика	Формула	Обозначения
Точность (Accuracy)	$acc = \frac{CC}{TC}$	CC – число корректно классифицированных наблюдений, TC – общее число наблюдений.
Интерпретируемость	$inter = \frac{NC}{\sum_{i=1}^{np} n_i}$	NC – количество классов, np – количество правил, n_i – количество признаков, задействованных в i -ом правиле.

В рамках текущей работы при помощи FRBS оценивалась компетентность разработчиков. Для этого системы должны классифицировать уровень владения компетенциями по трехбалльной

шкале, где 1 – «низкий уровень владения», 2 – «базовое владение», 3 – «уверенное владение». Входными данными систем были признаки квалификации, относящиеся к соответствующему компоненту. Для каждой оценки квалификации были установлены уровни владения компетенциями на основе результатов самооценки, оценки от самих руководителей и значений признаков.

По результатам анализа было выявлено, что для большинства компетенций наблюдается высокая плотность для низких значений признаков квалификации, что ограничивает применимость различных подходов разбиения пространства признаков (например, кластеризацию или квантильный подход). Поэтому в рамках настоящей работы был разработан алгоритм, использующий локальные максимумы функции плотности для определения вершин и границ ФП.

Результаты

По итогам проведенных работ были построены системы вывода и в Таблице 2 представлена сводка результатов точности и интерпретируемости FRBS для всех оцениваемых компетенций. Наиболее точные результаты классификации демонстрируют трапециевидные и гауссовы ФП.

Таблица 2. Результаты работы алгоритма

Комп.	Распределение на основе плотности		Равномерное распределение	
	Точность	Интерпрет.	Точность	Интерпрет.
RC1	0.9057	0.0051	0.8742	0.0082
RC2	0.9259	0.0029	0.9074	0.0032
RC3	0.8467	0.0015	0.8729	0.0132
RC5	0.9200	0.0032	0.8570	0.0058
RC6	0.9215	0.0053	0.8523	0.0151
RC7	0.9575	0.0041	0.8240	0.0072
RC8	0.8602	0.0024	0.8343	0.0088
RC11	0.5527	0.0968	0.5582	0.0881
RC12	0.7857	0.0047	0.7837	0.0078
RC13	0.9811	0.0746	0.7470	0.1249
RC14	0.9426	0.0105	0.8870	0.0194
RC15	0.9166	0.0040	0.8739	0.0082
RC16	0.9434	0.0479	0.9030	0.0746
RC17	0.9389	0.4286	0.6963	0.1410
RC18	0.9398	1.0000	1.0000	1.0000

Заключение

В настоящей работе предложена нечеткая модель оценки компетентности сотрудников ИТ-организации, основанная на анализе их цифрового следа. Разработанный алгоритм построения систем нечеткого вывода сочетает принципы нечеткой логики и машинного обучения, что обеспечивает автоматизированное формирование правил и адаптацию функций принадлежности.

Проведенные эксперименты подтвердили эффективность модели в задаче оценки уровня владения 15 компетенциями разработчиков.

В рамках будущих работ рассматривается проведение исследования применимости нейросетевого подхода для разделения пространства признаков, например, метода ANFIS.

Литература:

1. Capaldo G., Zollo G. Applying fuzzy logic to personnel assessment: a case study Guido Capaldo // Omega. – 2001. – № 29. – P. 585-597.
2. Olugu E., Wong K. An expert fuzzy rule-based system for closed-loop supply chain performance assessment in the automotive industry // Expert Systems with Applications. – 2012. – № 1 (39). – P. 375-384.
3. Otero L., Otero C. A fuzzy expert system architecture for capability assessments in skill-based environments // Expert Systems with Applications. – 2012. – № 1 (39). – P. 654-662.
4. Iklassova A., Aitymova O.L., Kopnova O.L. Construction of a fuzzy model for managing the process of forming IT-competences // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2024. – № 3. – P. 32-43.
5. Гаврильев Э. И. Разработка модели компетенций ИТ-специалистов на основе интеллектуального анализа данных // Автоматизация и моделирование в проектировании и управлении. – 2025. – №. 3. – С. 54-63.
6. Ishibuchi H., Yamamoto T. Rule Weight Specification in Fuzzy Rule-Based Classification Systems // IEEE Transactions on Fuzzy Systems. – 2005. – № 4 (13). – P. 428-435.
7. Cintra M. E., de Arruda C. H., Monard M.C. Fuzzy Feature Subset Selection Using the Wang & Mendel Method // 2008 Eighth International Conference on Hybrid Intelligent Systems, Barcelona, Spain. – 2008. – P. 590-595.

КОМБИНАЦИЯ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ И НЕЙРОСЕТЕВЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ ЭНЕРГООБЛОКОВ

А. П. Довыденко

Новосибирский государственный университет экономики
и управления «НИНХ»,

г. Новосибирск, i@adovydenko.ru

Научный руководитель: Терещенко С. Н., к.т.н., доцент

В данной статье объясняется концепция цифровых двойников в совокупности с современными методами машинного обучения. Также указываются точки применения вышеуказанной концепции в рамках оптимизации работы энергоблоков электростанции.

This article explains the concept of digital twins in combination with modern machine learning methods. The points of application of the above-mentioned concept in the framework of optimizing the operation of power plants are also indicated.

Цифровой двойник — цифровая модель физического объекта или процесса, способная работать в реальном времени и получать данные от датчиков. В энергетике ЦД позволяют симулировать работу турбин, котлов, генераторов и сетей, что уменьшает риски при экспериментах и оптимизирует эксплуатацию [3]. В России развитие нормативной базы и практики активизировалось после принятия национальных стандартов по цифровым двойникам и внедрения единых цифровых моделей энергосетей (начиная с 2021–2023 гг.). [7][2]

Предлагаемая архитектура состоит из трёх слоёв: физический слой (датчики, SCADA), слой ЦД (модели физики и цифровой репликации) и слой интеллектуальной аналитики (нейросетевые модули для прогнозирования и оптимизации). Нейросети (LSTM/Transformer для временных рядов, GNN для топологии сети, CNN для анализа тепловизионных изображений) используются в комбинации с физическим моделированием, что даёт гибридную модель с лучшей обобщающей способностью и объяснимостью по сравнению с «чистыми» data-driven подходами. Подобные подходы описаны в отечественных обзорах и практиках внедрения цифровых двойников. [3][6]

Точки применения и ожидаемые эффекты:

Прогноз нагрузки и оптимизация режимов — гибридные модели сокращают отклонение прогноза нагрузки на часы вперед на 10-25% по сравнению с классическими методами в ряде пилотных проектов (отчёты операторов и вендоров). [2][4]

Предиктивное обслуживание — сочетание ЦД и нейросетей позволяет выявлять предаварийные аномалии и сокращать время простоя; в российских проектах цифровизация сетей увеличила покрытие оборудования: в «цифровой двойник» ЕЭС РФ добавлено ≈280 000 единиц оборудования с 2021 г. — это расширяет возможности мониторинга и предикции отказов. [4]

Оптимизация КПД энергоблоков — моделирование жизненного цикла и непрерывная оптимизация режимов даёт экономию топлива и сокращение выбросов; отраслевые оценки показывают потенциальное снижение энергоинтенсивности до нескольких процентов за счёт оптимизации рабочих точек (зависит от типа ТЭЦ/ТЭС). [1][5]

В России создаются сквозные цифровые информационные модели энергосетей и локальные проекты ЦД промышленных активов (гос.оператор, энергетические компании, энергогенерирующие предприятия). С 2021 года утверждены национальные стандарты по цифровым двойникам, что ускоряет внедрения и согласование методик. На уровне системного оператора реализованы модели сетей 110 кВ и выше с потоковым поступлением телеметрии — это создаёт предпосылки для масштабных нейросетевых аналитических модулей. [7][2][5]

Ниже — сводная таблица ожидаемых эффектов при интеграции ЦД нейросети (оценки на основе отечественных обзоров и практик внедрения) (Таблица 1).

Таблица 1 – Ожидаемые эффекты при интеграции ЦД

Метрика	Традиционный подход	ЦД + нейросети (типичное снижение/рост)
Ошибка прогноза нагрузки (MAE)	базовая	-10...-25%
Неплановые простои	высокая	20...60% (в пилотах)
Энергоэффективность	базовая	+1...+5%
Покрытие оборудования в цифровой модели	ограничено	≈280 000 ед. в ЕЭС РФ (2024)

Основные препятствия: качество и доступность данных, стандартизация форматов обмена, кибербезопасность, необходимость экспертной проверки результатов нейросетей. Нормативные инициативы улучшают совместимость моделей, но вопросы регуляции

и ответственности при принятии автоматизированных решений остаются актуальными. [2][7]

Комбинация цифровых двойников и нейросетевых моделей демонстрирует значительный потенциал для оптимизации работы энергоблоков: повышение точности прогнозов, сокращение простоев и рост эффективности. Российские проекты и стандарты создают благоприятную среду для масштабирования таких решений — однако практическая реализация требует внимания к качеству данных, стандартам и безопасности. Дальнейшие исследования должны сосредоточиться на стандартизованных методиках валидации гибридных моделей и экономическом анализе внедрений на реальных энергоблоках.

Литература:

1. Воронин Т. Двойники в сетях: как цифровизация меняет энергетику России [Электронный ресурс] // Sber.Pro, 11.10.2023. – URL: <https://sber.pro/publication/dvojniki-v-setyah-kak-cifrovizaciya-menyaet-energetiku-rossii/> (дата обращения 18.11.2025).

2. Богомолов А. Цифровые двойники меняют процессы управления в... (PDF) [Электронный ресурс] // Система ОПС/CO-UPS, RUM, 2023. – URL: https://www.so-ups.ru/fileadmin/files/company/smi/2023/RUM_2023-02_bogomolov.pdf (дата обращения 18.11.2025).

3. Цифровой двойник (Digital Twin of Organization, DTO) [Электронный ресурс] // TAdviser, 25.04.2024. – URL: [https://tadviser.ru/index.php/Статья:Цифровой_двойник_\(Digital_Twin_of_Organization,_DTO\)](https://tadviser.ru/index.php/Статья:Цифровой_двойник_(Digital_Twin_of_Organization,_DTO)) (дата обращения 18.11.2025).

4. В «цифровой двойник» ЕЭС РФ добавлены 280 000 единиц оборудования [Электронный ресурс] // BigPowerNews, 08.02.2024. – URL: <https://www.bigpowernews.ru/news/document112889.phtml> (дата обращения 18.11.2025).

5. Введение. Цифровые двойники ТЭЦ (отчёт/материал) [Электронный ресурс] // Росэнерго, PDF. – URL: <https://rosenergo.gov.ru/upload/iblock/538/30xrlg6wt4na7htj0pfez4nsth9k3q8s.pdf> (дата обращения 18.11.2025).

6. Цифровые двойники: что это, применение, примеры [Электронный ресурс] // Коммерсантъ, 23.05.2025. – URL: <https://www.kommersant.ru/doc/7738019> (дата обращения 18.11.2025).

7. Юрищев Е. Россия первая в мире утвердила стандарты в области цифровых двойников [Электронный ресурс] // Digital-Energy.ru, 23.09.2021. – URL:

МОДИФИКАЦИЯ МЕТОДА ПРОНИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ

И. А. Кузьминых

**Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, kuzminyh2001@mail.ru**

Научный руководитель: Французова Г. А., д.т.н., доцент

В данной работе рассматривается решение задачи повышения точности прогнозирования временных рядов с колебательными компонентами. Предложена модификация метода Прони, основанная на последовательном применении метода при фиксированных параметрах алгоритма. Проведен сравнительный анализ на реальных временных рядах параметров вращения Земли.

This paper considers the solution to the problem of improving the accuracy of forecasting time series with oscillatory components. A modification of the Prony's method is proposed, based on the sequential application of the method with fixed algorithm parameters. A comparative analysis is carried out on real time series of Earth orientation parameters.

Введение. Для прогнозирования временных рядов (ВР) существует множество методов, каждый из которых имеет свои преимущества и ограничения.

В представленной работе предлагается использовать метод гармонического разложения Прони как альтернативный подход к прогнозированию. Данный метод предназначен для анализа ВР с присутствием колебательных явлений, и предполагает наличие в исходных данных экспоненциально затухающих гармонических компонент.

Возможности подхода исследуются на примере изучения и прогнозирования параметров вращения Земли (ПВЗ). Поскольку точные прогнозы ПВЗ важны для обеспечения работы спутниковых навигационных систем, проблема повышения качества прогнозирования является актуальной. С этой целью в работе рассматривается возможность применения модификации метода Прони.

Метод Прони. В основе метода лежит представление исходного сигнала как суммы экспоненциально затухающих синусоид [1] с определенными параметрами:

$$x[n] = \sum_{i=1}^p A_i e^{\alpha_i (n-1)\Delta t} \cdot \sin(f_i (n-1)\Delta t + \theta_i), \quad n=1,2,\dots,N, \quad (1)$$

где временная последовательность $x[n]$ характеризуется параметрами A_i , α_i , θ_i и f_i ($i = 1, \dots, p$). A_i – начальная амплитуда в тех же единицах измерения как $x[n]$, α_i – коэффициент затухания в c^{-1} , θ_i – начальная фаза в радианах, f_i – частота и Δt – период дискретизации исходных данных $x[n]$.

Прогнозирование ВР. Метод позволяет разложить сложные временные ряды на простые гармонические компоненты, что облегчает анализ физических процессов и прогнозирование их поведения. Процедура заключается в выборе исходных данных и определении временных рядов для обработки, с последующим выбором параметров метода Прони: длины сигнала N (размер окна), порядка модели p (число гармоник) и глубины прогноза M . Далее выполняется непосредственное применение метода. Прогнозируемое значение в момент времени $N+M$ вычисляется как сумма значений гармоник:

$$\hat{x}[N+M] = \sum_{i=1}^p A_i e^{\alpha_i (N+M)\Delta t} \cdot \sin(f_i (N+M)\Delta t + \theta_i) \quad (2)$$

Последовательное применение метода Прони. В стремлении повысить точность прогнозирования был применён подход, основанный на концепции последовательного применения метода Прони (ППМП). После выполнения стандартных этапов метода Прони с рекомендуемыми параметрами [2] в конце исходного ряда выделяются короткий сегмент и соответствующий участок модели. Затем определяется разница между этими фрагментами, и на основе этого остатка аппроксимируется новая модель с помощью метода Прони. Полученная последовательность интегрируется в ранее построенную модель путем суммирования, дополняя её и корректируя прогноз.

Экспериментальные исследования. В исследовании использованы данные вариации угловых координат смещения полюса Земли x_p и y_p за период с 03.01.2025 по 27.06.2025, регулярно публикуемые в бюллетене международной службы вращения Земли (International Earth Rotation and Reference Systems Service, IERS) [3]. Обновление выполняется еженедельно со сдвигом окна по суточной дискретности. Параметры алгоритма были заданы согласно рекомендациям, основанным на многочисленных исследованиях и экспериментах [2]: длина исходной выборки $N = 3000$ суток, глубина прогноза $M = 7$ и 90 суток. Результаты сравниваются с прогнозами IERS и Западно-Сибирского филиала «ВНИИФТРИ» (ЗСФ «ВНИИФТРИ») [4].

Результаты. На графиках визуализирована динамика ошибок прогнозирования координаты полюса x_p на интервалах 7 и 90 суток. Установлено, что модификация позволяет достичь снижение отклонений на отдельных участках как при краткосрочном прогнозе для x_p (рис. 1), так и при долгосрочном (рис. 2).

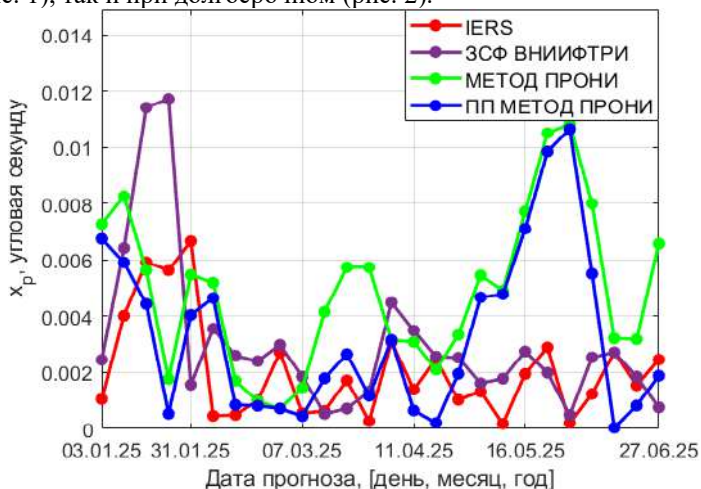


Рис. 1 – Сравнение отклонений от истинных значений x_p , при глубине прогноза $M = 7$

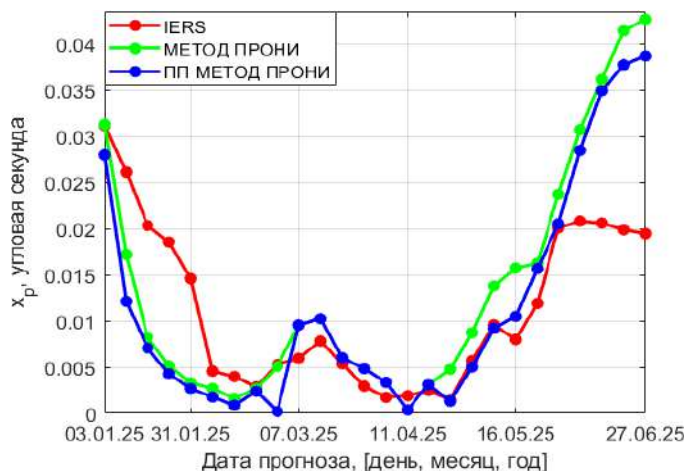


Рис. 2 – Сравнение отклонений от истинных значений x_p , при глубине прогноза $M = 90$

Однако прогнозы IERS, особенно при глубине прогноза $M = 7$, остаются более точными, тогда как долгосрочные прогнозы ППМП выглядят более конкурентоспособными, что важно для автономной работы спутниковых систем. Стоит отметить отрезки значительного снижения погрешности ППМП для x_p в интервале 10.01.25-14.02.25 гг. (рис. 2), для y_p в интервале 04.04.25-16.05.25 гг.

Заключение. В исследование разработан и апробирован алгоритм ППМП для прогнозирования ВР. Его эффективность оценена на реальных вариациях координат x_p и y_p , в сравнении с исходным методом Прони и прогнозами профильных учреждений (IERS, ЗСФ «ВНИИФТРИ»). Исследование также выявило ограничения использования фиксированных параметров: при смене тенденций развития ВР наблюдается существенное падение точности прогнозов. Метод может применяться к любым ВР, содержащим колебательные компоненты, но для каждого случая требуется индивидуальное определение параметров, включая порядок модели. Это указывает на необходимость разработки адаптивных механизмов настройки параметров алгоритма прогнозирования. Дальнейшая работа будет направлена на создание и тестирование адаптивных версий алгоритма, автоматически подстраивающих параметры под изменяющиеся условия.

Литература:

1. Марпл-мл. С. Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения: пер. с англ. – М.: Мир, 1990. – 584 с.
2. Gavrilov A. B., Ipatiev V. A., Kuzminykh I. A. Application of Prony's Method for Predicting the Earth Rotation Parameters //2024 IEEE 25th International Conference of Young Professionals in Electron Devices and Materials (EDM). – IEEE, 2024. – P. 1890-1893.
3. International Earth Rotation and Reference Systems Service [Электронный ресурс]. – URL: <https://maia.usno.navy.mil> (дата обращения: 30.09.2025).
4. Тиссен В. М. Прогнозирование параметров вращения Земли с помощью адаптивных гармонических моделей / В. М. Тиссен, А. С. Толстикова, Г. В. Симонова // Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий). – 2020. – Т. 25, № 4. – С. 238-245. гармонических моделей. Вестник СГУГиТ. - 2020. - 25 (4). - С. 238-245.

МИГРАЦИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ

А. Н. Салимзянов, В. Г. Кобылянский, О. Е. Аврунев
Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, asalimzanov14@gmail.com
Научный руководитель: Кобылянский В. Г., к.т.н., доцент

Статья посвящена проблеме миграции настольного приложения “САПР образовательных программ” на веб-стек технологий. В ней рассматриваются ключевые этапы миграции системы, при этом особое внимание уделяется проблемам конвертации скриптов Oracle в PostgreSQL-совместимый вид и возможностям автоматизации этого процесса с помощью больших языковых моделей.

The article is devoted to the problem of migration of the desktop application “CAD educational programs” to the web technology stack. It discusses the key stages of migration, with special attention being paid to the problems of converting Oracle scripts to a PostgreSQL-compatible format and the possibilities of automating this process using large language models.

В связи с прекращением поддержки в России проприетарной СУБД Oracle, актуальной проблемой является переход на свободно распространяемые аналоги, в частности, такие как СУБД PostgreSQL. Процесс перехода от реализации программного продукта с использованием одного набора инструментов и технологий на другой сопряжен с большим объемом ручной работы. Однако с помощью современных инструментов, таких как большие языковые модели LLM, появляется возможность ускорить этот процесс и автоматизировать некоторые его части.

Проблема прекращения поддержки СУБД Oracle коснулась в том числе локального Windows-приложения “САПР образовательных программ”, реализованного с помощью C++ Builder и СУБД Oracle [1]. В связи с этим возникла необходимость переноса системы с СУБД Oracle на PostgreSQL с одновременным переходом от настольной реализации продукта на веб-технологии с использованием FastAPI и React. Переход на веб-интерфейс позволит повысить доступность приложения, упростить его обновление, а также исключить проблемы с совместимостью на разных устройствах [2].

Для миграции системы на новый набор технологий необходимо осуществление следующих шагов:

- адаптация объектов СУБД Oracle к PostgreSQL-совместимому виду;

- миграция данных из одной СУБД в другую;
- разработка пользовательского веб-интерфейса;
- реализация сервисов бэкенда;
- миграция бизнес-логики.

На рисунке 1 представлена архитектура приложения «САПР образовательных программ» в веб-исполнении. Данную архитектуру можно описать следующим образом:

- React-интерфейс отправляет HTTP-запросы на FastAPI-сервер, который асинхронно их обрабатывает и возвращает данные в JSON-формате.
- на сервере используется ORM SQLAlchemy для автоматической генерации SQL-запросов к СУБД PostgreSQL.
- сервисный слой сервера преобразует данные из API к формату базы данных.
- синхронизация данных с внешним сервисом осуществляется с помощью фоновой задачи, периодически обновляющей базу данных.



Рис.1 – Архитектура приложения «САПР образовательных программ» в веб-исполнении

Основной проблемой при миграции с Oracle на PostgreSQL является значительный объем мигрирующего серверного кода [3]. LLM могут быть использованы для решения этой проблемы, поскольку с их помощью можно ускорить процесс адаптации скриптов создания таблиц в СУБД Oracle к PostgreSQL-совместимому виду, так как между этими скриптами есть различия в синтаксисе.

Кроме того, Oracle имеет специфичные для себя функции и параметры, прямые аналоги которых в PostgreSQL отсутствуют.

Примеры различий в типах данных между СУБД Oracle и PostgreSQL приведены в таблице 1. Примеры специфичных для Oracle функций приведены в таблице 2.

Таблица 1 – Сравнение типов данных

Тип данных в Oracle	Аналог в PostgreSQL	Назначение
NUMBER	NUMERIC	Число с заданной точностью
BINARY_FLOAT	REAL	Число с плавающей точкой размером 4 байта
BINARY_DOUBLE	DOUBLE PRECISION	Число с плавающей точкой размером 8 байт
VARCHAR2	VARCHAR	Строка переменной длины
DATE	TIMESTAMP	Дата и время
CLOB	TEXT	Неограниченный текст
BLOB	BYTEA	Двоичные данные

Таблица 2 – Специфичные функции СУБД Oracle

Функция в Oracle	Назначение
NVL2(expr1, expr2, expr3)	Возвращает expr2 если expr1 не NULL, иначе возвращает expr3
DECODE(expr, search1, result1, search2, result2,...,default)	Сравнивает expr с search значениями возвращает соответствующий result
REMAINDER (n1, n2)	Возвращает остаток от деления n1 на n2
MONTHS_BETWEEN(date1, date2)	Возвращает количество месяцев между двумя датами
SYSDATE()	Возвращает текущую дату и время без информации о часовом поясе

При адаптации скриптов с помощью LLM возможны следующие ошибки:

- использование специфичных для Oracle параметров и функций;
- использование зарезервированных в PostgreSQL слов как названий полей таблиц;

Проблему использования специфичных для Oracle функций удобно решить с помощью установки на PostgreSQL расширений, в которых эти функции будут реализованы.

На данный момент с помощью LLM была произведена миграция скриптов создания таблиц с СУБД Oracle на PostgreSQL. В дальнейшем

планируется исследование возможностей LLM в задачах миграции элементов пользовательского интерфейса.

Литература:

1. Система автоматизированного проектирования образовательных программ (САПР ОП) [Электронный ресурс] // ciu.nstu.ru. – URL: https://ciu.nstu.ru/kaf/persons/21874/nauchnaya_deyatelnost/innovation_ip/certificate?god=2014 (дата обращения: 17.11.2025).

2. Кирьяков Г. М. Технологии и особенности переноса десктопных приложений в веб-среду / Г. М. Кирьяков, К. В. Жидкова, М. С. Инюшкин // Современные научные исследования: проблемы, тенденции, перспективы : Сборник научных трудов по материалам XXIX Международной научно-практической конференции, Анапа, 16 сентября 2024 года. – Анапа: ООО «Научно-исследовательский центр экономических и социальных процессов» в Южном Федеральном округе, 2024. – С. 27-32. – EDN KNGVBC.

3. Малых В. Л. Миграция с Oracle на PostgreSQL сильно связанной МИС Интерин / В. Л. Малых, А. Н. Калинин // Программные системы: теория и приложения. – 2022. – Т. 13, № 4(55). – С. 77-91. – DOI 10.25209/2079-3316-2022-13-4-77-91. – EDN WXXVKQ.

РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ МОБИЛЬНОГО РОБОТА

Н. Е. Галета

**Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, nikitagaleta2002@yandex.ru
Научный руководитель: Яковина И. Н., к.т.н.**

В статье рассматривается задача разработки модуля технического зрения для мобильного робота прототипа для автоматизации задач складской логистики. Использование генеративных моделей для аугментации обучающей выборки в рабочих сценариях показало заметное повышение устойчивости к шуму и изменению освещения, а также улучшение надёжности навигации в присутствии динамических препятствий.

The article examines the task of developing a computer vision module for a mobile robot prototype intended for automating warehouse logistics operations. The use of generative models for augmenting the training dataset in real-world scenarios has demonstrated a noticeable increase in robustness to noise and lighting variations, as well as improved navigation reliability in the presence of dynamic obstacles.

Введение

Системы машинного зрения — ключевой элемент автономной навигации мобильных роботов. Камеры, лидары и инерциальные датчики дают машине возможность воспринимать окружение, локализоваться и реагировать на изменения в реальном времени. В складской среде это особенно важно из-за плотной структуры пространства, движущихся объектов и сложных визуальных условий. В работе рассматриваются особенности разработки модуля технического зрения для прототипа реальной складской мобильной платформы. Основная задача — перенос алгоритмов, ранее отработанных в симуляторе *Coppeliasim*, на реального робота и их адаптация к особенностям физической среды. Для уменьшения разрыва между синтетическими и реальными данными применялись генеративные модели (GAN), позволяющие получать более правдоподобные обучающие изображения с естественными тенями, бликами и шумами. Программный модуль технического зрения выполняет сбор и обработку данных с RGB / RGB-D камер и лидара, решает задачу детекции и классификации объектов, имеет SLAM-компонент для построения карты и локализации, а также связку с навигационным модулем для принятия решений об алгоритме движения.

Генеративные сети (GAN)

Необходимость использования GAN возникла для сокращения разницы между синтетическими и реальными изображениями. Основная идея — перенос визуального стиля: модель преобразует кадры из симуляции так, чтобы они были ближе к реальным по структуре пикселей без изменения геометрии объектов. Подход основан на CycleGAN, поскольку ему не нужны пары «симуляция ↔ реальный кадр», а механизм cycle-consistency помогает сохранять форму и аннотации [1]. При обучении используются адверсариальная потеря для стилизации и цикл-согласованность для сохранения содержимого. Модифицированные изображения сохраняют исходные метки классов bounding boxes и поэтому подходят для дообучения детекторов без дополнительной разметки. Добавление GAN-аугментации стабильно улучшает качество на реальных данных, особенно при сложном освещении и шуме. Важно учитывать ограничения: стилизованный перенос не должен искажать объекты и добавлять артефакты [2]. Поэтому было необходимо комбинировать GAN с domain randomization и моделировать шум сенсора. Такой гибридный подход заметно повышает точность при переносе моделей с симуляции на реального робота без необходимости дополнительной ручной разметки.

Планирование пути и навигация

Навигационный модуль объединяет глобальное и локальное планирование. Карта среды формируется через SLAM и хранится в виде occupancy grid. На глобальном уровне с использованием алгоритма A* строится оптимальный маршрут по известным препятствиям с сохранением общего направления движения без учета внезапных изменений маршрута, поэтому возникла необходимость включения локального планировщика.

Локальное управление реализовано через DWA или TEB, которые формируют команды скоростей с учётом кинематики и постоянно обновляемых данных сенсоров. В costmap поступают данные лидара, одометрии и модуля зрения — детекции, расстояния и прогноз движения объектов. Это позволяет своевременно превращать визуальные сигналы в динамические препятствия и избегать пересечений траекторий [3].

Для стабильности важны малые задержки и отказоустойчивость: цикл «локальный планировщик → контроллер» работает с высокой частотой, обеспечивая обход объектов и помех. В нештатных ситуациях используются recovery-поведение — остановка, обновление локальной карты, откат в безопасную точку. Оценка качества включает успешность доставок, число вмешательств и время реакции на динамические объекты. Тонкая настройка costmap и QoS сенсоров критична для работы в складских условиях.

Программная реализация:

Для обработки данных с реального робота был использован Python в связке с ROS2: на бортовом компьютере запущены узлы захвата сенсоров, предобработки и инференса нейросетей. В качестве источников информации использовались RGB-/RGB-D-камеры, лидар и одометрия. Данные публикуются в ROS2-топики, сохраняются в rosbag2 и поступают в пайплайн зрения, где применяются модели, дообученные с помощью GAN-а для сим→ре адаптации. Модуль детекции и классификации работает в режиме реального времени и передаёт результаты в навигационный стек — SLAM-узел обеспечивая локализацию, а planner использует эти детекции при построении локальных обходов.

В полевых испытаниях система показала устойчивость к типичным помехам склада: изменениям освещения, отражениям и частичному засорению кадра. Детекторы надёжно выделяли крупные объекты (паллеты, тележки, людей); мелкие маркировки распознавались хуже, что учтено при стратегиях поведения (увеличение дистанции до

сомнительных объектов и переход в режим повышенной осторожности). Для движения применяются регуляторы скорости (PI/PID) на низком уровне и локальные планировщики для обхода динамических препятствий — это позволило обеспечить плавность манёвров и быструю реакцию на появление объектов.

Заключение:

Разработанный модуль машинного зрения был протестирован на реальной мобильной платформе в сценариях движения по маршруту, обнаружения маркировки и корректировки траектории. Робот стартовал из исходной точки, через SLAM/AMCL выполнял локализацию, после чего планировщик прокладывал путь. Для удержания траектории использовался PI-регулятор, опирающийся на одометрию и визуальные признаки — линию, метки и положение в коридоре.

При обнаружении жёлтой метки робот останавливался и передавал кадр в детектор, дообученный с GAN-аугментацией. После классификации выполнялся соответствующий манёвр — разворот, объезд или ожидание. Локальные контроллеры в реальном времени обходили динамические препятствия: данные камеры и лидара попадали в costmap и вызвали перестроение локальной траектории. На случай ошибок были предусмотрены recovery-режимы: стоп, повторная локализация, отход в безопасную точку.

В дальнейшем планируется расширить библиотеку сценариев и провести дополнительные эксперименты с учетом ошибочных реакций системы на изменяющиеся условия.

Литература:

1. RetinaGAN: An Object-aware Approach to Sim-to-Real Transfer Daniel Ho, Kanishka Rao, Zhuo Xu, Eric Jang, Mohi Khansari1, YunfeiBai1 [Электронный ресурс]. – URL: <https://arxiv.org/pdf/2011.03148> (дата обращения: 23.11.2025).
2. A software and hardware complex for creation and research of control systems for mobile robots A. S. Gorobtsov, A. E. Markov, P. S. Tarasov, A. V. Skorikov A. V. Dianskiy, D. A. Stepanenko [Электронный ресурс]. – URL: https://www.vstu.ru/nauka/izdaniya/doi/10.35211_1990-5297-2021-9-256-21-25.pdf?utm_source=chatgpt.com (дата обращения: 25.11.2025).
3. DS-SLAM: A Semantic Visual SLAM towards Dynamic Environments Chao Yu, Zuxin Liu, Xin-Jun Liu, Fugui Xie, Yi Yang, Qi Wei, Qiao Fei [Электронный ресурс]. – URL: <https://arxiv.org/pdf/1809.08379> (дата обращения: 29.11.2025).

ПРИМЕНЕНИЕ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ В ЗАДАЧЕ СЖАТИЯ ТЕКСТОВОЙ ИНФОРМАЦИИ

А. А. Кривецкий, В. С. Карманов

Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, kriveczkij.2020@stud.nstu.ru

В работе представлен метод сжатия текстовых данных с использованием языковых моделей, таких как GPT, TinyLlama и h2o-danube. Алгоритм основан на предсказании вероятности появления токенов, которые могут быть удалены без утраты информации. Метаинформация о удалённых токенах сохраняется для восстановления текста. Эксперименты, проведённые на различных текстах, показали, что предложенный метод позволяет значительно снизить объём данных при полном сохранении исходного содержания.

This paper presents a method for compressing textual data using language models such as GPT, TinyLlama, and h2o-danube. The algorithm is based on predicting the probability of token occurrences, allowing for the removal of tokens without losing information. Metadata about the removed tokens is saved for text restoration. Experiments conducted on various texts demonstrated that the proposed method significantly reduces data volume while preserving the original content intact.

Введение

Развитие технологий искусственного интеллекта (ИИ) оказывает всеобъемлющее влияние на различные области науки и техники, что особенно заметно в сфере коммуникаций. В последние десятилетия скорость и объем передачи данных значительно возросли благодаря инновациям в области сетевых технологий и вычислительных систем. Однако, несмотря на эти достижения, существует неизбежное столкновение с технологическими пределами, такими как потолок пропускной способности и скорости передачи данных [1]. Эти ограничения становятся особенно заметными в условиях глобальной цифровизации и роста объемов информации, требующей эффективной обработки и передачи.

Для преодоления этих барьеров традиционные методы сжатия данных, такие как алгоритмы, основанные на статистических моделях и энтропийных принципах, начинают сталкиваться с определенными ограничениями в контексте современного информационного потока. В связи с этим в последние годы активно исследуются новые подходы к сжатию данных, основанные на искусственном интеллекте, и в частности, на использовании языковых моделей, которые демонстрируют исключительные результаты в понимании и обработке текстовой информации [2].

Языковые модели, такие как GPT, BERT и другие трансформеры, представляют собой мощные инструменты для обработки текста и обладают способностью предсказывать вероятностное распределение следующего токена на основе предыдущего контекста [3]. Это свойство можно эффективно использовать для решения задачи сжатия данных. Идея заключается в том, что каждый последующий токен в тексте предсказывается на основе предыдущих, и, следовательно, токены, которые можно предсказать с высокой точностью, можно удалить, тем самым достигая сжатия данных.

В данном исследовании предлагается и анализируется подход сжатия текстовых данных с использованием языковых моделей. Суть метода заключается в удалении тех токенов, которые модель может предсказать с высокой вероятностью. Это позволяет уменьшить объем данных, сохраняя при этом основную информацию. Метод предполагает, что процесс сжатия может быть гибко настроен с помощью пороговых значений вероятности для токенов, что дает возможность балансировать между степенью сжатия и качеством восстановления текста.

Алгоритм сжатия работает по следующему принципу:

1. Предсказание вероятности токенов:

Каждая из моделей предсказывает вероятности появления следующего токена на основе предыдущих токенов в тексте. Например, в модели GPT-2, используя контекст предыдущих токенов, модель вычисляет вероятности для каждого возможного следующего токена в словарном запасе.

2. Удаление предсказуемых токенов:

Если вероятность токена, предсказанного моделью, превышает заданный порог (например, 0,7), этот токен считается предсказуемым и удаляется из текста, что помогает уменьшить объем данных без потери значимой информации. Таким образом, если модель уверена, что следующий токен будет предсказуемым с высокой вероятностью, этот токен можно безопасно удалить, не потеряв важной информации.

3. Метаинформация для восстановления:

Для каждого удаленного токена сохраняются его позиция и идентификатор, что позволяет точно восстановить текст в процессе декомпрессии. Эта метаинформация сохраняется в компактной форме.

4. Процесс восстановления:

Для восстановления текста в исходном виде используется метаинформация. Восстановленные токены вставляются обратно в их исходные позиции. Таким образом, можно восстановить оригинальный

текст с минимальными потерями данных, используя только удалённые токены и их позиции.

Алгоритм сжатия

Алгоритм сжатия текста можно разделить на два этапа:

1. Этап сжатия:

Текст токенизируется с помощью выбранной модели. Затем для каждого токена, начиная со второго, вычисляется вероятность того, что следующий токен будет таким же, как предсказанный моделью. Если вероятность предсказания превышает порог, токен удаляется. Все удалённые токены сохраняются в виде метайнформации для последующего восстановления.

2. Этап восстановления:

Используя метайнформацию, восстановленные токены вставляются обратно на их исходные позиции. Процесс восстановления гарантирует, что текст будет восстановлен с минимальными потерями и соответствовать исходному содержанию.

Вычислительные эксперименты

Для оценки эффективности алгоритма сжатия были проведены эксперименты с тремя различными языковыми моделями: GPT-2, TinyLlama-1.1B-Chat-v1.0, и h2o-danube-1.8b-base. Использовались три различных корпуса текста, каждый из которых был обработан для измерения процентного сжатия и других метрик.

Эксперимент 1. Литературный текст.

Рассмотрим отрывок из «Божественной комедии». Результаты сжатия приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты сжатия литературного текста

Модель	Размер исходного текста (токенов)	Размер сжатого текста (токенов)	Коэффициент сжатия
	S_0	S_c	S_0/S_c
GPT-2	191	173	1,104
TinyLlama-1.1B	201	162	1,241
h2o-danube-1.8b	200	163	1,227

Эксперимент 2. Технический текст.

Для этого эксперимента воспользуемся фрагментом из статьи о больших языковых моделях. Результаты приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты сжатия технического текста

Модель	Размер исходного текста (токенов)	Размер сжатого текста (токенов)	Коэффициент сжатия
	S_0	S_c	S_0/S_c
GPT-2	489	393	1,244
TinyLlama-1.1B	568	354	1,605
h2o-danube-1.8b	567	366	1,549

Эксперимент 3. Новостная статья.

В данном эксперименте рассмотрим результаты сжатия новости о строительстве самого длинного подводного тоннеля. Результаты приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты сжатия новостной статьи

Модель	Размер исходного текста (токенов)	Размер сжатого текста (токенов)	Коэффициент сжатия
	S_0	S_c	S_0/S_c
GPT-2	503	404	1,245
TinyLlama-1.1B	568	351	1,618
h2o-danube-1.8b	567	344	1,648

Все три эксперимента демонстрируют схожие результаты. Наилучшей моделью оказалась TinyLlama-1.1B, показавшая наилучшие коэффициенты сжатия в 1 и 2 экспериментах.

Заключение

Предложенный алгоритм эффективно использует возможности языковых моделей для сжатия текстовых данных, удаляя предсказуемые токены, основываясь на вероятности их появления. Это позволяет значительно уменьшить объём передаваемой информации при сохранении высокой точности восстановления. Метаинформация, необходимая для восстановления текста, сохраняется в компактной форме и минимизирует дополнительные затраты на хранение.

Литература:

1. Широков С. Ю. Исследование влияния искусственного интеллекта на оптимизацию процессов передачи данных // Вестник науки. 2024. №12 (81).
2. Хобсон Л. Обработка естественного языка в действии / Л. Хобсон, Х. Ханнес, Х. Коул: – Питер, 2021. – 576 с.
3. Нежников Р. И., Марьенков А. Н. Сравнительный анализ моделей трансформера для классификации неструктурированной текстовой информации // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. 2024. №2 (66).

ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛЕЙ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ЗАБОЛЕВАНИЙ КИШЕЧНИКА

Д. Д. Грошев, И. К. Киселев, И. Н. Яковина

Новосибирский государственный технический университет,

г. Новосибирск, danilgrosh@bk.ru

Научный руководитель: Яковина И. Н., к.т.н.

В работе проведен анализ массива медицинских данных с информацией о пациентах, прошедших обследование на наличие заболевания кишечника. Для решения задачи бинарной классификации были обучены модели на основе метода опорных векторов, логистической регрессии и деревьев решений.

The study analyzes a dataset of medical records containing information about patients who underwent examination for intestinal disease. To address the binary classification task, models based on the support vector machine, logistic regression, and decision tree methods were trained.

Воспалительные заболевания кишечника характеризуются хроническим течением, разнообразием проявлений и диагностическими сложностями из-за неспецифичности симптомов и необходимости комплексной оценки большого объема разнородных медицинских данных [2]. Современные методы машинного обучения позволяют автоматизировать анализ клинико-лабораторных показателей и формировать вероятностную оценку наличия заболевания [3].

В этом случае представляется целесообразным формализовать диагностический процесс в виде задачи бинарной классификации пациентов на основании доступных клинико-лабораторных показателей. В рамках работы с использованием предоставленного набора данных о пациентах с болезнью Крона, язвенным колитом и контрольной группой

решается задача бинарной классификации с определением статуса пациента «здоров/болен».

Исходные данные были предоставлены лабораторией гастроэнтерологии научно-исследовательского института терапии и профилактической медицины (НИИТПМ – филиал ИЦиГ СО РАН) и представляют собой таблицу, содержащую информацию о пациентах, прошедших обследование на наличие воспалительных заболеваний кишечника с 2022 года по 2025 год. Таблица состоит из 242 записей и 106 столбцов, содержащих результаты различных анализов, параметры пациентов и установленный диагноз. Признаки разделены на 5 групп:

- общая информация о пациенте (пол, возраст, вес, рост, ИМТ);
- установленный диагноз (наличие заболевания, его форма и стадия);
- биохимический анализ крови;
- общий анализ крови;
- анализ жирных кислот.

По рисунку 1а видно, что начальное представление данных можно охарактеризовать как “сырое” и требующее предобработки и подготовки для разработки моделей машинного обучения.

На основе данных из таблицы была сформирована столбчатая диаграмма, отражающая количество здоровых и больных в выборке (см. рисунок 2а). По рисунку 2а видно, что пациентов с диагнозом НКК и СРК примерно в 3 раза меньше, относительно общего количества больных. Также в записях с данным диагнозом присутствует большое количество пропусков. Учитывая это, было принято решение использовать для обучения моделей записи больных, у которых поставлен диагноз НЯК или болезнь Крона.

Очищенная таблица (рисунок 1б) состоит из 148 строк и 80 столбцов. На её основе была построена столбчатая диаграмма. Диаграмма представлена на рисунке 2б. Сравнивая диаграммы на рисунках 2а и 2б, видно, что отношение числа больных пациентов к контрольной группе уменьшилось. Для задачи классификации это благоприятно, поскольку качество модели зависит не только от используемых данных и методов обучения, но и от сбалансированности выборок классов.

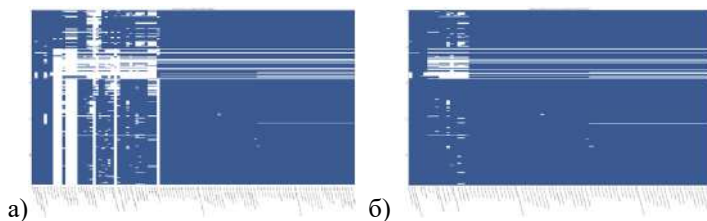


Рис. 1 – Визуализация таблицы-маски для исходных данных:
а) до чистки таблицы; б) после чистки таблицы

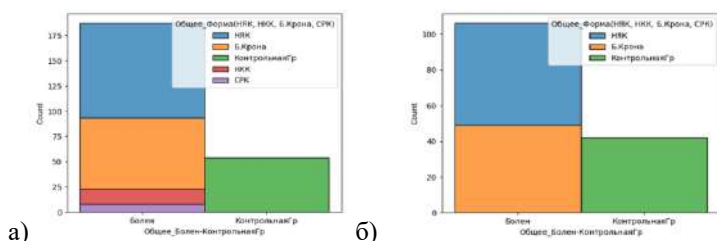


Рис. 2 – Диаграммы: а) до чистки таблицы; б) после чистки

Эксперименты. На основе очищенных данных были сформированы обучающая и тестовая выборки с соотношением 70% на 30% (Train/Test) для решения задачи классификации больных от здоровых. На обучающей выборке были получены модели с использованием: дерева решений, логистической регрессии и метода опорных векторов. Для оценки качества построенных моделей были рассчитаны следующие метрики с использованием кросс-валидации (K=3): Accuracy, Precision, Recall, F1 и AUC ROC [1]. Результаты представлены в таблице 1. Также были построены графики ROC кривой для рассмотренных алгоритмов, графики представлены на рисунке 3.

Таблица-1 - Метрики алгоритмов

Модель	Accuracy	Precision	Recall	F1	AUC ROC
Дерево решений	0,777	0,863	0,849	0,847	0,722
Логистическая регрессия	0,724	0,868	0,738	0,780	0,759
Метод опорных векторов	0,716	0,716	1,000	0,835	0,850

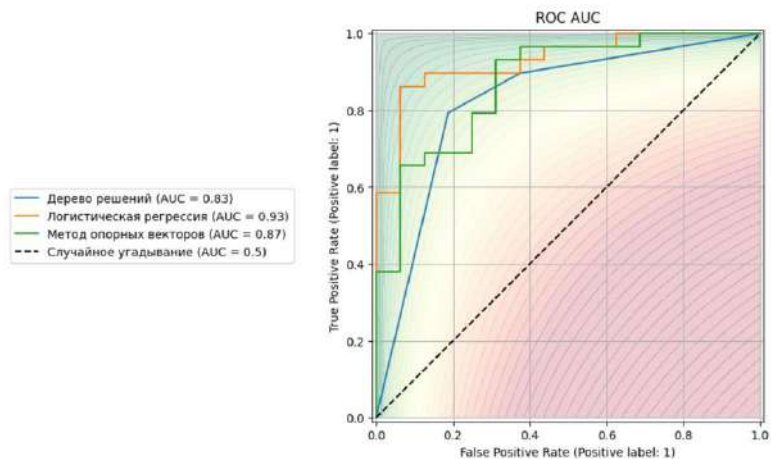


Рис. 3 – Результаты тестирования трех полученных моделей

Заключение. Разработанные модели позволяют определять на основании набора данных о пациенте вероятность наличия двух форм воспалительных заболеваний кишечника с значением метрик F1 0,780-0,847. На основании результатов можно сделать вывод о том, что метод опорных векторов является наиболее подходящим, так как в данной задаче важно минимизировать риск пропуска больного пациента. В дальнейшем планируется рассмотреть более широкий спектр алгоритмов машинного обучения и классифицировать заболевания по форме и стадии.

Литература:

1. Агуреев М. Д., Чернова С. В. Машинное обучение в медицине: революция здравоохранения // Вестник науки. – 2024. – Т. 3, № 12 (81). – С. 1407–1411.
2. Альсова О. К., Зеленчук Н. А. Методы и модели решения задачи классификации данных. Основные этапы: учебное пособие. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2024 – 88 с.
3. Трудности дифференциальной диагностики воспалительных заболеваний кишечника / Н.А. Фадеева, Г.Б. Артыкова, А.Ю. Филимонов, Д.С. Филина, Н.С. Видяева, С.М. Чудных, О.В. Князев, С.Г. Хомерики, К.А. Никольская, Д.С. Бордин, А.И. Парфенов // Эффективная фармакотерапия. – 2022. – Т. 18, № 14. – С. 58–64.

ПРИМЕНЕНИЕ МЯГКИХ МЕТОК В ОБУЧЕНИИ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПЕРЕХОДНОГО СЛОЯ ПРИ SPS-СПЕКАНИИ

Н. Е. Бортников, В. С. Тимофеев

Новосибирский государственный технический университет,

г. Новосибирск, n.bortnikov@corp.nstu.ru

Научный руководитель: Тимофеев В. С., д.т.н.

В данной статье исследуется влияние мягких меток в масках изображений на обучение свёрточной нейронной сети для сегментации снимков сплавов. Метки данных формируются с разной степенью «мягкости», на которых обучается модель U-Net. Показано, что мягкие метки ускоряют процесс обучения и дают улучшение точности измерения переходного слоя.

This article investigates the impact of soft labels in image masks on the training of a convolutional neural network for the segmentation of satellite imagery. The data labels are generated with varying levels of "fuzziness", and the U-Net model is trained on these labels. It is demonstrated that soft labels facilitate the learning process and enhance precision of the measurement of transition layer.

Введение

В последние годы свёрточные нейронные сети стали стандартным инструментом для анализа изображений благодаря их способности эффективно извлекать визуальные признаки. Одной из ключевых областей их применения является задача сегментации, позволяющая выделять объекты и области на изображении с высокой точностью. Актуальность данной задачи обусловлена потребностью в автоматизированной обработке больших объёмов визуальной информации в таких областях, как медицинская диагностика, дистанционное зондирование и анализ микроструктур материалов. При решении задачи многоклассовой сегментации изображений, как правило, используются пиксельные маски изображений с жёсткими метками. Эти метки формируются с помощью унитарного кодирования, где каждому пикселю ставится в соответствие бинарный вектор. Бинарный вектор имеет только одну компоненту, равную единице, на той позиции, которая соответствует истинному классу пикселя. Остальные компоненты вектора – нули.

В [1, 2] авторы решают задачу классификации изображений, маркируя класс изображения с помощью мягких меток – вектора,

компоненты которого являются оценкой вероятности принадлежности изображения каждому классу. Оценки были получены путём опроса экспертов.

В [3] решалась задача сегментации снимков сплавов двух смесей металлов, получаемых с помощью SPS-спекания [4]. Проводилась сегментация переходного слоя на изображении для измерения его ширины, значение которой влияет на свойства получаемого материала. Для решения задачи использовалась свёрточная нейронная сеть.

Цель работы – исследовать возможности применения мягких меток в масках изображений для решения задачи сегментации снимков сплавов с помощью свёрточной нейронной сети.

Постановка задачи

Пусть имеется набор из N изображений: $X = \{X^i, i = \overline{1, N}\}$, где $X^i = \{X_{hw}^i, h = \overline{1, H}, w = \overline{1, W}\}$ – i -е изображение с высотой H и шириной W , X_{hw}^i – пиксель с координатами (h, m) в i -м изображении. Пиксели принимают значения яркости от 0 до 255. Пусть $Y = \{Y^i, i = \overline{1, N}\}$ – набор масок изображений, где $Y^i = \{Y_{hw}^i, h = \overline{1, H}, w = \overline{1, W}\}$ – маска i -го изображения, $Y_{hw}^i = (y_{hw,j}^i, j = \overline{1, C})$ – вектор меток, где $y_{hw,j}^i$ характеризует вероятность принадлежности пикселя X_{hw}^i к классу с номером j , C – количество классов.

Задача заключается в том, что, имея набор (X, Y) в качестве обучающей выборки, построить алгоритм, эффективно определяющий какому классу принадлежит каждый пиксель изображения.

Описание набора данных

В качестве обучающей выборки использовался набор данных, содержащий снимки сплавов смесей металлов, получаемых SPS-спеканием, где $H = 655, W = 1024, N = 59, C = 3$. Пиксели в каждом изображении можно разделить на три подмножества: **A** – множество пикселей, принадлежащих области текстуры стали Э76, **B** – для области текстуры стали 12Х18Н10Т и **П** – для области переходного слоя. Пусть каждое подмножество имеет свой номер, соответствующий номеру класса: **A** с номером 1, **B** – 2, **П** – 3. Номер класса, которому принадлежит пиксель X_{hw}^i , определялся по следующему правилу:

$$a(X_{hw}^i) = \begin{cases} 1, \text{ если } X_{hw}^i \in \mathbf{A}, \\ 2, \text{ если } X_{hw}^i \in \mathbf{B}, \\ 3, \text{ если } X_{hw}^i \in \mathbf{П}. \end{cases}$$

Структура материала в области переходного слоя характеризуется большей однородностью по сравнению с участками, содержащими смеси. Пример изображения сплава вместе с ожидаемым результатом сегментации представлен на рисунке 1.

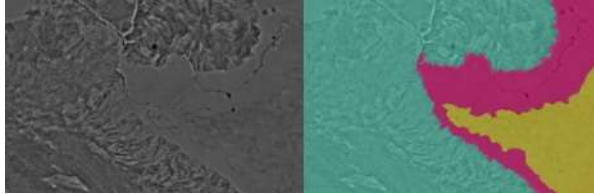


Рис. 1 – Пример изображения сплава и результата сегментации

С помощью случайного поворота изображения не более чем на 10 градусов набор данных был увеличен в 5 раз. Все изображения были приведены к размерам 224×224 пикселей, значения которых приведены в интервал $[0; 1]$ посредством деления значения пикселя на 255.

Компоненты векторов меток, из которых состояли маски изображений, формировались по следующему правилу:

$$Y_{hw,j}^i = \begin{cases} p, & \text{если } a(X_{hw}^i) = j, \\ \frac{1-p}{C-1}, & \text{иначе,} \end{cases}$$

где $p \in (0; 1]$ – параметр, определяющий вероятность принадлежности пикселя к своему истинному классу. При $p = 1$ формируются жёсткие метки, при других значениях – мягкие.

Описание нейронной сети

В рамках решения поставленной задачи применялась свёрточная нейронная сеть U-Net [5], реализованная с использованием библиотеки TensorFlow [6]. Входными данными модели является изображение X^i , а выходными – вектор $\hat{Y}^i$, содержащий вероятностные оценки принадлежности каждого пикселя к соответствующим классам, вычисляемые с помощью функции активации softmax [7]. Функция потерь – среднее значение дивергенции Кульбака-Лейблера [8], являющейся мерой разницы между распределением вероятностей Y^i , принимаемым за истинное, и прогнозируемым $\hat{Y}^i$:

$$\frac{1}{NWH} \sum_{i=1}^N \sum_{w=1}^W \sum_{h=1}^H \sum_{j=1}^C Y_{hw,j}^i \ln \frac{Y_{hw,j}^i}{\hat{Y}_{hw,j}^i}.$$

Качество обучения нейронной сети определялось долей правильных ответов (CA) и отношением пересечения к объединению (IoU):

$$CA = \frac{TP + TN}{TP + FP + TN + FN}, \quad IoU = \frac{TP}{TP + FP + FN},$$

где **TP** – истинно-положительные результаты, **TN** – истинно-отрицательные, **FP** – ложно-положительные, **FN** – ложно-отрицательные. Также на основе результатов сегментации проводилась оценка ширины переходного слоя, которая сопоставлялась с данными ручных измерений с целью определения средней погрешности δ .

Тестирование

Нейронная сеть обучалась на наборах данных с разными типами масок: с жёсткими и мягкими метками. Параметр **p**, определяющий метки, принимал значения от 0.6 до 1 с шагом 0.1. Для каждого значения **p** нейронная сеть обучалась с 6 различными значениями начальных весов. Метрика IoU вычислялась для класса переходного слоя (IoU-Class2). В таблице 1 приведены усреднённые значения полученных метрик на последней эпохе обучения. Значения метрики CA менялись незначительно – 90-91%.

Таблица 1 – Результаты применения разных масок

p	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
IoU-Class2	74%	72%	73%	74%	77%
δ, мкм	1.45	1.6	1.64	1.56	1.67

По результатам видно, что наилучшее значение метрики IoU-Class2 достигается при жёстких метках. Однако, наименьшая погрешность измерения переходного слоя – при мягких метках со значением **p = 0.6**, а наибольшая – при жёстких. Также было замечено, что использование мягких меток ускоряет процесс обучения нейронной сети – с ростом эпох обучения значения функции потерь быстрее перестают значительно меняться, чем при использовании жёстких меток.

Заключение

В работе рассмотрено влияние использования мягких меток в масках изображений на качество обучения свёрточной нейронной сети при решении задачи сегментации изображений сплавов, сформированных методом SPS-спекания из двух металлических смесей. Были сформированы наборы данных как с жёсткими, так и мягкими метками с различными степенями «мягкости». Была обучена модель U-Net, а качество сегментации оценивалось по метрикам CA и IoU. Полученные результаты показывают, что использование мягких меток способствует более быстрому снижению значений функции потерь на обучающем наборе данных. При использовании мягких меток наблюдается

понижение качества сегментации по сравнению с жёсткими метками. Однако использование мягких меток способствует более точному измерению ширины переходного слоя. Это свидетельствует о том, что учёт неопределённости в метках может быть полезным при обучении нейронных сетей на данных с ограниченным числом изображений или неоднородными текстурами.

Литература:

1. Peterson J., Battleday R., Griffiths T. and Russakovsky O. Human Uncertainty Makes Classification More Robust // 2019 IEEE/CVF International Conference on Computer Vision (ICCV), Seoul, Korea (South), 2019, pp. 9616-9625, doi: 10.1109/ICCV.2019.00971.
2. Koller C., Kauermann G. and Zhu X. X. Going Beyond One-Hot En-coding in Classification: Can Human Uncertainty Improve Model Performance in Earth Observation? // in IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, vol. 62, pp. 1-11, 2024, Art no. 5400211, doi: 10.1109/TGRS.2023.3336357.
3. Бортников Н. Е. Исследование возможностей применения нейронных сетей для измерения переходного слоя при SPS-спекании / Н. Е. Бортников // НАУКА. ТЕХНОЛОГИИ. ИННОВАЦИИ // Сборник научных трудов в 8 ч. / под редакцией Захаровой Е. В. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2025. – С. 323-328. – ISBN 978-5-7782-5342-1.
4. Григорьев Е. Г., Калинин Б. А. Электроимпульсная технология формирования материалов из порошков: Учебное пособие. М.: МИФИ, 2008. – 152 с.
5. U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation / Olaf Ronneberger, Philipp Fischer, and Thomas Brox // Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention – MICCAI 2015. MICCAI 2015. Lecture Notes in Computer Science, Vol 9351. Springer, Cham. – P. 234–241. – doi: 10.1007/978-3-319-24574-4_28
6. API Documentation. TensorFlow v2.16.1 [Electronic resource]: сайт. – URL: https://www.tensorflow.org/api_docs (accessed: 10.11.2025).
7. Goodfellow, I. Deep Learning / I. Goodfellow, Y. Bengio, A. Courville. – Cambridge, MA: MIT Press, 2016. – 800 p. – ISBN 9780262035613.
8. Bishop C. M. Pattern Recognition and Machine Learning. New York: Springer New York, NY, 2006. 778 p.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТРУКТУРНЫХ ЛИНИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ ПО ДАННЫМ ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ

А. С. Гавриленко, В. С. Карманов
Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, gavrilenko.2021@stud.nstu.ru
Научный руководитель: Карманов В. С.

Рассматриваются различные методы определения структурных линий автомобильных дорог по облакам точек, полученным с помощью передвижных систем светового определения и измерения дальности. Приводятся результаты работы методов на тестовых данных. Производительность и точность методов являются удовлетворительными для дорог с типовым поперечным профилем.

This work examines different methods of finding structure lines of rural roads using point clouds obtained with LiDAR systems using Mobile Laser Scanning technology. The results of the proposed methods are presented. The performance and accuracy of proposed methods are sufficient for rural roads of standard structure.

Своевременное развитие дорожной сети и ремонт дорожного покрытия способствуют ускорению экономического развития региона. Однако для своевременного развития и ремонта дорог необходимо обладать актуальными данными об их текущем состоянии. В настоящий момент большую часть этих данных службы, ответственные за развитие транспортной инфраструктуры, получают при помощи ручного физического измерения геометрических параметров дорог [1]. Хотя такой подход и обладает высокой точностью, он требует участия большого числа квалифицированных специалистов и физического присутствия на месте проведения измерений, следовательно, сопряжен с большими денежными и временными затратами.

Учитывая все увеличивающиеся возможности технических средств, на смену этому подходу был предложен [2, 3] новый – автоматизированный подход. Сначала по всему интересующему участку дороги проезжает автомобиль, на котором установлена система LiDAR (лазерного сканирования) [4]. Результатом проезда по дороге является облако точек, каждая точка в котором определяется несколькими параметрами: координатами, интенсивностью и т.д.

В данном исследовании в качестве геометрических параметров дороги выбраны «структурные линии». Для получения любой структурной линии необходимо по всей протяженности дороги построить некоторое количество ее поперечных сечений, после чего в каждом из построенных сечений выбрать точку, принадлежащую

выбранной структурной линии. Далее точки, выбранные на каждом из поперечных профилей, нужно последовательно соединить отрезками. В данной работе выделяются 4 типа структурных линий: ось дороги, кромки проезжей части, бровки земляного полотна, подошвы земляного полотна, представленные на Рис. 1.

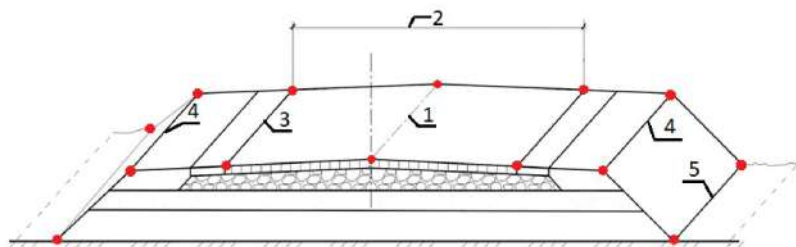


Рис 1 [5] – Поперечный профиль дороги: 1 – ось дороги; 2 – проезжая часть; 3 – кромка проезжей части; 4 – бровка земляного полотна; 5 – подошва земляного полотна

Предлагаемые в данной статье методы позволяют определять кромки проезжей части и бровки дорожного полотна. Для применения каждого из методов необходимо определить траекторию сканирующего автомобиля в облаке точек. Это можно сделать, используя параметр «scan angle rank» каждой точки в облаке. Значение этого параметра соответствует углу наклона сканера к нормали дороги [6]. Точку можно считать лежащей на траектории, если значение этого параметра равно нулю. Пример определенной траектории в облаке точек представлен на Рис 2.

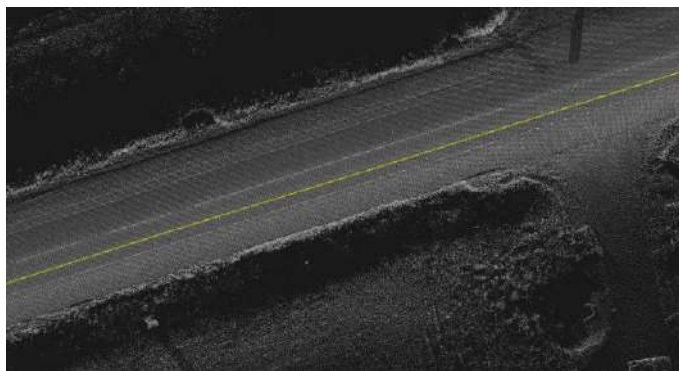


Рис 2 – Траектория движения сканирующего автомобиля в облаке точек

Первый из методов основывается на свойствах плотности точек в облаке. Во-первых, при удалении от траектории движения сканирующего автомобиля плотность точек убывает. Это происходит из-за вращения сканера с постоянной угловой скоростью. Во-вторых, плотность точек в облаке зависит от свойств сканируемых материалов. В-третьих, учитывая структуру дороги на Рис. 1, возле кромок и бровок плотность точек заметно уменьшается. Это происходит из-за того, что части дороги, расположенные сразу за кромками и бровками, располагаются локально значительно ниже, чем части дороги, располагающиеся ближе к оси. Это ведет к тому, что определенные части дороги становятся невидимыми для сканера, расположенного на автомобиле. Использовать эти свойства предлагается следующим способом.

Сначала для кластеризации облака используется алгоритм DBSCAN [7]. Для этого необходимо подобрать параметры данного алгоритма, обеспечивающие наилучшую точность на данном облаке. Для определения кромок и бровок следует использовать различные значения этих параметров. В результате выполнения алгоритма DBSCAN в самый большой кластер должны попасть точки, находящиеся между кромками или бровками. Далее, в полученном кластере необходимо провести несколько поперечных срезов, в каждом из которых выбрать по одной максимально удаленной от оси дороги точке с каждой стороны дороги. После этого полученные с каждой стороны точки нужно соединить отрезками, в результате чего будут построены структурные линии. Пример определения кромок этим алгоритмом представлен на Рис 3.

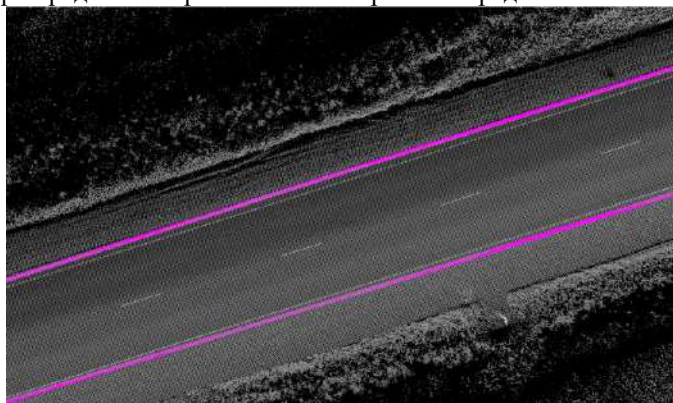


Рис 3 – Кромки проезжей части, определенные методом, использующим плотность точек облака

Второй из методов предполагает использование высоты точек и использует идеи, указанные в работе [8]. Как уже было замечено, при пересечении кромок или бровок высота точек в облаке значительно уменьшается. При этом дисперсия высоты точек в определенной окрестности должна значительно возрасть. Алгоритм заключается в следующем: на облаке строятся несколько поперечных профилей дороги шириной в несколько метров. Начиная с траектории движения автомобиля, в обе стороны с определенным шагом движется окно. На каждом шаге вычисляются средняя высота и дисперсия высоты точек, попавших в это окно. Как только среднее значение становится меньше соответствующего порогового значения, а дисперсия больше – кромка или бровка считаются найденными и лежащими в текущем окне. Далее, для определения самих структурных линий нужно соединить центры всех окон по каждой стороне дороги. Пример определения кромок с помощью данного метода приведен на Рис 4.

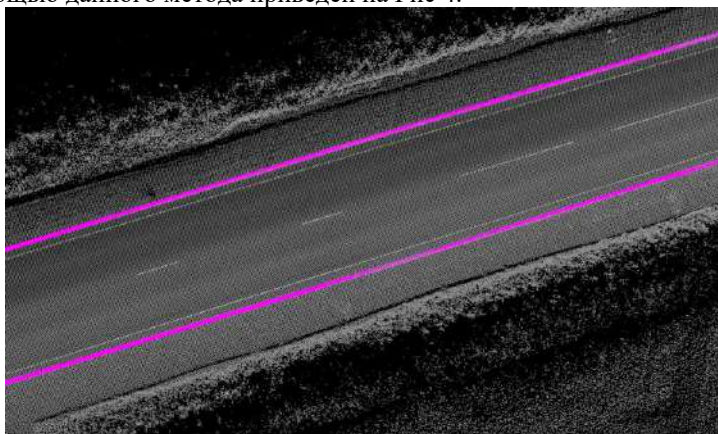


Рис 4 – Кромки проезжей части, определенные методом, использующим высоту точек облака

Результаты применения методов на приведенных участках тестирования являются удовлетворительными по точности работы. Время работы методов на участке длиной в 1 км составляет около 300 секунд

Дальнейшее развитие заключается в увеличении робастности данных методов, а также разработке новых, комплексных алгоритмов для определения всех структурных линий.

Литература:

1. ГОСТ 33388-2015. Дороги автомобильные общего пользования. Требования к проведению диагностики и паспортизации. – Введ. 2016-09-08. – М.: Стандартинформ, 2016.
2. Qiu Kaijin, Kai Sun, Kou Ding and Zhen Shu. A fast and robust algorithm for road edges extraction from LIDAR data // ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences (2016): 693–698.
3. Yadav Manohar, Ashutosh Kumar Singh and Bharat Lohani. Extraction of road surface from mobile LiDAR data of complex road environment. International Journal of Remote Sensing 38 (2017): 4655 – 4682.
4. Zhou, J. A Review of LiDAR sensor Technologies for Perception in Automated Driving. Academic Journal of Science and Technology, 2022, 3(3), 255-261.
5. Яцевич И. К., Кононова Е.И. Основы проектирования автомобильных дорог: учебно-методическое пособие для студентов специальности 1-70 03 01 «Автомобильные дороги» – Минск: БНТУ, 2016. – 104 с.
6. LAS Specification 1.4 – R15 [Electronic resource]. – URL: https://paulbourke.net/dataformats/laz/LAS_1_4_r15.pdf (accessed: 16.12.24).
7. Ester M., Kriegel H.-P., Sander J., & Xu X. A density-based algorithm for discovering clusters in large spatial Databases with Noise. Knowledge Discovery and Data Mining, 1996. P. 226–231.
8. Wang Hanyun, Zhipeng Cai, Huan Luo, Cheng Wang, Peng Li, Wentao Yang, Suoping Ren and Jonathan Li. Automatic road extraction from mobile laser scanning data // International Conference on Computer Vision in Remote Sensing, 2012. P.136–139.

**ВЛИЯНИЕ ВЫБРОСОВ НА ОЦЕНКУ ПАРАМЕТРОВ
НОРМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МЕТОДОМ
Lq-ПРАВДОПОДОБИЯ**

В. К. Дворецкая, В. С. Тимофеев

Новосибирский государственный технический университет,

г. Новосибирск, v.dvoreczkaya@corp.nstu.ru

Научный руководитель: Тимофеев В. С.

Исследование направлено на оценивание параметров нормального распределения с добавлением 5% и 10% выбросов в исходные данные. Оценка получена с помощью метода максимального правдоподобия и метода Lq-правдоподобия. Проведен сравнительный анализ методов.

The study aims to estimate the parameters of a normal distribution, with the addition of 5% and 10% outliers to the initial data. This was done using the maximum likelihood and Lq-likelihood methods. A comparative analysis of these methods is also carried out.

Одна из важных задач анализа данных связана с оценкой параметров распределения. Наиболее часто встречающейся такой задачей является оценка параметров нормального распределения. Нормальный закон распределения характеризуется плотностью вероятности вида:

$$f(x, \mu, \sigma) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}, \quad (1)$$

где $x \in (-\infty; +\infty)$, μ - математическое ожидание, σ - среднее квадратическое отклонение [1].

В [2] были смоделированы данные без учета выбросов и рассматривалось нахождение оценки параметров нормального распределения (1) с помощью метода максимального правдоподобия (ММП) и метода Lq-правдоподобия (MLqП). Однако на практике достаточно сложно найти исходные данные, не содержащие выбросов. В связи с этим возникает необходимость в поиске метода оценки параметров, который позволит повысить надежность полученных оценок изучаемого распределения. Текущая работа направлена на исследование влияния выбросов на оценку параметров нормального распределения, полученную с помощью ММП и MLqП. В результате будет определен метод, который имеет преимущество при работе с данными, содержащими выбросы.

Этапы исследования и оценки параметров (1) будут аналогичны, выполненным в отношении ММП и MLqП в [2]. Для выборки из n независимых наблюдений $x_1, \dots, x_n$ в данной работе будут использоваться сами оценки $\hat{\mu}$ и $\hat{\sigma}$ из [2], полученные с помощью ММП. Для MLqП будет использована Lq-функция, приведенная в [3]. В результате вычисления частных производных по μ и σ были определены оценки параметров в [2].

Для того чтобы смоделированные данные содержали выбросы необходимо создать смесь нормальных распределений. Смесь двух нормальных распределений будет иметь вид:

$$f_s(x, \mu, \sigma) = wf_1(x, \mu_1, \sigma_1) + (1-w)f_2(x, \mu_2, \sigma_2), \quad (2)$$

где w - параметр смеси, $f_1(x, \mu_1, \sigma_1)$ и $f_2(x, \mu_2, \sigma_2)$ - функции плотности нормального распределения (1) с параметрами μ_1, σ_1 и μ_2, σ_2 . В данном исследовании рассматривается ситуация, когда $\mu_1 = 0, \sigma_1 = 1$, $\mu_2 = 3, \sigma_2 = 1.5$. Тогда (2) будет иметь следующий вид:

$$f_s(x, \mu, \sigma) = w \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}} + (1-w) \frac{1}{1.5\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-3)^2}{4.5}}. \quad (3)$$

Для исследования были смоделированы выборки в соответствии с (3) при $w_1 = 0.05$ и $w_2 = 0.1$ с n от 100 до 10000. Для сравнения ММП и MLqП была введена относительная эффективность R_μ и R_σ :

$$R_\mu = MSE(\hat{\mu}) / MSE(\bar{\mu}),$$

$$R_\sigma = MSE(\hat{\sigma}) / MSE(\bar{\sigma}),$$

$$MSE(\hat{\theta}) = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (\theta - \hat{\theta}_i)^2,$$

где $\hat{\mu}, \hat{\sigma}$ - оценки ММП, $\bar{\mu}, \bar{\sigma}$ - оценка MLqП, θ - параметр распределения, $\bar{\theta}$ - оценка, полученная с помощью ММП или MLqП, $m = 500$ - количество повторений моделирования выборки.

Если $R_\sigma < 1, R_\mu < 1, R_\sigma \rightarrow 0, R_\mu \rightarrow 0$, то это указывает на то, что оценка, полученная с помощью MLqП, начинает совпадать с оценкой, полученной с помощью ММП. На рис. 1 приведена смесь нормальных распределений (3) при $w_1 = 0.05$ (сплошная линия показывает восстановленную функцию плотности распределения с параметрами, полученными с помощью MLqП, а штрихпунктирная – с параметрами, полученными с помощью ММП).

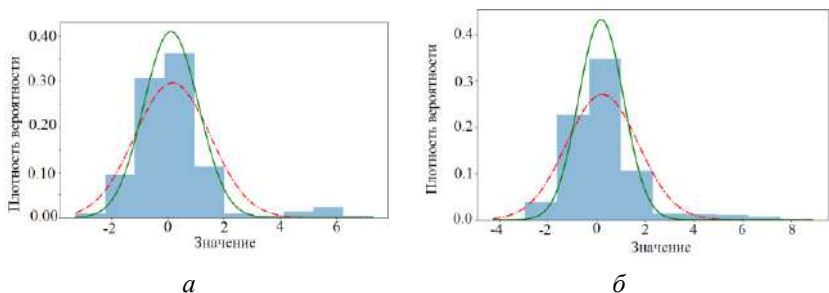


Рис. 1 – Смоделированные выборки при $w_1 = 0.05$ а) $n = 200$, $\hat{q} = 0.45$,
б) $n = 5000$, $\hat{q} = 1.9$

На рис. 1 для а: ММП $\hat{\mu} = -0.012, \hat{\sigma} = 1.309$, MLqП $\bar{\mu} = -0.07, \bar{\sigma} = 0.901$ и относительная эффективность Для б: ММП $\hat{\mu} = 0.236, \hat{\sigma} = 1.477$, MLqП $\bar{\mu} = 0.184, \bar{\sigma} = 0.924$. Аналогичное исследование продемонстрировано на рис. 2 при $w_2 = 0.1$.

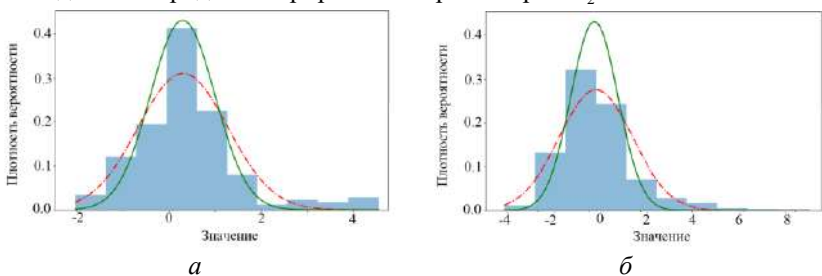


Рис. 2 – Смоделированные выборки при $w_2 = 0.1$ а) $n = 200$, $\hat{q} = 0.45$,
б) $n = 5000$, $\hat{q} = 1.9$.

На рис. 2 для а: ММП $\hat{\mu} = 0.271, \hat{\sigma} = 1.211$, MLqП $\bar{\mu} = 0.261, \bar{\sigma} = 0.871$. Для б: ММП $\hat{\mu} = 0.281, \hat{\sigma} = 1.4203$, MLqП $\bar{\mu} = 0.218, \bar{\sigma} = 0.907$.

В результате вычисления относительной эффективности для m выборок для $w_1 = 0.05$ $R_\sigma = 1.388, R_\mu = 2.106$, а для $w_2 = 0.1$ $R_\sigma = 2.601, R_\mu = 1.73$. И для $w_1 = 0.05$ и $w_2 = 0.1$ выполняется условие $R_\sigma > 1, R_\mu > 1$, следовательно, MLqП является более предпочтительным в оценке параметров распределения вида (3) при $n=200$ и $n=5000$. Полученные результаты демонстрируют преимущество

MLqП над ММП в оценке параметров нормального распределения при добавлении выбросов в исходные данные. Данный результат является важным дополнением к полученным выводам из [2].

Литература:

1. Вентцель Е. С. Теория вероятностей: Учеб. для вузов. - 10-е изд. - М.: Высш. шк., 2006. - 575 с.
2. Дворецкая В. К. Оценка параметров нормального распределения методом Lq-правдоподобия // Наука. Технологии. Инновации : сб. науч. тр. 18 Всерос. науч. конф. молодых ученых, Новосибирск, 2–6 дек. 2024 г. : в 8 ч. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2025. – Ч. 1. – С. 339–344.
3. Ferrari D., Yang Y. Maximum Lq-Likelihood Estimation / D. Ferrari, Y. Yang // The Annals of Statistics. – 2010. – Vol. 38, No. 2. – P. 753–783.

ОЦЕНИВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЕМ НА ОСНОВЕ КВАДРАТНО-КОРНЕВОЙ РОБАСТНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ

С. А. Евланова, В. М. Чубич

Новосибирский государственный технический университет,

г. Новосибирск, evlanovasof@yandex.ru

Научный руководитель: Чубич В. М.

Разработана и программно реализована процедура параметрическая идентификация на основе квадратно-корневой модификации робастного фильтра Изанлу (Izanloo) – Фейкуруиана (Fakoorian) – Джазди (Yazdi) – Саймона (Simon). На примере модели системы управления положением продемонстрирована эффективность применения указанной процедуры.

A parametric identification procedure based on a square-root modification of the robust Izanloo-Fakoorian-Yazdi-Simon filter was developed and implemented. The effectiveness of this procedure was demonstrated in a proposal management system model.

Рассмотрим систему управления положением, состоящую из вращающейся антенны и двигателя постоянного тока (см. [1, сс. 148, 158, 497]). Следуя рекомендациям [2, с. 343; 3, с. 232], выпишем уравнения соответствующей цифровой системы (см. дополнительно [1, с. 511]):

$$\mathbf{x}(t_{k+1}) = \begin{bmatrix} x_1(t_{k+1}) \\ x_2(t_{k+1}) \end{bmatrix} = \mathbf{F}\mathbf{x}(t_k) + \Psi\mathbf{u}(t_k) + \mathbf{w}(t_k) =$$

$$= \begin{bmatrix} 1 & \frac{1}{\theta_1}(1 - e^{-\theta_1 T}) \\ 0 & e^{-\theta_1 T} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1(t_k) \\ x_2(t_k) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{\theta_2}{\theta_1} \left(T - \frac{1}{\theta_1} + \frac{1}{\theta_1} e^{-\theta_1 T} \right) \\ \frac{\theta_2}{\theta_1}(1 - e^{-\theta_1 T}) \end{bmatrix} u(t_k) + w(t_k); \quad (1)$$

$$y(t_{k+1}) = Hx(t_{k+1}) + v(t_{k+1}) = [1 \ 0] \begin{bmatrix} x_1(t_{k+1}) \\ x_2(t_{k+1}) \end{bmatrix} + v(t_{k+1}), \quad k = \overline{0, N-1}. \quad (2)$$

Здесь $x_1(\cdot)$ – угловое положение антенны (рад), $x_2(\cdot)$ – угловая скорость (рад/с), $u(\cdot)$ – входное напряжение (В), $w(\cdot)$ – шум системы (возмущающий момент, вызываемый ветром), θ_1 и θ_2 – параметры, подлежащие оцениванию, $y(\cdot)$ – измеряемое угловое положение антенны (В), $v(\cdot)$ – шум измерений.

Предположим, что:

- $w(t_k)$ и $v(t_{k+1})$ образуют белые гауссовские последовательности, причем

$$E[w(t_k)] = [0], \quad E[w(t_k)w^T(t_i)] = Q\delta_{ki} = \begin{bmatrix} 2 \cdot 10^{-5} & 3 \cdot 10^{-4} \\ 3 \cdot 10^{-4} & 6 \cdot 10^{-3} \end{bmatrix} \delta_{ki};$$

$$E[v(t_{k+1})] = 0, \quad E[v(t_{k+1})v^T(t_{i+1})] = R\delta_{ki} = 10^{-6}\delta_{ki};$$

$$E[w(t_k)v(t_i)] = [0], \quad \text{для любых } k, i = \overline{0, N-1};$$

- начальное состояние $x(t_0)$ имеет нормальное распределение с математическим ожиданием $\bar{x}(t_0) = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$, ковариационной матрицей $P(t_0) = \begin{bmatrix} 0.01 & 0 \\ 0 & 0.01 \end{bmatrix}$ и не коррелирует с $w(t_k)$ и $v(t_{k+1})$ при любых значениях переменной k .

Будем находить оценки неизвестных параметров $\theta = [\theta_1, \theta_2]$ математической модели (1), (2) по наблюдениям Ξ . В отличие от [4] применяя взвешенный метод максимального правдоподобия и квадратно-корневую модификацию робастного фильтра Изанлу – Фейкуриана – Джазди – Саймона из [5]. Для этого решим следующую задачу нелинейного программирования с ограничениями:

$$\hat{\theta} = \arg \min_{\theta \in \Omega_\theta} \chi(\theta, \sigma; \Xi).$$

Здесь σ – размер ядра в указанном фильтре, $\Xi = \{U, Y\}$,

$U = [u^T(t_0), \dots, u^T(t_{N-1})]^T$ – идентифицирующий входной сигнал,

$Y = [y^T(t_1), \dots, y^T(t_N)]^T$ – соответствующий ему выходной сигнал,

$\Omega_\theta = \{1 < \theta_1 < 10, 0 < \theta_2 < 1\}$ – область определения неизвестных параметров.

Следуя [6] выпишем критерий идентификации:

$$\chi(\theta, \sigma; \Xi) = \frac{Nm}{2} \ln 2\pi + \frac{1}{2} \sum_{k=0}^{N-1} L(t_{k+1}) \ln \det B(t_{k+1}) + \frac{1}{2} \sum_{k=0}^{N-1} L(t_{k+1}) \varepsilon^T(t_{k+1}) B(t_{k+1})^{-1} \varepsilon(t_{k+1}), \quad (3)$$

где $L(t_{k+1})$, $\varepsilon(t_{k+1})$ и $B(t_{k+1})$ – определяются по уравнениям фильтра Исанлу – Фейкуриана – Джазди – Саймона.

Положим $N=100$, $T=0.1$. Будем считать, что $u(t_k) = 3 + 2 \sin(4\pi t_k)$. В качестве истинного значения параметров выберем $\theta_1^* = 4.6$, $\theta_2^* = 0.787$.

Для решения задачи воспользуемся методом последовательного квадратичного программирования [7, с. 501] с численным вычислением градиента.

Для ослабления зависимости результатов оценивания от выборочных данных проведем $M=100$ различных запусков системы. О качестве параметрической идентификации будем судить по значениям относительной ошибки и ARMSE, для вычисления которых воспользуемся формулами:

$$\delta_{\hat{\theta}} = \sqrt{\frac{(\theta_1^* - \hat{\theta}_1^{cp})^2 + (\theta_2^* - \hat{\theta}_2^{cp})^2}{(\theta_1^*)^2 + (\theta_2^*)^2}},$$

$$ARMSE = \sqrt{\frac{1}{MN} \sum_{j=1}^M \sum_{k=0}^{N-1} (y^j(t_{k+1}) - \hat{y}^j(t_{k+1}))^2},$$

где $\hat{\theta}_{cp}$ – усредненная оценка неизвестных параметров по всем запускам; $y^j(t_{k+1})$ и $\hat{y}^j(t_{k+1}) = H\hat{x}^j(t_{k+1}|t_{k+1})$ – соответственно измерение и его оценка в момент времени t_{k+1} для j -го запуска системы.

Проанализируем две ситуации. Сначала будем обрабатывать данные с одиночными выбросов. Далее будем обрабатывать данные с групповыми выбросами. Для этого смоделируем выборку, считая, что

коэффициент загрязнения выборки 0.1, а дисперсия шума аномальных наблюдений $R_A = 10^4 R$

Результаты представим в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты параметрической идентификации, относительные ошибки и ARMSE

Выбросы	Фильтр	$\hat{\theta}_1^{cp}$	$\hat{\theta}_2^{cp}$	$\delta_{\hat{\theta}}$	ARMSE
Одиночные	Классическая	9.3534	0.9355	1.0191	0.0236
	Робастная	4.5984	0.7869	0.0003	0.0023
Групповые	Классическая	8.8995	0.9191	0.9217	0.0372
	Робастная	4.5969	0.7869	0.0007	0.0023

Графическое представление результатов применения робастной процедуры оценивания для одного из запусков системы приведено на рисунках 1 и 2.

Разработана и программно реализована процедура параметрической идентификации стохастических линейных дискретных систем на основе устойчивой в вычислительном отношении квадратно-корневой модификации робастного фильтра Изанлу–Фейкуриана–Джазди–Саймона.

На примере цифровой системы управления положением показана эффективность (см. таблицу 1) применения указанной процедуры в случае присутствия в выборке одиночных и групповых выбросов.

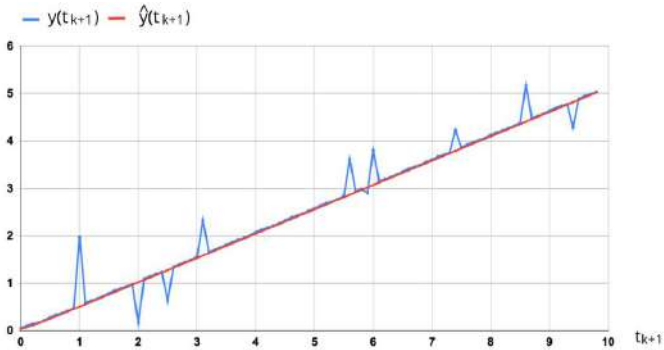


Рис. 1. Графическое представление $\hat{Y}$ и $\hat{Y}$ при одиночных аномальных выбросах

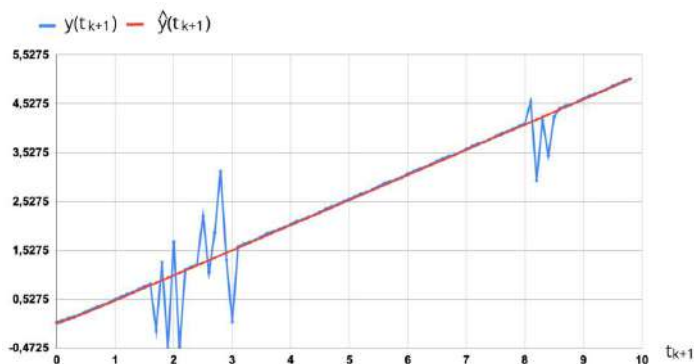


Рис. 2. Графическое представление Y и $\hat{Y}$ при групповых аномальных выбросах

Литература:

1. Квакернаак Х., Сиван Р. Линейные оптимальные системы управления. – М.: Мир, 1977. – 650 с.
2. Bar-Shalom Y., Li X.-R., Kirubarajan T. Estimation with applications to tracking and navigation. – New York: John Wiley & Sons Inc., 2001. – 558 p.
3. Simon D. Optimal state estimation: Kalman, H_∞ , and nonlinear approaches. – New Jersey: John Wiley & Sons Inc., 2006. – 526 p.
4. Чубич В. М., Прокофьева А. Э. Параметрическая идентификация стохастических линейных дискретных систем на основе робастной фильтрации // Вестник ИргТУ. – 2018. – Т. 22, № 2. – С. 84 – 94.
5. Kalman filtering based on the maximum correntropy criterion in the presence of non-Gaussian noise / Izanloo R., Fakoorian S.A., Yazdi H.S., Simon D. // Annual Conference on Information Science and Systems (CISS), 16-18 mar. 2016: Proceedings. – Princeton, 2016 – P. 500–505.
6. Чубич В. М., Кулабухова С. О. Робастная процедура параметрической идентификации стохастических нелинейных непрерывно-дискретных систем // Сибирский журнал индустриальной математики. – 2021. – Т. 24, № 3. – С. 138 – 149.
7. Antoniou A., Lu W.-S. Practical optimization: algorithms and engineering applications. – New York: Springer, 2007. – 669 p.

ПОСТРОЕНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ ПОДМНОЖЕСТВ НА ОСНОВЕ СПЕЦИАЛЬНЫХ МЕТРИК В УСЛОВИЯХ БОЛЬШИХ ДАННЫХ

Р. В. Ермолаев, Е. А. Хайленко

Новосибирский государственный технический университет,

г. Новосибирск, geliron2017@mail.ru

Научный руководитель: Хайленко Е. А.

В работе рассматриваются современные методы формирования компактных и информативных подмножеств данных для построения линейных регрессионных моделей в условиях больших данных. Сравниваются четыре подхода: случайная выборка (RS), методы IBOSS и OSS, а также адаптивный алгоритм VALG1. Оценена их эффективность по критериям A- и D-оптимальности и времени выполнения на реальных данных.

This work examines modern methods for constructing compact and informative data subsets for building linear regression models under large-scale data conditions. Four approaches are compared: random sampling (RS), the IBOSS and OSS methods, and the adaptive VALG1 algorithm. Their performance is evaluated using A- and D-efficiency criteria, as well as runtime on real datasets.

Анализ больших данных требует устойчивых и вычислительно эффективных методов регрессионного анализа. При росте объемов информации классические подходы, включая регрессию на основе метода наименьших квадратов (МНК), становятся ресурсоемкими и нередко практически неприменимыми на полной выборке. Это делает актуальной разработку методов, позволяющих уменьшить размер данных без существенной потери качества модели.

Одним из перспективных направлений является формирование оценочных подмножеств, содержащих наиболее информативные наблюдения. Такие подвыборки должны обеспечивать высокую точность оценки коэффициентов, сохранять структуру признакового пространства и снижать вычислительные затраты.

В работе рассматриваются современные методы выбора подмножеств данных, различающиеся принципами отбора и устойчивостью к структуре данных. Объект исследования — методы RS, IBOSS, OSS и VALG1, для которых проводится сравнительный анализ по ключевым метрикам качества и эффективности.

Классическая линейная регрессионная модель задаётся в матричном виде:

$$Y=X\beta+\varepsilon,$$

где Y — вектор откликов, X — матрица наблюдений, β — вектор параметров, ε — случайные ошибки с нулевым средним и одинаковой дисперсией.

Оценка МНК имеет вид:

$$=(X^T X)^{-1} X^T Y.$$

При больших объёмах данных вычисления $X^T X$ и её инверсии становятся затратными, что требует сокращения данных без потери статистической информативности.

В работах [10–12] описаны следующие методы:

- **RS** — базовый быстрый метод, не учитывающий структуру данных;
- **IBOSS** — использует экстремальные значения признаков, приближая информационную матрицу полной выборки;
- **OSS** — опирается на ортогонализацию признаков, устойчив к мультиколлинеарности;
- **VALG1** — адаптивно выбирает наиболее значимые наблюдения, эффективен при высокоразмерных данных.

В данной работе эти методы применены к реальной задаче оценки параметров линейной модели на большом наборе данных об аэропортах США. Исходный набор данных содержит географическую информацию, высоту над уровнем моря, климатические параметры, транспортную нагрузку и инфраструктурные характеристики.

Цель анализа — построение модели, оценивающей влияние выбранных признаков на целевую переменную (например, пассажиропоток), а также сравнение эффективности методов формирования подвыборок при ограниченных вычислительных ресурсах.

Постановка задачи включает:

- наличие большой многомерной выборки;
- необходимость построения линейной регрессионной модели;
- высокую вычислительную стоимость МНК на полной выборке;
- требование выбора компактного оценочного подмножества;
- сравнение методов RS, IBOSS, OSS и VALG1 по A- и D-эффективности и времени выполнения.

Для решения задачи выполнена подготовка данных: очистка, нормализация, кодирование категориальных признаков. Были сформированы подвыборки фиксированных размеров ($N=100, 150, 200$), измерено время выполнения методов и построены оценки параметров регрессии.

В таблице 1 представлено время выполнения алгоритма на реальных данных.

Эффективность методов

Далее на рисунках 1(а)–(б) представлены результаты оценки эффективности работы алгоритмов. Для сравнения были вычислены две метрики — A-efficiency и D-efficiency, используемые для анализа качества подвыборок:

$$A = \frac{tr^{-1}((X^T X)^{-1})}{tr^{-1}((X_{opt}^T X_{opt})^{-1})}, D = \left(\frac{\det(X^T X)}{\det(X_{opt}^T X_{opt})} \right)^{\frac{1}{p}}.$$

Таблица 1 - время выполнения для реальных данных

	N=100	N=150	N=200
RS	1.949 с	2.021 с	1.670 с
IBOSS	6.813 с	6.548 с	5.488 с
OSS	58.327 с	86.235 с	114.365 с
VALG1	13.877 с	25.819 с	44.737 с

Первая оценивает точность параметров, полученных на подвыборке, в сравнении с полной моделью, вторая — относительную информационную насыщенность подвыборки.

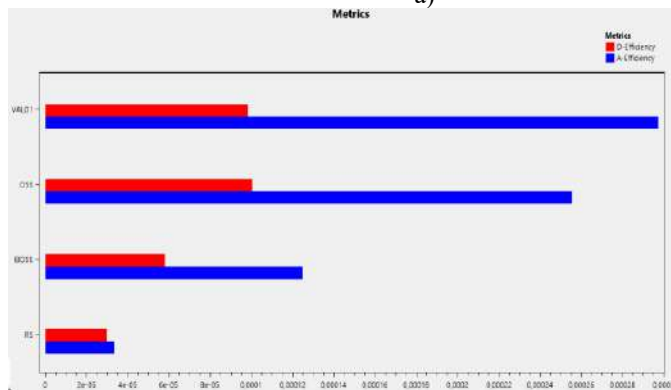
Анализ результатов эксперимента с использованием реальных данных позволил получить более детальное понимание работы алгоритмов отбора подвыборок в практических условиях. Метод VALG1 продемонстрировал высокую эффективность, подтверждая свои преимущества, выявленные на синтетических данных. Несмотря на то, что по критерию D-эффективности VALG1 несколько уступил методу OSS, разница оказалась небольшой и незначительно влияет на качество конечных оценок параметров (см. Рисунок 1)

В работе показано, что использование информативных подвыборок является эффективным подходом для построения линейных регрессионных моделей в условиях больших данных. Применение методов, учитывающих структуру исходных данных, таких как IBOSS, OSS и VALG1, позволяет значительно повысить точность оценивания коэффициентов по сравнению со случайной выборкой, при этом сокращая вычислительные затраты. Среди рассматриваемых методов VALG1 демонстрирует наилучший баланс между точностью, устойчивостью и временем выполнения. Полученные результаты подтверждают, что подходы построения оценочных подмножеств могут успешно применяться в различных областях науки и практики, включая

экономику, биоинформатику, транспортные системы и инженерные исследования, где работа с большими объемами данных требует эффективных и надежных методов анализа.



а)



б)

Рис. 1 - Метрики для выборки из реальных данных
при а) $k=100$ б) $k=200$

Литература:

1. Айвазян С. А., Мхитарян В. С. Прикладная статистика и основы эконометрики. — М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. — 1022 с.
2. Seber G. A. F., Lee A. J. Linear Regression Analysis. — 2nd ed. — Wiley, 2003. — 912 p.

3. Крамер Г. Математические методы статистики: Пер. с англ. / Под ред. А.Н. Колмогорова. - М.: Мир, 1975. - 648 с.
4. Dong Y., Yang J. Iteratively reweighted least squares for robust regression via SVM and ELM [Electronic resource]. arXiv preprint, 2019. URL: <https://arxiv.org/abs/1903.11202> (accessed: 23.11.2025).
5. Адлер Ю. П., Маркова Е. В., Грановский Ю. В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. - М.: Наука, 1976. - 280 с.
6. Фёдоров В. В. Теория оптимального планирования эксперимента. — М.: Наука, 1971. — 312 с.
7. Hooks T., Marx D., Kachman S., Pedersen J. Optimality Criteria for Models with Random Effects // Revista Colombiana de Estadística. — 2009. — Vol. 32, № 1. — P. 17–31.
8. Ивченко Г. И., Медведев Ю. И. Математическая статистика: Учебник. — М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2014 — 352 с.
9. Li Q., Fan J., Lv J. Multimodal Linear Regression: Modeling and Applications [Electronic resource] // arXiv preprint. — 2023. — Vol. arXiv:2308.12691. — URL: <https://arxiv.org/pdf/2308.12691> (accessed: 23.11.2025).
10. Wang X., Yang W., Leng C. Information-Based Optimal Subdata Selection for Big Data Linear Regression [Electronic resource] // Journal of the American Statistical Association. — 2018. — Т. 113, № 522. — С. 829–844. — URL: https://ossifragus.github.io/pdfs/IBOSS_Linear.pdf (accessed: 25.11.2025).
11. Wang M., Wang X., Yang W. Optimal Subsampling for Large Sample Logistic Regression [Electronic resource] // arXiv preprint. — 2021. — Vol. arXiv:2105.14647. — URL: <https://arxiv.org/pdf/2105.14647> (accessed: 27.11.2025).
12. Lu S., Wang X., Wu Y. Subdata Selection for Big Data Regression: An Improved Approach [Electronic resource] // Journal of Data Science and Statistical Visualization. — 2021. — Т. 3, № 2. — С. 78–89. — URL: <https://jdssv.org/index.php/jdssv/article/view/78/57> (accessed: 21.11.2025).
13. Flashgordon. USA Airport Dataset [Electronic resource] // Kaggle. — URL: <https://www.kaggle.com/datasets/flashgordon/usa-airport-dataset> (accessed: 22.11.2025).

ДИАГНОСТИКА ПАТОЛОГИЙ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ ЦЕПИ ПОЗВОНОЧНИКА НА ОСНОВЕ КООРДИНАТ РЕПЕРНЫХ ТОЧЕК ПОЗВОНКОВ

А. А. Ерошенко, В. С. Тимофеев
Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, artiom.inety@gmail.com
Научный руководитель: Тимофеев В. С.

В работе рассматривается задача формализации и автоматизации анализа кинематической цепи позвоночника. Предложена методика расчета комплекса линейных и угловых характеристик тел позвонков, межпозвонковых дисков, а также отделов позвоночника в сагиттальной и фронтальной плоскостях. Введена система индексации параметров, позволяющая структурировать диагностические данные.

The objective of this paper is to formulate a problem for automating and analyzing the kinematic chain of vertebrae. A method for calculating complexes of linear and angular characteristics of vertebral bodies, intervertebral discs, and spinal sections in the sagittal and frontal planes is proposed. A parameter indexing system capable of structuring diagnostic data is introduced.

Непосредственная интерпретация координат реперных точек представляет сложность для диагностики позвоночника. Для решения данной задачи необходим переход к описанию геометрии кинематической цепи позвоночника и формированию диагностических заключений, интерпретируемых врачами-вертебрологами.

При расчёте линейных и угловых характеристик используется известная прямоугольная система координат, в которой изменение угловых величин 1-ой и 2-ой четвертей имеют положительное значение, а 3-ей и 4-ой четвертей – отрицательное: $-\pi \leq \varphi \leq \pi$.

Начало системы координат располагается в вентральной точке замыкательной пластинки позвонка S1, номер позвонка будем обозначать буквой $i = \overline{1, 24}$, а сама нумерация будет производиться от S1 к C2.

Для систематизации рентгенологических проявлений патологий и формирования базы данных вводится унифицированная индексация анализируемых параметров. Идентификатор параметра имеет следующую структуру: <проекция>.<объект>.<имя>.<параметр>, где <проекция> определяет плоскость снимка (sg – сагиттальная плоскость, fr – фронтальная плоскость); <объект> тип анатомической структуры (v – тело позвонка, d – межпозвонковый диск, sg – отдел позвоночника, sp – позвоночник целиком); <имя> анатомическое обозначение (например,

L5 для тела позвонка L5, L4-L5 для диска, Th1-Th12 для отдела, sp – позвоночник целиком; <параметр> - порядковый номер анализируемого параметра из текста далее.

Ниже приведен перечень рассчитываемых параметров для тел позвонков:

1. Саггитальный и фронтальный размеры покровной замыкательной пластинки

$$V_{s_i} = \sqrt{(x_{2,i} - x_{3,i})^2 + (y_{2,i} - y_{3,i})^2} \quad (1)$$

2. Саггитальный и фронтальный размеры базальной замыкательной пластинки

$$V_{c_i} = \sqrt{(x_{1,i} - x_{4,i})^2 + (y_{1,i} - y_{4,i})^2} \quad (2)$$

3. Вертикальный размер тела позвонка по переднему контуру

$$H_{b_i} = \sqrt{(x_{1,i} - x_{2,i})^2 + (y_{1,i} - y_{2,i})^2} \quad (3)$$

4. Вертикальный размер тела позвонка по заднему контуру

$$H_{d_i} = \sqrt{(x_{3,i} - x_{4,i})^2 + (y_{3,i} - y_{4,i})^2} \quad (4)$$

5. Угол клиновидности тела позвонка

$$\psi_i = \arccos \frac{(x_{2,i} - x_{1,i})(x_{3,i} - x_{4,i}) + (y_{2,i} - y_{1,i})(y_{3,i} - y_{4,i})}{H_{b_i} H_{d_i}} \quad (5)$$

6. Угол наклона переднего контура тела позвонка к оси Y

$$\varphi_{b_i} = \arctan \frac{x_{1,i} - x_{2,i}}{y_{1,i} - y_{2,i}} \quad (6)$$

7. Угол наклона верхней замыкательной пластинки позвонка к оси Y

$$\varphi_{v_i} = \arctan \frac{x_{2,i} - x_{3,i}}{y_{2,i} - y_{3,i}} \quad (7)$$

8. Угол наклона нижней замыкательной пластинки позвонка к оси Y

$$\varphi_{n_i} = \arctan \frac{x_{1,i} - x_{4,i}}{y_{1,i} - y_{4,i}} \quad (8)$$

В случае с межпозвонковыми дисками рассчитываются:

1. Угол между телами позвонков

$$\gamma_{b_i} = \varphi_{b_i} - \varphi_{b_{i+1}} \quad (9)$$

2. Высота диска спереди

$$D_{b_i} = \sqrt{(x_{1,i+1} - x_{2,i})^2 + (y_{1,i+1} - y_{2,i})^2} \quad (10)$$

3. Высота диска сзади

$$D_{d_i} = \sqrt{(x_{4,i+1} - x_{3,i})^2 + (y_{4,i+1} - y_{3,i})^2} \quad (11)$$

4. Угол клиновидности диска

$$\delta_i = \arccos \frac{(x_{1,i+1} - x_{2,i})(x_{4,i+1} - x_{3,i}) + (y_{1,i+1} - y_{2,i})(y_{4,i+1} - y_{3,i})}{D_{b_i} D_{d_i}} \quad (12)$$

5. Линейное смещение верхнего позвонка относительно нижнего в плоскости диска

$$S_i = \frac{(x_{1,i+1} - x_{2,i})(x_{3,i+1} - x_{2,i}) + (y_{1,i+1} - y_{2,i})(y_{3,i+1} - y_{2,i})}{V_{s_i}} \quad (13)$$

6. Угловое смещение верхнего позвонка относительно нижнего в плоскости диска

$$\omega_i = \arccos \frac{(x_{1,i+1} - x_{2,i})(x_{3,i+1} - x_{2,i}) + (y_{1,i+1} - y_{2,i})(y_{3,i+1} - y_{2,i})}{D_{b_i} V_{s_i}} \quad (14)$$

7. Угол между передним контуром позвонка L5 и замыкательной пластинкой S1

$$\gamma_s = \arccos \frac{(x_{2,2} - x_{1,1})(x_{3,2} - x_{2,1}) + (y_{2,2} - y_{1,1})(y_{3,2} - y_{2,1})}{\sqrt{(x_{2,2} - x_{1,1})^2 + (y_{2,2} - y_{1,1})^2} \cdot \sqrt{(x_{3,2} - x_{2,1})^2 + (y_{3,2} - y_{2,1})^2}} \quad (15)$$

Далее переходим к расчёту параметров отделов позвоночника. В сагиттальной плоскости анализируются стандартные отделы C3-C7, Th1-Th12, L1-L5, Th1-L5 и произвольные, а во фронтальной плоскости только произвольные. Для определения произвольных отделов на основе центральной линии позвоночника предлагается следующий алгоритм:

Пусть данная линия задаётся параметрически - $s_x(t), s_y(t)$, где $t \in [0, L]$, $L > 0$, тогда при проходе очередного позвонка

$$1. \text{ Вычисляется } \Delta_i = \left| \int_{t_b}^{t_{u,i}} \frac{s'_x s''_y + s'_y s''_x}{\left((s'_x)^2 + (s'_y)^2 \right)^{3/2}} dt \right|, \text{ где } t_{u,i} - \text{ параметр,}$$

соответствующий верхней замыкательной пластинке i -го позвонка, а t_b - параметр, соответствующий нижней замыкательной пластинке начального позвонка текущего отдела (изначально $t_b = 0, \Delta_0 = 0$).

2. Если $\Delta_i \geq \Delta_{i-1}$, то шаг 1 повторяется для $i+1$, иначе фиксируем начальный и конечный позвонки данного отдела, t_b устанавливаем равным значению нижней замыкательной пластинки следующего позвонка, Δ_i устанавливаем равным 0, и алгоритм повторяется.

После определения границ отделов выполняется их аппроксимация дугой окружности:

$$x^2 + Ax + y^2 + By + C = 0 \quad (16)$$

Коэффициенты A, B, C находятся из решения нормальной СЛАУ

$$U = (W^T W)^{-1} (W^T V)$$

$$U = (C, A, B)^T, W = \begin{pmatrix} 1 & x_1 & y_1 \\ 1 & x_2 & y_2 \\ \dots & \dots & \dots \\ 1 & x_n & y_n \end{pmatrix}, V = \begin{pmatrix} -x_1^2 - y_1^2 \\ -x_2^2 - y_2^2 \\ \dots \\ -x_n^2 - y_n^2 \end{pmatrix} \quad (17)$$

На основе полученных значений рассчитываются:

1. Радиус дуги

$$R_{i,n} = \frac{1}{2} \sqrt{A^2 + B^2 - 4C} \quad (18)$$

2. Длина хорды дуги

$$L_{i,n} = \sqrt{(x_{1,i} - x_{2,i+n})^2 + (y_{1,i} - y_{2,i+n})^2} \quad (19)$$

3. Угол наклона хорды дуги

$$\varphi_{i,n} = \arctan \frac{x_{2,i+n} - x_{1,i}}{y_{2,i+n} - y_{1,i}} \quad (20)$$

При анализе позвоночника в целом выделяется:

1. Проекция общего геометрического центра модели

$$X = \frac{L_{2,16} \sin \varphi_{2,16}}{2} \quad (21)$$

В ходе работы были формализованы основные геометрические параметры позвоночника и методы их расчёта, необходимые для автоматической диагностики рентгенологических проявлений патологий позвоночника. Используя предложенный формат идентификации можно автоматически составлять коды диагнозов и текст описания рентгенологического обследования, на основе нормативных значений. Также можно формировать базу пациентов с верифицированными патологиями.

Литература

1. Ерощенко А. А. Сегментация x-гау изображений позвоночника с использованием нейронных сетей // Наука. Технологии. Инновации: сборник научных трудов в 8 ч. / под редакцией Е. В. Захаровой. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2025. – Ч. 1. – С. 344–348. – ISBN 978-5-7782-5343-8 (Ч. 1).
2. Гладков А. В., Комиссаров В. В. Математическое моделирование опорно-двигательного аппарата / Новосиб. гос. техн. ун-т. – Новосибирск, 2023. – 114 с.
3. Гладков А. В., Комиссаров В. В. Особенности математического трехмерного моделирования позвоночника / Новосиб. гос. техн. ун-т. – Новосибирск, 2024. – 76 с.
4. Рерих В. В., Ханаев А. Л., Симонович А. Е. Новый биомеханический подход к оценке деформаций позвоночника // VII съезд травматологов-ортопедов России : тезисы докладов : в 2 т. — Новосибирск, 2002. — Т. 1. — С. 131-132.
5. Гладков А. В. Клинико-биомеханический анализ в оптимизации диагностики и лечения деформаций позвоночника: автореф. дис. д-ра мед. наук: 01.02.08 / Гладков Александр Вячеславович. – Новосибирск, 1997. – 41 с.

ВЫЯВЛЕНИЕ ПАТТЕРНОВ В МУЛЬТИАТРИБУТИВНЫХ ТРАНЗАКЦИЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ

К. А. Ершова, А. Ю. Тимофеева

Новосибирский государственный технический университет

г. Новосибирск, ershova.2021@stud.nstu.ru

Научный руководитель: Тимофеева А. Ю.

В работе проводится анализ мультиатрибутивных транзакций продаж с использованием алгоритма Apriori. Целью исследования является выявление значимых паттернов совместных покупок на основе частых наборов и ассоциативных правил. В ходе анализа 578 транзакций было найдено 41 правило с повышенными значениями confidence и lift. Представлены ключевые результаты, а также обсуждаются ограничения метода и направления дальнейшего развития.

This study analyzes multi-attribute retail transactions using the Apriori algorithm. The goal is to identify significant co-purchase patterns based on frequent itemsets and association rules. From 578 transactions, 41 high-confidence rules were extracted. Key results, limitations of the method, and potential improvements are discussed.

Настоящая работа посвящена анализу мультиатрибутивных транзакций продаж с использованием методов интеллектуального анализа данных и алгоритма Apriori. Целью исследования является выявление статистически значимых паттернов совместных покупок на основе частых наборов и ассоциативных правил. На основе 578 реальных транзакций было выделено 41 правило с повышенной confidence и lift. Работа ориентирована на применение методов машинного обучения для анализа разреженных бинарных данных и построения интерпретируемых моделей совместных покупок.

Анализ ассоциативных правил является классическим направлением data mining и широко используется в задачах рекомендательных систем, прогнозирования потребительского поведения и оптимизации ассортимента [1]. Транзакционные данные представляют собой разреженную матрицу вида $X \in \{0,1\}^{N \times M}$, где N — число транзакций,

M — число товаров, а элементы матрицы определяются как:

$$X_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если товар } j \text{ присутствует в транзакции } i, \\ 0, & \text{иначе.} \end{cases}$$

В работе использованы 578 транзакций, включающие 97 уникальных товаров. После группировки позиций по идентификатору чека выполнено бинарное кодирование с помощью TransactionEncoder, что соответствует этапу предварительной обработки данных в ML-pipeline [3].

Алгоритм Apriori реализует принцип анти-монотонности: если набор A является частым, то любое подмножество $B \subset A$ также частое.

Поддержка набора определяется выражением:

$$\text{support}(A) = \frac{|\{t \in T: A \subseteq t\}|}{N},$$

где T — множество транзакций.

Ассоциативные правила вида $A \rightarrow B$ оцениваются через меры качества:

$$\text{confidence}(A \rightarrow B) = \frac{\text{support}(A \cup B)}{\text{support}(A)},$$

$$\text{lift}(A \rightarrow B) = \frac{\text{support}(A \cup B)}{\text{support}(A) \cdot \text{support}(B)}.$$

Метрика lift отражает, насколько вероятность покупки товара *B* увеличивается при наличии в корзине набора *A*, что делает её ключевой для интерпретаций [4]. Порог минимальной поддержки был установлен как 0.01, что позволило сформировать 224 правила, из которых 41 удовлетворили ограничениям $\text{confidence} \geq 0.2$ и $\text{lift} \geq 1.1$.

Гистограммы распределений метрик confidence и lift (рисунок 1) показывают, что большая часть правил характеризуется низкой уверенностью, что объясняет значительное сокращение итогового множества правил после применения порогов.

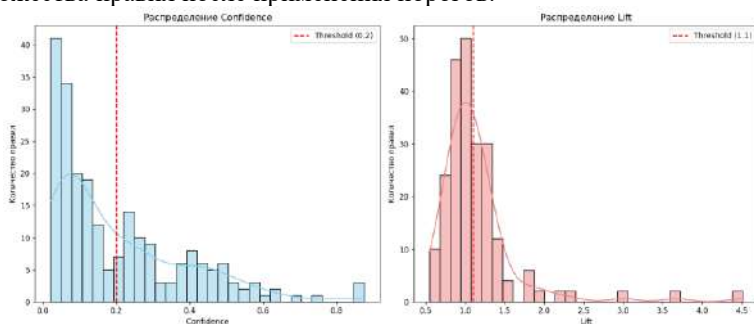


Рис. 1 — Распределение метрик Confidence и Lift для всех ассоциативных правил. Красными пунктирными линиями обозначены пороги 0.2 и 1.1.

Наиболее значимые правила укладываются в логичные и устойчивые потребительские паттерны. Наиболее сильными являются:

- {Чай в ассортименте, СОК 250 мл} → {Spaten}, "confidence"=0.875, "lift"=1.86
- {Эспрессо} → {Чай в ассортименте}, "confidence"=0.857, "lift"=3.67
- {Praga Premium Pils, Облепиха-вишня} → {Spaten}, "confidence"=0.857, "lift"=1.82

Полученные правила демонстрируют как очевидные связи (частые сочетания горячих напитков), так и неочевидные ассоциации, что согласуется с современными исследованиями по интерпретируемому анализу транзакций [2].

С позиции машинного обучения ассоциативные правила могут рассматриваться как интерпретируемая модель, отражающая структуру зависимости между признаками. Частые наборы могут использоваться как признаки высокого уровня (high-level features) в моделях прогнозирования спроса, пользовательского поведения и

рекомендательных систем. Современные работы предлагают интегрировать Apriori-подобные методы с нейросетевыми архитектурами и автоэнкодерами, что улучшает способность моделей выявлять скрытые паттерны в разреженных транзакционных данных [3].

Алгоритм Apriori имеет ряд ограничений: высокая вычислительная сложность при росте числа товаров, необходимость ручной настройки порогов поддержки и уверенности, отсутствие учёта количественных характеристик транзакций. Возможные направления совершенствования включают использование FP-Growth, применение методов глубокого обучения для автоматической генерации правил [3], а также расширение анализа на модели временных рядов и последовательные модели (sequential/temporal pattern mining) [4].

Таким образом, методы анализа ассоциативных правил в сочетании с современными ML-подходами позволяют выявлять интерпретируемые и практически значимые паттерны потребительского поведения. Результаты исследования могут быть использованы для оптимизации мерчендайзинга, построения персонализированных рекомендаций и повышения среднего чека.

Литература:

1. Мансырова Ш. З. Применение интеллектуального анализа данных в производстве // Актуальные исследования. — 2024.
2. Díaz-García J. A. et al. A Survey on the Use of Association Rules Mining Techniques in Textual Social Media // Artificial Intelligence Review. — 2022.
3. Berteloot T., Khoury R., Durand A. Association Rules Mining with Auto-Encoders. arXiv, 2023.
4. Al Shehabi S., Baba A. MARC: Mining Association Rules from Datasets Using Clustering Models. arXiv, 2021.

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ В ЗАДАЧЕ СОСТАВЛЕНИЯ РАСПИСАНИЙ МЕЖСПУТНИКОВЫХ СЕАНСОВ СВЯЗИ

А. А. Кривецкий, В. С. Карманов
Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, kriveczkij.2020@stud.nstu.ru
Научный руководитель: Карманов В. С.

Рассмотрен подход к решению задачи составления межспутниковых сеансов связи на основе генетических алгоритмов. Приведено описание

алгоритма, сравнение с ранее разработанными алгоритмами и вычислительные эксперименты с результатами для случайных входных данных.

An approach to solving the problem of establishing inter-satellite communication sessions based on genetic algorithms is considered. A description of the algorithm, a comparison with previously developed algorithms, and computational experiments with results for random input data are provided.

Введение

В настоящее время широко распространено использование глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) во многих областях науки и техники. Остается актуальной задача уточнения геопозиционирования. При решении этой задачи возникают некоторые идеи, как например, более оперативное обновление бортовой информации каждого космического аппарата (КА).

В данный момент, такая операция выполняется с помощью Наземных комплексов управления (НКУ), которые проводят сеансы связи с каждым КА на орбите.

Такой подход обладает рядом больших недостатков, однако их можно компенсировать, установив на КА межспутниковые оптические линии связи (МОЛС), позволяющие спутникам передавать сигналы друг другу. Таким образом, можно связавшись всего с одним аппаратом распространить информацию по всей группировке.

Однако, при таком подходе необходимо заранее известное расписание для каждого КА, когда и с кем ему выходить на связь. В работе [1] рассмотрены вопросы вычисления сеансов доступности. Сеансы связи между произвольной парой КА не всегда доступны, по причине засвета приемников и передатчиков солнечным светом. В этой же работе приведен базовый алгоритм составления расписаний, относящийся к классу «жадных». В данной задаче, такой алгоритм не может обеспечивать оптимальность составленных расписаний.

Предлагается использование эволюционных алгоритмов, а именно генетических.

Базовый алгоритм (БАПСС) и его модификация (МАПСС) представлены в работе [2]. Они относятся к классу жадных и минимизируют разработанную целевую функцию.

Постановка задачи

Рассмотрим постановку задачи, в которой необходимо максимизировать количество сеансов за фиксированное время, при таком подходе стоит учитывать и равномерность сеансов по ОГ. То есть, как можно больше КА должны провести сеансы измерений. Для такого условия можно ввести критерий:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{card } C^- \rightarrow \min, \\ \sum_{i,j \in C^+} c_{i,j} \rightarrow \max. \end{array} \right. \Rightarrow \Xi = \frac{\gamma + (\text{card } C^-)}{\sum_{i,j \in C^+} c_{i,j}} \rightarrow \min \quad (1)$$

В введенных обозначениях C^- – конечное множество пар, для которых сеансы не проведены (например, антиподные пары), C^+ – конечное множество пар (i, j) , для которых проведен хотя бы один сеанс связи, $\text{card } C^-$ – мощность множества (количество элементов) C^- , $c_{i,j}$ – количество сеансов для пары (i, j) , γ – параметр регуляризации.

Рассмотрим математическую постановку задачи:

По заданным интервалам доступности связи (видимости), представленных в виде таблицы V , составить расписание с наименьшим значением критерия (1). У каждого из N абонентов установлено M терминалов двусторонней связи. Сеанс проводится за время t .

Генетический алгоритм

Для многих задач дискретной оптимизации или оптимизации на перестановках, генетические алгоритмы (ГА) дают весьма неплохой результат [3]. Основная идея алгоритма заключается в использовании механизмов, аналогичных естественному отбору в природе.

Общую структуру генетического алгоритма можно представить следующим образом:

Шаг 1. Генерация начальной популяции

Шаг 2. Скрещивание и/или мутация

Шаг 3. Селекция

Шаг 4. Формирование нового поколения

Шаг 5. Если результат неудовлетворительный, то вернуться на шаг 2, иначе алгоритм завершен.

Базовый генетический алгоритм может включать в себя большое количество механизмов, с помощью которых, можно достичь различных результатов. Например, на этапе скрещивания и мутации (шаг 2), можно генерировать несколько потомков (Многодетный генетический алгоритм [4]), или при скрещивании получать несколько потомков от одного родителя.

В качестве начальной популяции рассмотрим планы, составленные алгоритмом Монте-Карло. На этапе скрещивания, могут возникать ситуации, в которых установленные интервалы могут конфликтовать друг с другом, так как у каждого абонента ограниченное число терминалов связи.

Рассмотрим каждый этап алгоритма, учитывая особенности поставленной задачи.

1. Генерация начальной популяции.

Как говорилось ранее, в качестве начальной популяции рассмотрим сгенерированные случайным образом планы (алгоритмом Монте-Карла).

2. Скрещивание, мутация и селекция

Предлагается использование одноточечного скрещивания. В двух планах-родителях выбирается разделительная точка во времени и план-потомок унаследует левую часть от первого родителя, а правую от второго.

При таком подходе могут возникнуть конфликтные интервалы. Предлагается удаление таких интервалов.

Установка сеансов в удаленные интервалы может рассматриваться как мутация (потомок не полностью наследует параметры родителей). Для заполнения этих интервалов можно воспользоваться любыми из предложенных ранее алгоритмов (БАПСС, МАПСС или Монте-Карло [5]). При проведении вычислительных экспериментов использовался алгоритм БАПСС.

Ключевой особенностью такого подхода к скрещиванию, является то, что мутация неизбежна и является «естественной».

3. Формирование нового поколения и селекция

К скрещиванию допускаются только особи, чья функция приспособленности имеет наибольшее значение. Для сохранения изначального размера популяции, скрещиваются 2/3 лучших представителей популяции, заменяя собой оставшуюся треть неприспособившихся особей.

Вычислительные эксперименты

Для сравнения алгоритмов, необходимо провести ряд вычислительных экспериментов. Сравним алгоритмы на случайно сгенерированных входных данных.

Составим случайные матрицы видимости, путем генерирования интервалов. Рассмотрим следующие параметры:

Количество абонентов: 6, количество пар: 15, терминалов связи у каждого абонента: 1, длина интервала планирования: 4. Параметр регуляризации минимизируемого функционала: $\gamma = 2$. Для генетического алгоритма: количество особей: 120, количество запусков: 5, шагов эволюции: 100.

На рисунке 1 приведен график значений функционалов для основных алгоритмов.

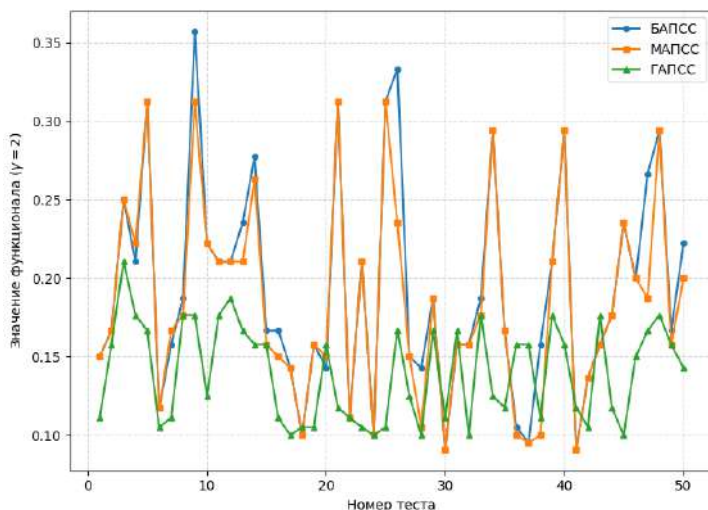


Рис. 1 – значения функционала при различных тестах.

На рисунке видно, что генетический алгоритм гораздо чаще строит расписание лучше, чем базовый и модифицированный алгоритмы. Для увеличения этой частоты необходимо увеличивать размеры популяции, число запусков и прочие параметры.

Представленные результаты позволяют сделать вывод о том, что генетический алгоритм отлично подходит для решения поставленной задачи. Однако, требует гораздо больше вычислительных ресурсов, чем БАПСС, МАПСС и алгоритм Монте-Карло, что не является большой проблемой в современных условиях.

Заключение

Разработанные алгоритмы позволяют более детально изучить задачу планирования сеансов связи для пар абонентов, по заранее известным интервалам доступности. Задача является NP-трудной, поэтому крайне затруднительно подобрать алгоритм, который будет выдавать решения, соответствующие глобальному оптимуму.

Разработанное программное обеспечение позволяет сравнивать различные алгоритмы между собой, выявляя сильные и слабые стороны каждого.

Литература:

1. Кривецкий А. А. Моделирование эфемерид перспективных космических аппаратов / А. А. Кривецкий // Наука. Технологии. Инновации: Сборник научных трудов XVII Всероссийской научной

конференции молодых ученых. В 11-ти частях, Новосибирск, 04–08 декабря 2023 года. – Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2024. – С. 62-66.

2. Кривецкий А. А. Алгоритм планирования сеансов измерений для навигационных космических аппаратов / А. А. Кривецкий, В. С. Карманов // Наука. Технологии. Инновации: Сборник научных трудов XVIII Всероссийской научной конференции молодых ученых. В 8-ми частях, Новосибирск, 02–06 декабря 2024 года. – Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2025. – С. 278-282.

3. Шегай М. В., Попова Н. Н. Генетический алгоритм оптимизации путевод-ных деревьев //Вестник Московского университета. Серия 15. Вычислительная математика и кибернетика. – 2023. – №. 1. – С. 54-61.

4. Wang J. et al. Multi-offspring genetic algorithm and its application to the traveling salesman problem //Applied soft computing. – 2016. – Т. 43. – С. 415-423.

5. Кривецкий А. А. Сравнение алгоритмов планирования межспутниковых сеансов измерений / А. А. Кривецкий, В. С. Карманов // Дни науки НГТУ-2025: Материалы научной студенческой конференции / под ред. Е. В. Захаровой. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2025. – 255 с

МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ТОВАРНЫМИ ЗАПАСАМИ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ СПРОСА

Е. А. Микерин, А. В. Фаддеев

**Заполярный государственный университет им. Н.М. Федоровского,
г. Норильск, evgeniy385@mail.ru**

Научный руководитель: Фаддеев А. В.

Работа посвящена разработке многокритериальной модели управления товарными запасами для торговых предприятий, функционирующих в условиях неопределенности спроса. Предложена интегрированная модель, объединяющая методы нелинейной оптимизации, нечеткой логики и адаптивного прогнозирования. Тестирование на данных торгового предприятия с оборотом 13,08 млрд руб. показало снижение общих затрат на 21,7% при повышении уровня обслуживания до 96,6%.

The work is devoted to the development of a multi-criteria inventory management model for trading enterprises operating in conditions of uncertain demand. An integrated model combining methods of nonlinear optimization, fuzzy logic and adaptive forecasting is proposed. Testing on data from a trading company with a

turnover of 13.08 billion rubles showed a 21.7% reduction in total costs while increasing the level of service to 96.6%.

Эффективное управление товарными запасами остается одной из ключевых проблем современной торговли, особенно в условиях высокой волатильности спроса [1]. Анализ данных торгового предприятия за три года показывает значительную дифференциацию товарных категорий по оборачиваемости и рентабельности: от 3,74% наценки на табачные изделия до 133,32% на собственное производство.

Проблема: отсутствие универсальных моделей управления запасами, способных одновременно оптимизировать несколько критериев эффективности в условиях стохастической неопределенности для предприятий с многоассортиментной структурой.

Математическая модель основана на многокритериальной оптимизации с четырьмя целевыми функциями: затраты на управление запасами, потери от дефицита товаров, уровень обслуживания клиентов, оборачиваемость запасов.

Для классификации товаров по их вкладу в общий оборот используется ABC-анализ, а для группировки товаров по стабильности спроса на основе коэффициента вариации применяется XYZ-анализ.

Категориальная сегментация товаров на основе ABC-XYZ анализа фактических данных:

- категория А (высокооборотные): гастроном, бакалея, напитки – 56,8% оборота;
- категория В (среднеоборотные): кондитерские изделия, овощи/фрукты – 22,9% оборота;
- категория С (низкооборотные): остальные категории – 20,3% оборота.

Моделирование учитывает различную волатильность спроса:

- стабильные категории (табачные изделия): коэффициент вариации 0,15;
- умеренно изменчивые (бакалея, гастроном): коэффициент вариации 0,35;
- высоковолатильные (собственное производство): коэффициент вариации 0,65.

Анализ исходных данных выявил значительную неоднородность товарных категорий по ключевым показателям эффективности (Таблица 1).

Применение модели к различным категориям показало дифференцированные результаты улучшений (Рисунок 2):

- высокооборотные товары (гастроном): снижение затрат на 28,4%, рост оборачиваемости на 47,2%;

- среднеоборотные товары (кондитерские): снижение затрат на 19,7%, рост оборачиваемости на 32,6%;
- низкооборотные товары (табачные): снижение затрат на 12,8%, рост оборачиваемости на 19,4%.

Таблица 1 - Характеристики товарных категорий

Категории товаров	Оборот, млрд. руб.	Наценка, %	Скидки, %	Маржа, %
Собственное производство	0,84	133,32	10,94	53,17
Домашний интерьер	0,14	88,33	18,95	45,84
Кондитерские изделия	1,36	56,06	4,33	35,80
Бакалея	1,52	51,84	5,21	33,71
Гастроном	3,73	49,85	4,98	32,96
Табачные изделия	1,05	3,74	0,22	3,59
Напитки	1,69	38,48	3,42	27,62

Экономическая эффективность модели рассчитана на основе фактического оборота (Рисунок 3):

- потенциальная экономия на управлении запасами: 284,3 млн руб./год;
- высвобождение оборотного капитала: 1,97 млрд руб.;
- снижение товарных потерь на 38,9%;
- ROI внедрения модели: 1,247% за первый год.

Парето-анализ выявил, что 20% товарных позиций обеспечивают 68,7% общего оборота, что позволяет сосредоточить основные усилия по оптимизации на ключевых категориях (Рисунок 4).

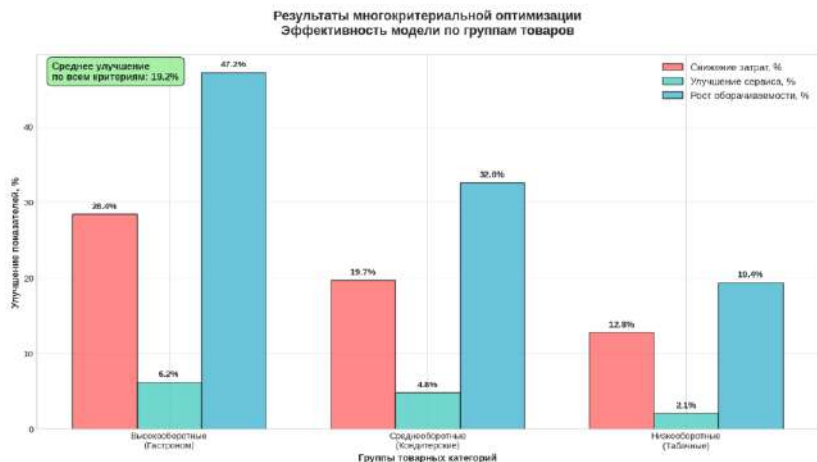


Рис. 2 – Эффективность модели по группам

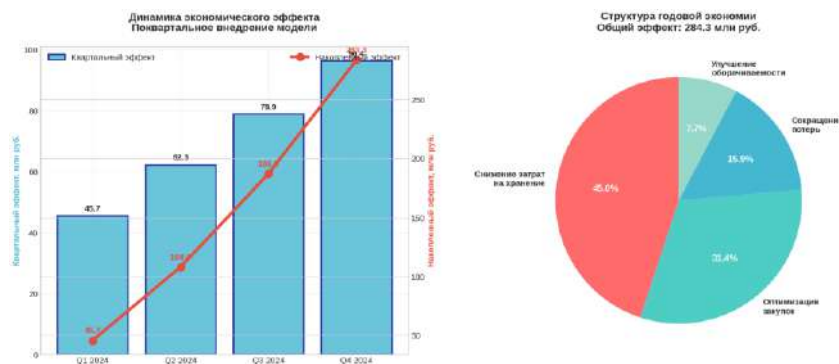


Рис. 3 – Экономическая эффективность

Практические рекомендации для исследуемого торгового предприятия:

1. Приоритизация по категориям:

- первоочередное внедрение для категорий с оборотом >1 млрд руб.;
- особое внимание к высокомаржинальным категориям (собственное производство);
- консервативный подход для низкомаржинальных товаров (табачные изделия).

2. Дифференцированные стратегии:

- для стабильных категорий: модель ЕОQ с корректировками;
- для волатильных категорий: адаптивная модель с нечеткими параметрами;
- для сезонных товаров: динамическая оптимизация.

Масштабирование показало применимость модели для торговых предприятий с оборотом от 500 млн руб. и номенклатурой свыше 1000 позиций.

Разработанная многокритериальная модель управления товарными запасами продемонстрировала высокую эффективность при тестировании на реальных данных торгового предприятия с многомиллиардным оборотом и сложной ассортиментной структурой.

Адаптация модели к специфике различных товарных категорий позволяет достичь значительного экономического эффекта при сохранении высокого уровня обслуживания клиентов.

Результаты исследования готовы к практическому внедрению в торговых предприятиях аналогичного масштаба с многоассортиментной структурой.

Литература:

1. Сергеев В. И. Логистика и управление цепями поставок. М.: Юрайт, 2021. 582 с.
2. Silver E. A., Pyke D. F., Thomas D. J. Inventory and Production Management in Supply Chains. 4th ed. New York: CRC Press, 2021.
3. Волгин В. В. Склад: логистика, управление, анализ. М.: Дашков и К, 2020. 724 с.
4. Chopra S., Meindl P. Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation. 7th ed. Boston: Pearson, 2021.
5. Жилкин В. А. Математические методы в экономике и управлении запасами. СПб.: Лань, 2019. 346 с.

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ИНТЕРНЕТ-МАРКЕТИНГЕ: ОПЫТ МАЛЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Н. А. Миронова, А. В. Фаддеенков

**Заполярный государственный университет им. Н.М. Федоровского,
г. Норильск, mironovaNA@edu.norvuz.ru
Научный руководитель: Фаддеенков А.В.**

В данной статье рассмотрено применение имитационного моделирования для оптимизации рекламных стратегий интернет-предприятий малого и среднего бизнеса. Исследованы теоретические основы интернет-маркетинга и

выявлены проблемы планирования рекламных бюджетов в условиях цифровой экономики. Представлена методика построения имитационной модели в среде AnyLogic, позволяющая определить оптимальное распределение бюджета между разными каналами интернет-продвижения. Приведен детальный анализ результатов моделирования и предложены практические рекомендации для повышения эффективности маркетинговых кампаний.

This article examines the application of simulation modeling for optimizing advertising strategies of small and medium-sized internet enterprises. The theoretical foundations of internet marketing are explored, and the problems of planning advertising budgets in the digital economy are identified. A methodology for building a simulation model in the AnyLogic environment is presented, allowing for the determination of the optimal distribution of the budget across different online promotion channels. A detailed analysis of the simulation results is provided, and practical recommendations for improving the effectiveness of marketing campaigns are proposed.

Цель исследования - разработать и применить имитационную модель рекламной кампании интернет-предприятия с использованием программной среды AnyLogic для оптимизации распределения рекламного бюджета. Основные задачи включают изучение теоретических основ интернет-маркетинга, разработку структурной и математической модели рекламной кампании, проведение оптимизационного эксперимента и формирование практических рекомендаций.

Имитационное (или симуляционное) моделирование — это метод исследования сложных систем путём создания их виртуальных копий (моделей) и воспроизведения их поведения во времени при различных условиях. В отличие от аналитических моделей, имитационные модели позволяют учитывать стохастичность, нелинейность, взаимосвязи между компонентами и динамику изменений, что особенно важно в маркетинге, где поведение потребителей, конкурентов и внешней среды часто непредсказуемо.

AnyLogic — это одна из самых мощных и гибких платформ для имитационного моделирования, разработанная компанией The AnyLogic Company [9].

Алгоритм работы имитационной модели можно представить в виде блок-схемы, иллюстрирующей процесс оптимизации рекламной кампании интернет-предприятия с использованием имитационного моделирования (см. Рис. 1). Основные этапы и действия схемы, следующие:

1. Инициализация модели: Начинается с проверки, моделируемое ли время меньше 5 лет. Если да, то процесс продолжается.

2. Расчет суммарной конверсии: Рассчитывается суммарная конверсия по всем рекламным каналам.

3. Вычисление потока "Оповещение": Определяется поток пользователей, переходящих из состояния "Незнающие" в состояние "Знающие".

4. Расчет потока "Продажи": Рассчитывается поток пользователей, переходящих из состояния "Знающие" в состояние "Покупатели".

5. Обработка повторных покупок: Учитываются повторные покупки через механизм задержки (delay), возвращая клиентов в состояние "Знающие".

6. Начисление расходов на рекламу: Рассчитываются расходы на рекламу, которые накапливаются в переменной "ЗатратыНаРекламу".

7. Проверка ограничения: Проверяется, достигнуто ли ограничение по количеству покупателей ($\geq 10\,000$). Если да, решение допустимо, если нет — решение отклоняется.

8. Сохранение результатов эксперимента: Сохраняются результаты эксперимента, включая затраты на рекламу, динамику накопления покупателей и ключевые метрики.

Эта схема демонстрирует пошаговый процесс моделирования рекламной кампании, позволяющий оптимизировать распределение бюджета и достичь целевых показателей.

Для превращения имитационной модели в инструмент поддержки стратегических решений необходимо провести оптимизационный эксперимент. Цель — минимизировать затраты на рекламу при достижении 10 000 покупателей за 5 лет. В среде AnyLogic создан эксперимент типа Optimization с целевой функцией root.ЗатратыНаРекламу и генетическим алгоритмом, который проведёт 100 итераций для поиска оптимального решения (см. Рисунок 2).

Это распределение указывает на то, что наиболее эффективными для данной модели оказались SMM и баннерная реклама, на которые пришлось более половины всего бюджета. В то же время, такие каналы, как SEO и email-маркетинг, требуют меньших вложений, но играют важную роль в формировании долгосрочного эффекта.

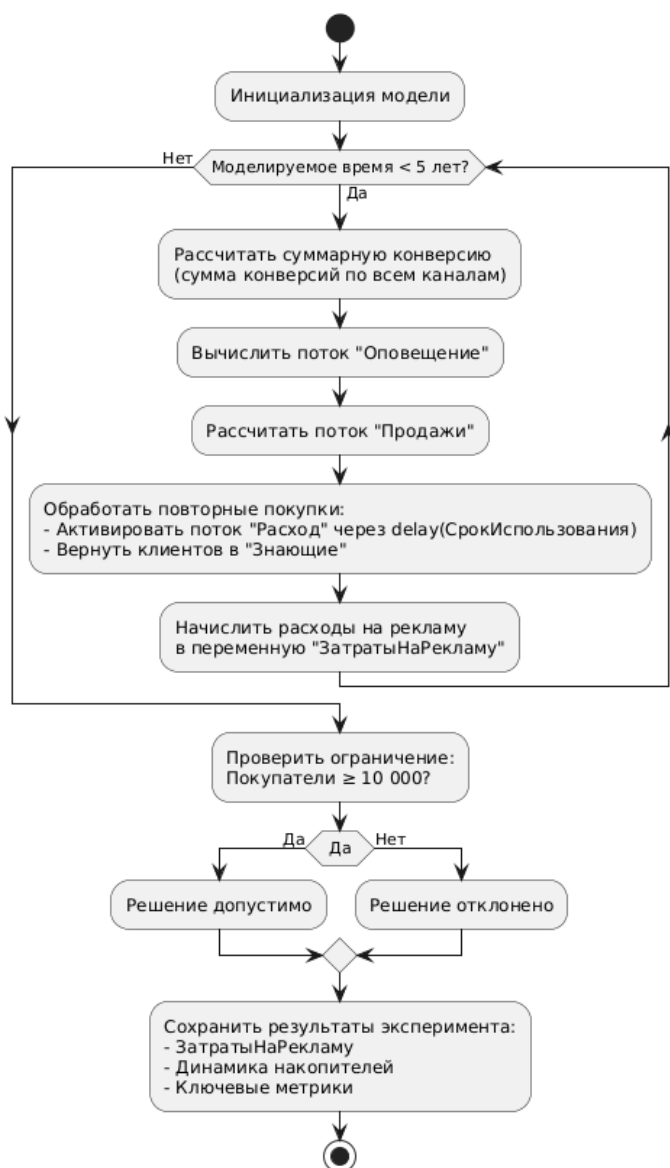


Рис. 1 - Алгоритм работы имитационной модели

Оптимальные расходы на виды рекламы



Рис. 2 - Работа оптимизационного эксперимента

График сходимости оптимизатора наглядно демонстрирует процесс поиска решения: синяя линия отражает улучшение целевой функции (снижение затрат) по мере прохождения итераций, а серые точки — все исследованные решения, большинство из которых не удовлетворяли ограничению (недопустимые решения).

Таким образом, оптимизация позволила не только минимизировать затраты, но и выявить конкретный набор значений для каждого канала, что является практическим руководством к действию для маркетолога.

Литература:

1. Вирин Ф. Ю. Интернет-маркетинг 3.0 / Ф. Ю. Вирин. – М.: Эксмо, 2019. – 464 с.
2. Бабаев А. Г. Интернет-маркетинг: учебник / А. Г. Бабаев. – М.: Юрайт, 2020. – 312 с.
3. Джеффри К. Маркетинг в социальных сетях / К. Джеффри. – СПб.: Питер, 2019. – 272 с.
4. Карпова Н. А. Цифровой маркетинг: учебник / Н. А. Карпова. – М.: ИНФРА-М, 2020. – 320 с.

5. Котлер Ф. Маркетинг 3.0, 4.0 / Ф. Котлер, Х. Картаджайя. – М.: Эксмо, 2020. – 320 с.
6. Купер Р. Веб-аналитика: искусство понимать поведение посетителей вашего сайта / Р. Купер. – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2019. – 384 с.
7. Майлз Л. Контент-маркетинг в социальных сетях: создавайте сообщения, которые продают / Л. Майлз. – СПб.: Питер, 2020. – 288 с.
8. Березовская Е. А. Имитационное моделирование рекламной кампании интернет-предприятия в среде Anylogic / Е. А. Березовская, С. А. Плотников // Международный научный журнал. – 2015. – № 9. – С. 86-90.
9. AnyLogic Simulation Software online. / [Электронный ресурс] / - Режим доступа: <https://www.anylogic.com/>, свободный. — Загл. с экрана. — Яз. англ.
10. Батыршин Р. И. Имитационное моделирование экономических процессов: учебное пособие / Р. И. Батыршин, А. Р. Гатауллин. – Казань: КГТУ, 2019. – 148 с.
11. Волков О. К. Компьютерное моделирование: учебное пособие / О. К. Волков, И. О. Волков. – М.: ИНФРА-М, 2020. – 379 с.
12. Дубров А. М. Моделирование социальных процессов: учебное пособие / А. М. Дубров. – М.: Финансы и статистика, 2018. – 248 с.
13. Загоруйко Н. Г. Прикладные методы анализа данных и знаний / Н. Г. Загоруйко. – Новосибирск: ИМ СО РАН, 2018. – 147 с.
14. Калянов Г. Н. Моделирование бизнеса с помощью ARIS: учебное пособие / Г. Н. Калянов. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2019. – 207 с.
15. Корячко В. П. Теоретические основы и инструменты имитационного моделирования сложных организационно-технических систем / В. П. Корячко, А. А. Столяров. – М.: ИПУ РАН, 2018. – 184 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВЫХ МЕТОДОВ ОЦЕНИВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ МОДЕЛЕЙ С ОШИБКАМИ В ОБЪЯСНЯЮЩИХ ПЕРЕМЕННЫХ

Е. И. Омельницкая, Е. А. Хайленко
Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, omelnitskaya_katya@list.ru
Научный руководитель: Хайленко Е. А.

В работе рассматриваются устойчивые методы оценивания параметров линейных моделей с ошибками в объясняющих переменных. Исследованы

методы ортогональной регрессии, наименьших квадратов синусов и смешанной устойчивой регрессии. Разработан программный комплекс, реализующий указанные методы и обеспечивающий обработку и анализ данных. Показано, что метод смешанной устойчивой регрессии обладает наибольшей устойчивостью к скрытым ошибкам измерений и выбросам.

The study examines robust methods for estimating the parameters of linear models with errors in explanatory variables. The methods of orthogonal regression, least squares of sines, and mixed robust regression are investigated. A software package has been developed to implement these methods and to provide tools for data processing and analysis. The results show that the mixed robust regression method demonstrates the highest stability with respect to hidden measurement errors and outliers.

В задачах анализа структурных зависимостей линейная регрессия остаётся одним из наиболее распространённых инструментов. Вместе с тем классический метод наименьших квадратов чувствителен к ошибкам в объясняющих переменных и выбросам: при наличии неточных измерений параметры модели оказываются смещёнными, а отдельные аномальные наблюдения могут существенно исказить оценку. В таких условиях возникает необходимость применения устойчивых методов, способных корректно восстанавливать параметры модели даже при сильных искажениях входных данных. Для решения этой проблемы в работе были рассмотрены три устойчивых метода оценивания параметров линейных моделей.

Метод ортогональной регрессии (Orthogonal Regression, OR) минимизирует сумму квадратов перпендикулярных расстояний от точек до регрессионной прямой:

$$\sum_{i=1}^N d_{OR_i}^2 = \sum_{i=1}^N \frac{(y_i - \hat{y}_i)^2}{1 + \beta^2},$$

где $d_{OR_i}^2$ – это расстояние от i -той точки наблюдения до линии регрессии/гиперплоскости, y_i – наблюдаемые значения, а $\hat{y}_i$ – предсказанные.

Метод наименьших квадратов синусов (Least Sine Squares, LSS) является методом, минимизирующий сумму квадратов синусов углов между векторами истинного отклонения и гиперплоскостью модели:

$$SS_{LSS} = \sum_{i=1}^N \sin^2 \varphi_i = \sum_{i=1}^N \frac{d_{OR_i}^2}{R_i^2},$$

где φ_i – угол между линией, соединяющей точку данных с центром масс и подобранной линией, $d_{O_{R_i}}^2$ – ортогональное расстояние от каждой точки до линии регрессии, R_i^2 – расстояние от каждого наблюдения до центра масс.

Метод смешанной устойчивой регрессии (Robust Compound Regression, RCR) – это семейство линейных регрессионных методов, параметризуемое вектором весов $\gamma = (\gamma_0, \dots, \gamma_p)^T$ с условием

$$\sum_{j=0}^p \gamma_j = 1, 0 \leq \gamma_j \leq 1$$

Здесь γ_0 отвечает за вес вертикальных ошибок, а $\gamma_j, j = 1, \dots, p$ – за вес горизонтальных отклонений.

Обозначим через $\hat{X}_i$ и $\hat{Y}_i$ – предсказанные значения X_i и Y_i , R_i – робастное расстояние i -го наблюдения до центра масс. Метод смешанной устойчивой регрессии минимизирует взвешенное среднее значение суммы квадратов взвешенных вертикальных и взвешенных горизонтальных расстояний:

$$SS_{RCR} = \gamma_0 \sum_i^N \frac{(Y_i - \hat{Y}_i)^2}{R_i^2} + \gamma_1 \sum_i^N \frac{(X_{1i} - \hat{X}_{1i})^2}{R_i^2} + \dots + \gamma_p \sum_i^N \frac{(X_{pi} - \hat{X}_{pi})^2}{R_i^2}.$$

Для оценки практической эффективности вышеперечисленных методов они были применены к реальному общедоступному набору данных «Student Habits vs Academic Performance», содержащему сведения о 1000 студентах и влиянии их привычек на результаты экзаменов.

Из всего множества признаков для построения регрессионных моделей были выбраны в качестве отклика итоговая оценка студента за экзамен, а за факторы были взяты количество часов сна в сутки, отведённые учёбе часы в течение дня, процент посещения занятий, а также время, проводимое в социальных сетях и развлекательных сервисах.

Таким образом мы получаем модель вида

$$y_i = \theta_0 + \theta_1 x_{i1} + \theta_2 x_{i2} + \theta_3 x_{i3} + \theta_4 x_{i4} + \theta_5 x_{i5},$$

где y_i – exam_score (итоговый балл за экзамен), x_{i1} – sleep_hours (количество часов сна), x_{i2} – study_hours_per_day (часы, отведённые

учебе в день), x_{i3} – attendance_percentage (процент посещения занятий), x_{i4} – social_media_hours (среднее количество часов в социальных сетях в день), x_{i5} – netflix_hours (среднее количество часов на просмотре Netflix).

Оценка качества моделей происходила с помощью коэффициента детерминации:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2}, \quad \bar{y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i,$$

где y_i – истинное значение отклика, $\hat{y}_i$ – предсказанное моделью значение, $\bar{y}$ – среднее по всем y_i . R^2 показывает, какую долю общей дисперсии зависимой переменной объясняет построенная модель.

Таблица 1 – Оценки параметров линейной модели и коэффициент детерминации R^2

Метод	θ_0	θ_1	θ_2	θ_3	θ_4	θ_5	R^2
OR	15.715	10.889	-3.141	-2.507	2.375	0.146	0.747
LSS	11.623	10.967	-3.379	-2.386	2.519	0.185	0.743
RCR	22.561	9.506	-2.698	-2.258	2.021	0.132	0.763

Проведённое исследование позволило выполнить сравнительный анализ устойчивых методов оценивания параметров линейных моделей в условиях ошибок в объясняющих переменных на реальном наборе данных. Наиболее высокую робастность показал метод смешанной устойчивой регрессии благодаря оптимизации весов γ , что подтверждается его превосходством по коэффициенту детерминации.

Исследование включает в себя как теоретическое обоснование применения робастных методов, так и практическую реализацию этих методов в виде программного комплекса на языке Python. Созданный универсальный инструмент позволяет быстро адаптировать и сравнивать методы устойчивой регрессии для задач, связанных с анализом данных.

Литература:

1. Hao Han. RCR: Robust Compound Regression for Robust Estimation of Errors-in-Variables Model [Electronic resource]. – URL:

<https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1508/1508.02925.pdf> (accessed: 16.11.2025).

2. Грин У. Х. Эконометрический анализ (Econometric Analysis) / У. Х. Грин. – М.: Питер, 2005. – 1104 с.

3. Hao Han. Least Sine Squares and Robust Compound Regression Analysis [Electronic resource]. – URL: https://ir.stonybrook.edu/jspui/bitstream/11401/71254/1/Han_grad.sunysb_0771_E_10819.pdf (accessed: 16.11.2025).

4. Rousseeuw P. J., Leroy A. M. Robust Regression and Outlier Detection / P. J. Rousseeuw, A. M. Leroy. – New York: Wiley, 1987. – 329 с.

5. Student Habits vs Academic Performance [Electronic resource]. – URL: <https://www.kaggle.com/datasets/arashnic/student-habits-vs-academic-performance> (accessed: 17.11.2025).

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРЯМОЛИНЕЙНЫХ УЧАСТКОВ В ЗАДАЧАХ СЕГМЕНТАЦИИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ

Е. А. Осинцева, В. С. Карманов

Новосибирский государственный технический университет,

г. Новосибирск, osinceva.2022@stud.nstu.ru

Научный руководитель: Карманов В.С.

Изучены различные методы выделения прямолинейных фрагментов железнодорожного пути. Реализованы алгоритмы, использующие геометрические и статистические признаки кривизны для идентификации участков с минимальным изгибом. Проведено сравнение подходов на реальных данных измерений.

Various methods for identifying straight sections of railway track are considered. Algorithms are implemented that use geometric and statistical curvature features to identify sections with minimal curvature. A comparison of the approaches is conducted using real measurement data.

ВВЕДЕНИЕ

Железнодорожные пути в процессе эксплуатации подвержены деформации под воздействием нагрузок от подвижного состава, температуры, других факторов, это обуславливает необходимость регулярного мониторинга её состояния. Традиционные методы контроля основаны на использовании специализированных

измерительных средств и требуют значительных временных затрат, а также подвержены инструментальным погрешностям. Для построения цифровой модели железной дороги необходимо корректно различать типы геометрических фрагментов пути – прямые, круговые и переходные участки [1]. Один из наиболее простых и эффективных способов их выделения заключается в анализе графика кривизны: определение прямолинейных сегментов по поведению профиля кривизны позволяет восстановить структуру пути и получить представление о его геометрии. В работе [2] авторами был рассмотрен один метод выделения прямолинейных участков на основе анализа кривизны; в настоящем исследовании расширен набор используемых алгоритмов и проведено их сравнительное исследование.

Моделирование входных данных

Для реализации процедур визуального анализа и автоматического выделения прямолинейных участков разработано программное обеспечение, позволяющее отображать график кривизны и результаты сегментации. Использование кривизны как исходного сигнала обеспечивает более наглядное представление формы пути: области малых значений соответствуют прямолинейным фрагментам, а локальные увеличения указывают на переходные и криволинейные зоны. Пример интерфейса программы приведён на рисунке 1. Программа обеспечивает визуализацию железнодорожного полотна в виде набора точек (x_i, y_i) на плоскости (в плане), вычисление геометрических характеристик пути, выделение переходных участков.

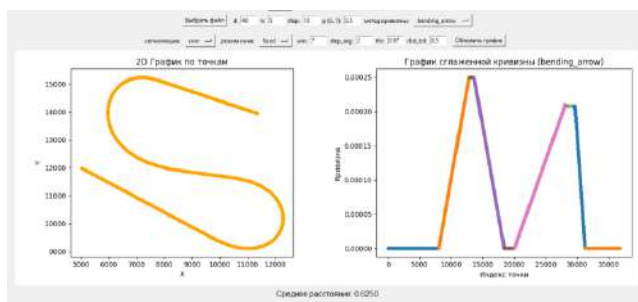


Рис. 1 – Пример экранной формы программы для визуализации железнодорожного пути и выделенных участков на графике профиля кривизны

Алгоритмы выделения прямых участков.

Для выделения прямолинейных фрагментов траектории были рассмотрены, исследованы и реализованы пять алгоритмов, основанных на различных геометрических и аналитических критериях линейности.

1. На основе изменения локального направления

Для каждой тройки точек $P_{i-k} = (x_{i-k}, y_{i-k})$, $P_i = (x_i, y_i)$,

$P_{i+k} = (x_{i+k}, y_{i+k})$ вычисляются векторы:

$$\vec{v}_1 = P_i - P_{i-k}, \vec{v}_2 = P_{i+k} - P_i.$$

Для оценки отклонения направления используется величина [3]

$$d_i = 1 - \frac{\vec{v}_1 \cdot \vec{v}_2}{\|\vec{v}_1\| \cdot \|\vec{v}_2\|}.$$

На прямолинейном участке $d_i \approx 0$. Участок считается линейным, если выполняется условие $d_i < d_{thr}$, где d_{thr} – порог задающийся вручную.

2. На основе коэффициента корреляции

Метод опирается на то, что на прямой линии зависимость между координатами x_i и y_i монотонна, а коэффициент корреляции между индексом кривизны и значением кривизны в i точке близок к ± 1 . Было реализовано две вариации, на основе фиксированного и расширяющегося окна.

а. Метод фиксированного окна

Для окна $[i, i + w - 1]$ вычисляется коэффициент корреляции Пирсона [2,4]

$$r_i = \frac{\sum_{k=i}^{i+w-1} (x_k - \bar{x})(y_k - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{k=i}^{i+w-1} (x_k - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{k=i}^{i+w-1} (y_k - \bar{y})^2}}.$$

Если $|r_i| \geq r_{thr}$, где r_{thr} – порог задающийся вручную, то окно считается линейным. Последовательные линейные окна объединяются в один сегмент.

б. Метод расширяющегося окна

Начальное окно размера w_0 последовательно увеличивается, пока выполняется $|r_i| \geq r_{thr}$. При нарушении условия фиксируется найденный линейный интервал.[2]

3. На основе линейной регрессии

На прямолинейном участке точки хорошо аппроксимируются линейной моделью $y = ax + b$. В каждом окне $[i, j]$ параметры определяются методом наименьших квадратов [5]

$$s(a, b) = \sum_{k=i}^j (y_k - (ax_k + b))^2.$$

Качество линейности оценивается ошибкой:

$$\varepsilon_{i,j} = \sqrt{\frac{1}{j-i+1} \sum_{k=i}^j (y_k - (ax_k + b))^2}.$$

Фрагмент считается прямым при условии $\varepsilon_{i,j} \leq \varepsilon_{thr}$.

4. Метод Дугласа–Пекера

Для фрагмента с крайними точками P_a , P_b расстояние от точки P_k до прямой $P_a P_b$ определяется как [6]

$$d_k = \frac{|(y_b - y_a)x_k - (x_b - x_a)y_k + x_b y_a - y_b x_a|}{\sqrt{(y_b - y_a)^2 + (x_b - x_a)^2}},$$

Если $d_k \leq \varepsilon$ для всех k , весь участок считается прямолинейным; иначе выполняется рекурсивное разбиение [7].

5. На основе «кривизны второго порядка»

К данным измерений траектории пути применяется оператор вычисления кривизны

$$\kappa_i^{(1)} = K(x, y)_i.$$

К вычисленному профилю кривизны повторно применяется тот же оператор:

$$\kappa_i^{(2)} = K(\kappa_i^{(1)}).$$

По полученному графику, который можно условно назвать «Кривизна второго порядка», можно анализировать поведение искомой кривизны – при этом усиливаются скачки $\kappa_i^{(1)}$, прямолинейные участки соответствуют зонам малых значений $\kappa_i^{(2)}$, переломы графика дают выраженные пики [8].

Сравнение алгоритмов

Для оценки корректности работы алгоритмов прямолинейные участки, выделенные различными методами на зашумлённом графике кривизны, были сопоставлены с эталонными данными (искусственно синтезированными). Результаты сравнения представлены в таблице 1, лучшие результаты выделены.

**Таблица 1 – сравнение алгоритмов выделения
прямолинейных участков**

	Индексы границ прямолинейных участков в эталонных данных				
Методы	0-149	149-348	348-597	597-796	796-945
Дугласа-Пекера	0-151	151-349	349-564	564-792	792-945
По направлениям	0-148	148-346	346-596	596-790	790-945
Кривизна 2го порядка	0-151	151-347	347-598	598-796	796-945
Корреляционный (фиксированное окно)	-	140-364	400-484	580-804	900-924
Корреляционный (расширяющееся окно)	-	150-390	-	605-835	-
Линейная регрессия (фиксированное окно)	-	120-380	405-545	560-830	-
Линейная регрессия (расширяющееся окно)	0-125	130-375	385-550	560-805	810-940

Анализ результатов позволяет выделить перспективные методы для дальнейшей разработки и исследований.

Заключение.

В работе рассмотрены различные алгоритмы автоматического выделения прямолинейных участков железнодорожного пути на основе анализа профиля кривизны. Предложенные методы основаны на геометрических и статистических критериях линейности и демонстрируют устойчивость к шумам дискретных измерений. Полученные результаты подтверждают применимость разработанных подходов для анализа геометрии реальных данных.

Литература:

10. Лагута В. В. Совершенствование проектирования кривых железнодорожного пути в плане: автореф. дис. ... канд. техн. наук. — Днепропетровск: ДИИТ, 2002.

11. Осинцева Е. А. Математические методы в задачах выправки железнодорожных путей / Е. А. Осинцева, В. С. Карманов // Дни науки НГТУ–2025: материалы науч. студен. конф., посвящ. 75-летию НГТУ, итоги науч. работы студентов за 2024–2025 гг. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2025. – С. 82–85. – 10 экз. – ISBN 978-5-7782-5511-1.

12. Иванов А. О., Тужилин А. А. Лекции по классической дифференциальной геометрии. — М.: МЦНМО, 2023. — 250 с. — С. 15 (раздел «Кривизна»).

13. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика: учеб. пособие для вузов. — 10-е изд., стер. — М.: Высшая школа, 2004. — 479 с. — С. 249. — ISBN 5-06-004214-6.

14. Себер Дж. Линейный регрессионный анализ: пер. с англ. — М.: Мир, 1980. — 456 с.

15. Денисов В. И. Алгебра и геометрия. Практикум: учебник / В. И. Денисов, В. М. Чубич, О. С. Черникова. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2018. - 308 с. - (Учебники НГТУ).

16. Хершбергер Дж., Снойнк Дж. Ускорение алгоритма Дугласа–Пекера для упрощения ломаных линий // Труды 5-й Международной конференции по обработке пространственных данных. 1992. С. 134–143.

17. Сингх С., Кьяо З., Баламуруган П., Мунавар Н. Non-Interrupting Rail Track Geometry Measurement System Using UAV and LiDAR [Электронный ресурс] // arXiv:2410.10832. 2024. URL: <https://arxiv.org/abs/2410.10832> (дата обращения: 27.09.2025).

ИССЛЕДОВАНИЕ РОБАСТНЫХ МОДИФИКАЦИЙ ЧАСТНОГО КОЭФФИЦИЕНТА КОРРЕЛЯЦИИ В УСЛОВИЯХ ЛОЖНОЙ ПАРНОЙ КОРРЕЛЯЦИИ

Д. А. Рыбачёк, А. Ю. Тимофеева

Новосибирский государственный технический университет,

г. Новосибирск, darie.r@bk.ru

Научный руководитель: Авдеенко Т. В.

В данной работе рассматриваются робастные модификации коэффициента частной корреляции и проверяется их устойчивость в условиях ложной парной зависимости. Наиболее устойчивые результаты показали модификации с использованием процедуры поэлементного удаления, М-оценок Хьюбера и методы усечения.

This paper examines robust modifications of the partial correlation coefficient and evaluates their stability under conditions of spurious pairwise correlation. The most stable results were shown by modifications using the leave-one-out procedure, Huber M-estimates and truncation methods.

Частный коэффициент корреляции является важным инструментом в исследованиях, выявляющих взаимосвязи среди множества переменных.

Исследователем может быть выявлена ложная взаимосвязь между откликом и признаком, достигаемая значимости из-за сильной корреляции между признаками. Использование частной корреляции помогает устранить скрытое влияние и выявить истинные зависимости в данных. Многие данные также являются зашумлёнными выбросами, что может приводить к ложным статистическим результатам, так как большинство классических методов основано на предположении о нормальности данных.

В настоящее время исследования устойчивых оценок частной корреляции остаются сильно ограниченными. Большинство опубликованных работ уделяют внимание робастным оценкам парной корреляции либо робастным оценкам параметров распределения.

Целью данной работы является исследование робастных модификаций частного коэффициента корреляции в условиях ложной парной корреляции.

Коэффициент частной корреляции показывает степень статистической связи двух переменных относительно друг друга после устранения влияния одной или нескольких переменных. Он может быть рассчитан по парным коэффициентам корреляции или на основе остатков от линейной регрессии. Например, для нахождения частной корреляции между X и Y при контроле Z , находят остатки регрессий $X \sim Z$, $Y \sim Z$, а затем рассчитывают парную корреляцию между полученными остатками.

Чтобы получить корректный коэффициент частной корреляции, корреляционная матрица парных коэффициентов должна быть положительно-определённой (согласованной), то есть иметь определитель больше 0. В противном случае, при вычислении коэффициента может возникнуть неопределённость (например, при $r_{xz}=\pm 1$ или $r_{yz}=\pm 1$) или полученное значение будет больше 1 по модулю, что противоречит определению корреляции.

Первая группа реализованных робастных методов включает процедуру поэлементного удаления LOOT (leave-one-out test) [1, 2]. Для набора данных, состоящего из n наблюдений, поочерёдно исключается одна точка и вычисляется коэффициент корреляции по оставшейся подвыборке. В результате имеется n коэффициентов корреляции. На основе средневзвешенного значения полученных коэффициентов рассчитывается робастный коэффициент корреляции. Полученный частный коэффициент обозначим r_{LOOT} , если он рассчитывался на основе коэффициентов Пирсона и ρ_{LOOT} – на основе ранговой корреляции Спирмена.

При помощи данной процедуры можно также подсчитать робастные парные коэффициенты корреляции и на их основе вычислить частный (r_{LOOT}^* – на основе робастных коэффициентов Пирсона, ρ_{LOOT}^* – на основе робастных коэффициентов Спирмена).

Другими стандартными методами получения робастных коэффициентов корреляции являются методы усечения [1, 3]. В этом исследовании усечённый коэффициент корреляции получается путём исключения части наиболее удалённых от основной массы наблюдений. При задаваемой доле отсекаемых наблюдений α в упорядоченном ряду исключаются $\alpha/2$ минимальных и $\alpha/2$ максимальных наблюдений. По полученной подвыборке считается частный коэффициент корреляции (r_{tr} на основе коэффициентов корреляции Спирмена).

Процедуру отсекаемых наблюдений можно также модифицировать: из выборки удаляется максимальное или минимальное наблюдение, в зависимости от того, чьё абсолютное отклонение от медианы выборки будет больше (r_{trmed} на основе коэффициентов корреляции Спирмена).

Вторая группа модификаций использует методы на основе регрессий и М-оценок Хьюбера [4]. τ_{reg} – коэффициент корреляции Кендалла между остатками от линейной регрессии, ρ_{reg} – коэффициент корреляции Спирмена между остатками от линейной регрессии, h_{reg} – коэффициент корреляции Кендалла между остатками от линейной регрессии с функцией потерь Хьюбера. М-оценки Хьюбера используются для получения робастных оценок сдвига и масштаба, позволяющих выполнить стандартизацию данных. По преобразованным данным вычисляется частный коэффициент корреляции (h_w).

Исследование проводилось на модельных данных, генерируемых со следующими условиями: между x и y наблюдается значимая парная корреляция, но при исключении z частная корреляция между x и y близка к 0 и оказывается незначимой. x генерируется как независимая случайная величина из стандартного нормального распределения. z и y вычисляются соответственно: $z = 0.5x + e_1$, $y = 0.8z + e_2$, где e_1 и e_2 – независимые случайные величины из стандартного нормального распределения.

В таком случае парные коэффициенты корреляции оказываются близки к $\text{cor}_{xz} \approx 0.44$, $\text{cor}_{xy} \approx 0.29$, $\text{cor}_{yz} \approx 0.66$. Определитель такой корреляционной матрицы равен 0.46, значит, она положительно определена. Тогда значение частного коэффициента корреляции между x и y при исключении z получается $\text{cor}_{xy|z} \approx 0.0006$ и оказывается незначимым.

Для исследования устойчивости реализованных модификаций в полученную модель добавляются выбросы – целое число из промежутка

от 4 до 10. Исследования проводились на уровнях выбросов равными 1%, 5% и 10%. Моделируется выборки объемом 100. Модельные эксперименты повторяются 100 раз.

Для LOOT-модификаций и методов усечения в таблице 1 приведены средние значения абсолютных отклонений r_{actual} от r_{Rob} в зависимости от количества выбросов, где r_{actual} – коэффициент частной корреляции модели без выбросов, рассчитываемый для каждой модификации, r_{Rob} – полученный робастный коэффициент корреляции.

Таблица 1 – Результаты для LOOT-модификаций и методов усечения

Выбросы	r_{LOOT}	ρ_{LOOT}	r^*_{LOOT}	ρ^*_{LOOT}	r_{tr} ($\alpha=5\%$)	r_{trmed} ($\alpha=5\%$)
1%	0.01 83	0.03	0.03 39	0.01 39	0.02 5	0.02 69
5%	0.06 13	0.03 74	0.07 9	0.03 92	0.03 04	0.01 57
10%	0.07 98	0.05 54	0.09 8	0.05 79	0.04 83	0.04 59

При 1% выбросов r_{LOOT} хорошо справляется с выбросами, но с увеличением количества аномальных наблюдений более эффективными оказываются модификации на основе ранговых коэффициентов корреляции Спирмена и методы усечения. Когда число выбросов совпадает с числом отсекаемых наблюдений, лучше всего проявляет себя метод усечения по медиане.

Результаты второй группы методов предоставлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты для регрессионных моделей

Выбросы	τ_{reg}	ρ_{reg}	h_{reg}	h_w
1%	0.0103	0.0148	0.0092	0.0103
5%	0.0254	0.0378	0.0239	0.0224
10%	0.0379	0.0555	0.036	0.034

Все модификации оказываются достаточно устойчивыми. У методов, основанных на М-оценках Хьюбера, наблюдается примерно одинаковая эффективность против выбросов.

Из всех рассмотренных модификаций для вычисления робастного частного коэффициента корреляции наиболее устойчивыми к выбросам оказались следующие методы:

- LOOT на основе коэффициентов корреляции Спирмена;

- использование М-оценок Хьюбера: метод стандартизации данных и метод остатков от линейной регрессии с функцией потерь Хьюбера с использованием коэффициентов корреляции Кенделла;
- усечение по медиане с использованием коэффициентов корреляции Спирмена.

Литература:

1. Выявление устойчивых связей между показателями коннективности ЭЭГ и компонентами интеллекта / Т.В. Авдеевко, А.Ю. Тимофеева, М.Ш. Муртазина, О.М. Разумникова // Вестник ЮУрГУ. Серия: Вычислительная математика и информатика. – 2022. – Т. 11, №4. – С. 19-36.

2. Рыбачёк Д. А. Выявление робастных частных взаимосвязей по данным ЭЭГ / Д.А. Рыбачёк; науч. рук. А.Ю. Тимофеева. Наука. Технологии. Инновации: XVII Всероссийская научная конференция молодых ученых (г. Новосибирск, 04-08 декабря 2023 г.) // Сборник научных трудов в 11 ч. / Под ред. Соколовой Д.О. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2024. – Ч. 2. – С. 119-122.

3. Рыбачёк Д. А. Исследование робастных модификаций частного коэффициента корреляции / Д.А. Рыбачёк; науч. рук. А.Ю. Тимофеева. Наука. Технологии. Инновации: XVIII Всероссийская научная конференция молодых ученых (г. Новосибирск, 02-06 декабря 2024 г.) // Сборник научных трудов в 8 ч. / Под ред. Захаровой Е.В. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2025. – Ч. 1. – С. 375-379.

4. Huber P.J. Robust Statistics / P.J. Huber – New York: John Wiley & Sons, 1981. – 308 p.

СИСТЕМА ОБСЛУЖИВАНИЯ СЕРВИСНЫХ ЗАЯВОК В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ВХОДНОГО ПОТОКА

А. Н. Рыжов, А. В. Фаддеевков

**Заполярный государственный университет им. Н.М. Федоровского,
г. Норильск, ryzhovAN@edu.norvuz.ru**

Научный руководитель: Фаддеевков А. В.

В данной работе рассматривается создание математической модели и оптимизация процессов потоков сервисных заявок с учетом стохастических факторов и интеграцией современных методов взаимодействия для минимизации рисков в условиях переменной нагрузки.

This article discusses the creation of a mathematical model and optimization of service request flow processes taking into account stochastic factors and the

integration of modern interaction methods to minimize risks under variable load conditions.

Научная проблематика включает анализ потоков накопления, распределения и выполнения заявок, где неопределенность проявляется в вариабельности интенсивности поступления (λ) и времени обслуживания (μ), требуя стохастических подходов для прогнозирования и оптимизации.

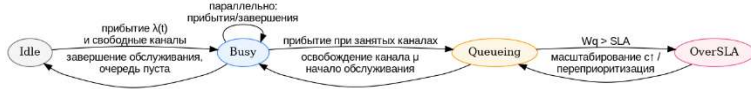


Рис. 1 – Диаграмма состояний СМО: Idle → Busy → Queueing/OverSLA и обратные переходы

Разработка гибридной стохастической модели, сочетающей теорию очередей с элементами нечеткой логики для обработки неопределенности позволяет адаптировать систему к реальным промышленным сценариям, таким как ремонт механизмов в условиях непредсказуемых сбоев, что отличается от классических моделей М/М/с, предлагая учет нестационарных потоков и динамическую оптимизацию ресурсов с увеличением пропускной способности по сравнению с традиционными методами.

Целью исследования является разработка информационной платформы, которая интегрирует мониторинг потоков, автоматизированное распределение задач и взаимодействие с заказчиками, минимизируя простои оборудования и обеспечивая своевременное реагирование в условиях неопределенности.

Математическая модель основана на стохастической теории массового обслуживания (СМО) с использованием пуассоновского входного потока заявок, где интенсивность λ варьируется в зависимости от факторов неопределённости (например, случайных поломок оборудования), а время обслуживания подчиняется экспоненциальному распределению с параметром μ .

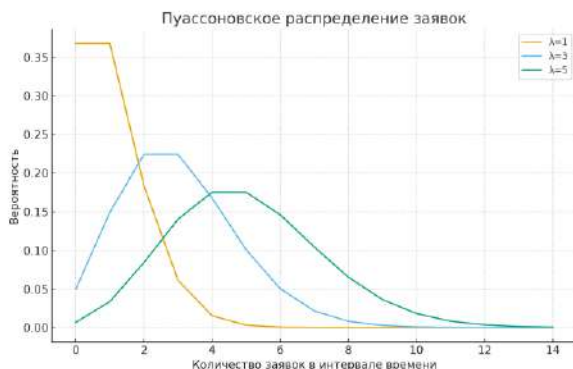


Рис. 2 – Пуассоновское распределение заявок

Для одноканальной системы предлагается модель М/М/1 с ожиданием, где нагрузка определяется выражением:

$$\rho < 1, \quad \rho = \frac{\lambda}{\mu}$$

Средняя длина очереди вычисляется по формуле:

$$L_q = \frac{\rho^2}{1-\rho},$$

что позволяет определить среднее время ожидания заявки в очереди:

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda}$$

В условиях неопределённости вводится стохастический компонент, моделируемый марковскими цепями, описывающими переходы состояний системы (свободна / занята / очередь) с вероятностями стационарного распределения:

$$P_n = (1 - \rho) \rho^n,$$

где n — число заявок в системе.

Для многоканальной системы с c каналами обслуживания модель расширяется до вида М/М/с. Вероятность того, что система пуста, определяется выражением:

$$P_0 = \left[\sum_{k=0}^{c-1} \frac{\rho^k}{k!} + \frac{\rho^c}{c! \left(1 - \frac{\rho}{c}\right)} \right]^{-1}$$

Общая производительность оценивается с помощью формулы Эрланга, определяющей вероятность ожидания:

$$P_{ex} = \frac{\frac{\rho^c}{c! \left(1 - \frac{\rho}{c}\right)}}{\sum_{k=0}^{c-1} \frac{\rho^k}{k!} + \frac{\rho^c}{c! \left(1 - \frac{\rho}{c}\right)}}$$

Неопределённость входного потока учитывается введением нестационарной интенсивности $\lambda(t)$, аппроксимируемой кусочно-постоянными интервалами, с использованием стохастического дифференциального уравнения:

$$dN(t) = \lambda(t) dt + \sigma dW(t),$$

где $W(t)$ — винеровский процесс, моделирующий случайные флуктуации интенсивности поступления заявок.

Оптимизация параметров системы достигается минимизацией целевой функции:

$$J = \int [C_w W q(t) + C_s (c - \rho(t))] dt,$$

где C_w – стоимость ожидания одной заявки,
 C_s – стоимость эксплуатации одного сервера.

Минимизация функционала J осуществляется методами динамического программирования для оптимального распределения ресурсов и минимизации совокупных издержек при обслуживании потока сервисных заявок.

Результаты могут быть использованы для разработки информационной системы, работающей как интегрированная платформа на базе системы управления взаимоотношениями с клиентами CRM с модулями мониторинга потоков, где заявки поступают через веб-портал или IoT-датчики оборудования, автоматически классифицируясь по приоритету и распределяясь по каналам обслуживания с учетом модели M/M/c. В реальном времени система прогнозирует накопление очередей с помощью стохастической симуляции, корректируя расписание для минимизации L_q , и уведомляет заказчиков о статусе через чат-боты и мобильные приложения, обеспечивая прозрачность и быструю обратную связь. Оптимизация потоков реализуется алгоритмами маршрутизации, учитывающими

QualityofService-параметры, такими как задержка и надежность, с применением генетических алгоритмов для динамического баланса нагрузки в условиях неопределенности.

Литература:

1. Гнеденко Б. В., Коваленко И. Н. Введение в теорию массового обслуживания. – М.: URSS, 2007. – 397 с.
2. Лукашин Ю. П. Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования временных рядов. М.: Финансы и статистика, 2003. – 416 с.
3. Fitzsimmons James A., Fitzsimmons Mona J. Service Management: Operations, Strategy, Information Technology. – Irwin Professional Publishing, 2006. – 524 p.
4. Gross D., Shortle J.F., Thompson J.M., Harris C.M. Fundamentals of Queueing Theory. 5th Edition. – Wiley, 2021. – 499 p.
5. Листопад Н. И., Величkevич И. О. Оптимальная маршрутизация информационных потоков с учетом параметров QoS [Электронный ресурс] // КиберЛенинка. — 2021. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/optimalnaya-marshrutizatsiya-informatsionnyh-potokov-s-uchetom-parametrov-qos> (дата обращения: 30.10.2025).
6. Белоусов С. М. Математическая модель многопоточной системы массового обслуживания, управляемой планировщиком ресурсов [Электронный ресурс] // КиберЛенинка. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/matematicheskaya-model-mnogopotочноy-sistemy-massovogo-obsluzhivaniya-upravlyayemoy-planirovshikom-resursov> (дата обращения: 30.10.2025).

МОДЕЛЬ ОБСЛУЖИВАНИЯ СЕРВИСНЫХ ЗАЯВОК С УЧЕТОМ КОЭФФИЦИЕНТА ТРУДОВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

А. Н. Рыжов, А. В. Фаддеев

**Заполярный государственный университет им. Н.М. Федоровского,
г. Норильск, ryzhovAN@edu.norvuz.ru**

Научный руководитель: Фаддеев А. В.

В данной работе рассматривается создание математической модифицированной модели обслуживания сервисных заявок, учитывающую реальную трудовую (производственную) эффективность сотрудников-исполнителей, которая позволит не просто равномерно

распределять задачи, но и использовать сильные стороны каждого сотрудника для достижения максимального результата сервисных работ.

This article discusses the creation of a modified mathematical model for servicing service requests, taking into account the actual labor (production) efficiency of employees, which will allow not only to evenly distribute tasks, but also to utilize the strengths of each employee to achieve maximum service results.

Одной из точек роста эффективности сервисных организаций (служб) является система обслуживания внутренних и внешних заявок: чем быстрее и точнее выполняются задачи, тем выше производительность всего предприятия. На практике в сервисных организациях (службах) часто используются типовые математические модели массового обслуживания (например, система М/М/п), которые исходят из предположения, что все сотрудники работают с одинаковой производительностью.

Научная проблематика включает анализ потоков накопления, распределения и выполнения заявок, где реальные показатели работы исполнителей (сотрудников) могут значительно отличаться в зависимости от квалификации, опыта и мотивации конкретного сотрудника.

Цель работы – разработать усовершенствованную модель обслуживания сервисных заявок, включающую индивидуальные коэффициенты эффективности исполнителей (сотрудников) для оптимизации распределения задач.

Многие организации сталкиваются с тем, что заявки распределяются между специалистами неравномерно: одни сотрудники всегда справляются быстрее, другие – медленнее, в результате часть персонала перегружена, а другая – недогружена. Классические схемы очередей и обслуживания не учитывают этой разницы, что приводит к снижению эффективности и увеличению времени ожидания.

Идея предложить модифицированную модель обслуживания сервисных заявок, учитывающую реальную трудовую (производственную) эффективность сотрудников, позволит не просто равномерно распределять задачи, но и использовать сильные стороны каждого сотрудника для достижения максимального результата.

Ожидается, что результатом внедрения станут:

- сокращение времени обработки заявок;
- выравнивание нагрузки;
- повышение прозрачности процессов и возможность для более целенаправленного обучения и мотивации персонала.

В традиционной модели массового обслуживания (например, М/М/п) существует абстракция: имеется n идентичных каналов обслуживания

(например, сотрудников), которые с некоторой вероятностью принимают и выполняют заявки, поступающие в систему. Для большинства ситуаций такое приближение оправдано, но в современных тенденциях повышения показателей эффективности сервисных организаций (служб), в которых квалификация сотрудников может различаться в несколько раз, это становится существенным ограничением.

Предлагается расширить модель введением коэффициента эффективности для каждого сотрудника. Этот коэффициент K_i для сотрудника i -го измеряет его среднюю производительность по сравнению с базовым уровнем, который рассчитывается исходя из исторических данных: среднего времени обработки заявки, процента успешно исполненных обращений, соблюдения соглашения об уровне обслуживания между заказчиком и сервис-командой (SLA) и других метрик.

Таким образом, индивидуальная производительность μ_i сотрудника описывается формулой:

$$\mu_i = \mu_0 \cdot K_i,$$

где μ_0 – базовая производительность, вычисляемая по классической модели.

Модифицированная интенсивность обслуживания всей команды рассчитывается как сумма индивидуальных производительностей:

$$\mu_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n \mu_i / n$$

На этой основе рассчитываются ключевые показатели работы сервисной системы: среднее время ожидания, вероятность возникновения очереди, средняя загрузка каждого сотрудника.

Методика расчёта коэффициента эффективности.

Для практического применения коэффициенты индивидуальной трудовой эффективности могут определяться по следующим показателям:

- Среднее время выполнения одной заявки;
- Доля закрытых заявок без возврата;
- Соблюдение сроков по SLA;
- Оценка качества работы (по внутренним отзывам или оценкам заказчиков/сервис-деск).

Коэффициент можно рассчитывать автоматически, используя различные инструменты программного обеспечения и периодически обновляя его с заданным интервалом на основе накопленной статистики.

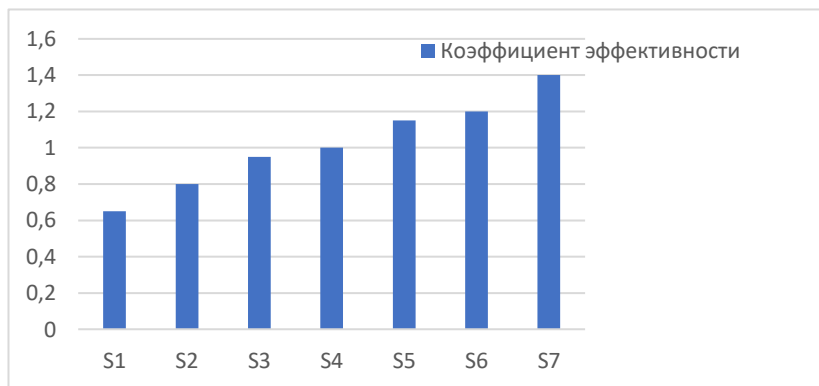


Рис. 1 – Диаграмма коэффициентов индивидуальной трудовой эффективности исполнителей (сотрудников)

Практическая реализация: регулярное обновление индивидуальных коэффициентов сотрудников позволяет динамически корректировать распределение заявок, выравнивая нагрузку между сотрудниками.

Ожидаемый эффект: предполагается сокращение среднего времени обработки заявок, более равномерная загрузка персонала и повышение мотивации сотрудников.

Предложенная модель может использоваться в любых системах управления сервисными процессами для повышения прозрачности и эффективности бизнес-процессов интеллектуального предприятия, для разработки информационной системы, работающей как интегрированная платформа на базе системы управления взаимоотношениями с клиентами CRM.

Литература:

1. Бодрякова Л. Н., Беляев И. С., Кирсанова Е. А., Фаддеенков А. В. Моделирование и оптимизация организационно-управленческих процессов в сфере сервиса: Учебное пособие. – М: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2024. – 184 с.

2. Гнеденко Б. В., Коваленко И. Н. Введение в теорию массового обслуживания. – М.: URSS, 2007. – 397 с.
3. Лукашин Ю. П. Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования временных рядов. М.: Финансы и статистика, 2003. – 416 с.
4. Fitzsimmons James A., Fitzsimmons Mona J. Service Management: Operations, Strategy, Information Technology. – Irwin Professional Publishing, 2006. – 524 p.
5. Gross D., Shortle J.F., Thompson J.M., Harris C.M. Fundamentals of Queueing Theory. 5th Edition. – Wiley, 2021. – 499 p.
6. Листопад Н. И., Величkevич И. О. Оптимальная маршрутизации информационных потоков с учетом параметров QoS [Электронный ресурс] // КиберЛенинка. — 2021. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/optimalnaya-marshrutizatsiya-informatsionnyh-potokov-s-uchetom-parametrov-qos> (дата обращения: 30.10.2025).
7. Белоусов С. М. Математическая модель многопоточной системы массового обслуживания, управляемой планировщиком ресурсов [Электронный ресурс] // КиберЛенинка. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/matematiceskaya-model-mnogopotочноy-sistemy-massovogo-obsluzhivaniya-upravlyayemoy-planirovshikom-resursov> (дата обращения: 30.10.2025).

ГИБРИДНАЯ ИИ-СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ЗДАНИЙ В ОБЛАСТИ ВЕЧНОЙ МЕЗЛОТЫ: ИНТЕГРАЦИЯ ДАТЧИКОВ, ГИС И LLM-АССИСТЕНТА

В. Р. Самплина, И. С. Беляев

**Заполярный государственный университет им. Н.М. Федоровского,
г. Норильск, vsamplina@yandex.ru**

Научный руководитель: Беляев И. С.

В данной работе представлено создание и практическая реализация интеллектуальной системы мониторинга жилых зданий, адаптированной к экстремальным условиям Крайнего Севера на примере города Норильска. Исследование сфокусировано на решении ключевой проблемы – деформации фундаментов из-за неустойчивости вечной мерзлоты под воздействием климатических изменений. В работе описывается комплексный подход, объединяющий данные датчиков, геоинформационные технологии и методы предиктивной аналитики для оценки технического состояния объектов.

This paper presents the development and practical implementation of an intelligent monitoring system for residential buildings, adapted to the extreme

conditions of the Far North, using the city of Norilsk as a case study. The research focuses on addressing the key problem of foundation deformation caused by the instability of permafrost under the impact of climate change. A comprehensive approach is described, integrating sensor data, geographic information technologies, and predictive analytics methods to assess the technical condition of structures.

В условиях активного освоения Арктической зоны России особую значимость приобретает задача обеспечения надежности и долговечности жилой инфраструктуры в северных регионах. Город Норильск, как крупнейшее за Полярным кругом муниципальное образование, служит уникальной площадкой для изучения воздействия изменяющегося климата на состояние зданий, построенных на вечной мерзлоте.

Согласно анализу текущей ситуации, состояние значительной доли жилого фонда Норильска вызывает серьезную озабоченность. Современные исследования показывают, что примерно треть многоквартирных домов испытывает деформации фундаментов, обусловленные таянием мерзлых грунтов. Традиционные методы наблюдения за состоянием зданий не позволяют оперативно выявлять развитие аварийных процессов. Данные свидетельствуют о стабильном увеличении числа инцидентов, связанных с просадками оснований и повреждением несущих конструкций.

Теоретическая основа системы мониторинга жилых объектов в условиях Крайнего Севера построена на комплексном подходе к диагностике и оценке технического состояния зданий. Ключевой особенностью разработанного решения является синтез классических инженерных методов строительной механики с передовыми цифровыми технологиями, такими как математическое моделирование, RAG и LLM технологии, анализ больших данных.

Разработанная система представляет собой единую цифровую платформу, объединяющую веб-интерфейс с интерактивными средствами управления и комплексный аналитический блок. Ее архитектура спроектирована с учетом принципов масштабируемости и гибкости, что обеспечивает возможность последующего расширения функциональных возможностей.

Центральным элементом системы является интерактивная геоинформационная подсистема (Рис. 1), предназначенная для пространственной визуализации данных по всему жилому фонду Норильска. Картографический интерфейс использует алгоритмы интеллектуальной кластеризации объектов, позволяющие эффективно отображать большие объемы информации при изменении масштаба. Также реализована гибкая система динамической фильтрации,

обеспечивающая поиск и анализ зданий по различным критериям, таким как серия постройки и конструктивные характеристики [3].

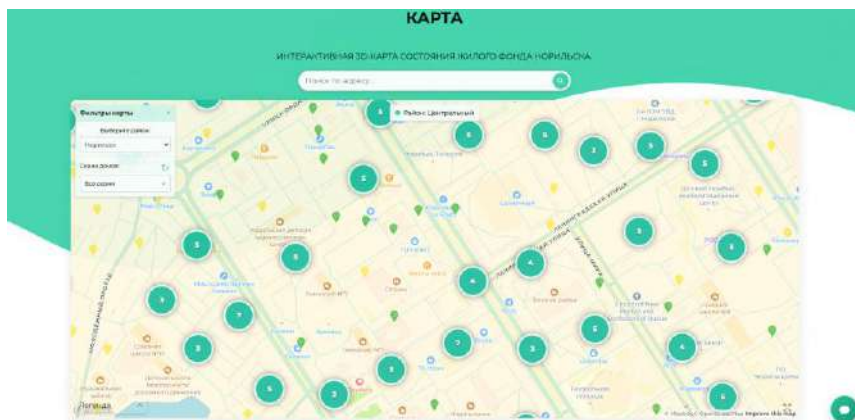


Рис. 1. Главная страница с интерактивной картой

Ключевым инновационным элементом проекта выступает модуль прогнозирования (Рис. 2), предназначенный для автоматического анализа и построения прогнозов температуры свай зданий на основе данных с датчиков и метеорологической информации.

На первом этапе система обрабатывает исторические данные: удаляет пропущенные и аномальные значения, после чего интегрирует их с архивными погодными данными. Далее для каждого датчика автоматически подбирается наиболее подходящая математическая модель:

- для датчиков, расположенных ближе к поверхности, чаще применяются линейные модели;
- при наличии выраженной сезонной динамики используются модели временных трендов;
- если показания датчика остаются практически неизменными, выбирается модель стационарного временного ряда.

Система оценивает точность каждой модели на основе метрик ошибки (например, MAE или RMSE) и выбирает оптимальную. Таким образом, для каждого датчика формируется индивидуальная предиктивная модель, адаптированная под его поведение [1].



Рис. 2. Интерфейс прогнозирования состояния здания

Кроме того, в системе реализован интеллектуальный ассистент, построенный на основе архитектуры LLM (Large Language Model) с использованием технологии RAG (Retrieval-Augmented Generation) для повышения точности и релевантности ответов (Рис. 3).

Функционал ассистента направлен на автоматизированный ответ на вопросы пользователей, связанные с жилищным фондом. При получении запроса через веб-интерфейс система извлекает ключевые семантические элементы и использует их для поиска наиболее релевантных фрагментов информации в векторном хранилище, где индексированы структурированные данные системы – паспорта зданий, технические отчёты, нормативные документы и другие справочные материалы. Найденные контекстные фрагменты объединяются с исходным вопросом и подаются на вход языковой модели (GPT-4o). Модель, опираясь на этот контекст, генерирует точный, структурированный и понятный ответ, который возвращается пользователю в режиме реального времени. В дальнейшем планируется интеграция дополнительных макроэкономических факторов и изучение

ансамблевых методов, что позволит повысить устойчивость моделей к внешним экономическим шокам [2].

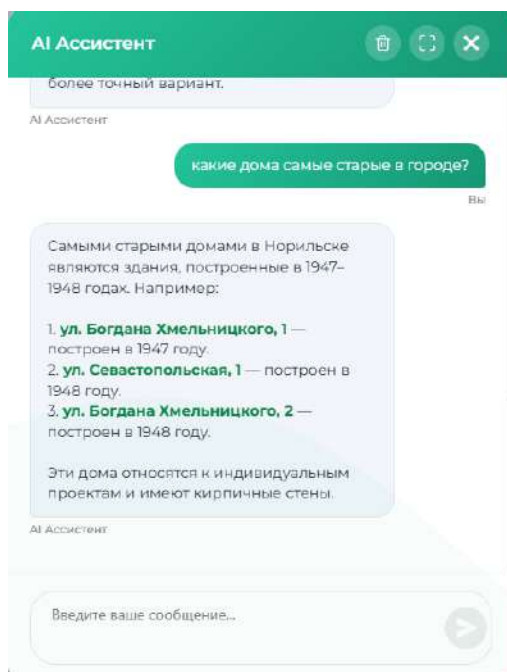


Рис. 3. ИИ Ассистент

В результате исследования была разработана интеллектуальная система мониторинга жилых объектов для города Норильска. Эта интерактивная платформа обеспечивает комплексный контроль технического состояния зданий, визуализацию данных на интерактивной карте и детальный анализ характеристик каждого объекта.

Ключевыми преимуществами системы являются повышение качества управленческих решений в ЖКХ за счет алгоритмов прогнозирования, позволяющих своевременно планировать ремонты и предотвращать аварии, а также расширенные возможности аналитики благодаря интеграции с Power BI [4].

Система обладает высоким потенциалом для развития и масштабирования, представляя собой эффективный инструмент управления жилищным фондом в сложных климатических условиях Арктики. Дальнейшее расширение системы предполагает

использование робастных методов построения регрессионных моделей и алгоритмов обнаружения структурных изменений в моделях [5-7].

Литература:

16. Лукашин Ю. П. Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования временных рядов. М.: Финансы и статистика, 2003. - 416 с.

17. Шолле Франсуа. Ш78 Глубокое обучение на Python. — СПб.: Питер, 2018. — 400 с.: ил. — (Серия «Библиотека программиста»). ISBN 978-5-4461-0770-4.

18. Mapbox Documentation [Electronic resource]. — URL: <https://docs.mapbox.com/> (accessed: 24.11.2025).

19. Маккинли, Уэс. Python и анализ данных [Текст] / Уэс Маккинли; Пер. с англ. Слинкин А. А. — М.: ДМК Пресс, 2015. — 482 с.: ил.; ISBN 978-5-97060-315-4.

20. Тимофеев В. С. Эконометрика: Учебник / В.С. Тимофеев, А.В. Фаддеенков, В.Ю. Щеколдин. – 2-е изд., пер. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2019. – 328 с.

21. Денисов В. И. Сплайновая регрессия с переменными штрафными коэффициентами / В.И. Денисов, А.В. Фаддеенков // Автометрия. – 2015. – Т. 51, № 3. – С. 3-10.

22. Тимофеев В. С. Исследование алгоритмов оценивания параметров модели со структурированной ошибкой с использованием знакового метода /В.С. Тимофеев, А.В. Фаддеенков, В.Ю. Щеколдин // Научный вестник Новосибирского государственного технического университета. – 2005. – № 2(20). – С. 71-84.

КЛАССИФИКАЦИЯ СЕТЕВОГО ТРАФИКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ И МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

В. В. Серов, М. А. Сивак

Новосибирский государственный технический университет,

г. Новосибирск, v.serov.2022@stud.nstu.ru

Научный руководитель: Сивак М. А.

В работе рассматривается задача классификации сетевого трафика без применения глубокого анализа пакетов (DPI). Предложен подход, основанный на использовании статистических метрик сетевых соединений и алгоритмов Random Forest, XGBoost. Представлены методы извлечения признаков,

построения выборки и результаты экспериментальной оценки точности классификации.

The paper investigates the problem of network traffic classification without using Deep Packet Inspection. A statistical approach based on traffic flow metrics combined with the Random Forest and XGBoost algorithms is proposed. Methods for feature extraction, dataset preparation and evaluation results are presented, demonstrating the effectiveness of the developed classifier.

Современные условия развития сетевых технологий сопровождаются увеличением доли зашифрованного трафика, что делает традиционные методы классификации, основанные на DPI малоэффективными. В связи с этим актуальной задачей является разработка подходов, использующих статистические признаки сетевых потоков для определения типа передаваемой информации без анализа содержимого пакетов.

Объектом исследования является сетевой трафик, представленный в виде последовательности пакетов и агрегированных характеристик соединений. Предмет исследования – статистические методы анализа трафика и алгоритмы машинного обучения, применимые для решения задачи многоклассовой классификации. Цель работы состоит в построении модели, способной определять категорию трафика по его метрикам с высокой точностью и без существенных вычислительных затрат.

На основе анализа современных научных работ были выведены ключевые признаки, отражающие поведенческие характеристики сетевого соединения: размеры пакетов, интервалы передачи данных, количество порций, отношение полезной нагрузки, КПД сторон соединения и прочие. Эти признаки формируют вектор статистических метрик, позволяющий описать сетевой поток независимо от содержимого пакетов и применяемых протоколов шифрования.

Исходные данные состояли из набора PCAP-файлов различных классов трафика. Для увеличения объёма выборки применялось разбиение каждого соединения на 20 частей, что позволило повысить устойчивость модели и избежать переобучения. Выделение признаков осуществлялось с использованием инструментов `pcap2frame` и Python (`pandas`). Полученная обучающая выборка включала 6 классов: `downloading_files`, `game`, `web_serfing`, `web_video`, `web_streaming`, `torrent`. Все категории (если это было возможно) были разбиты на две подкатегории, связанные с транспортными протоколами: TCP и UDP.

В качестве алгоритмов классификации были протестированы несколько методов машинного обучения:

- Random Forest

- XGBoost
- LogisticRegression
- GaussianNB
- KNN
- SVM
- MLP

По результатам точности классификации (Таблица 1) была выбрана модель Random Forest

Таблица 1 – Результаты классификации моделей

Модель	Accuracy	F1	Время обучения, с	Время предсказания, с
Random Forest	0.99	0.99	0.127	0.0037
MLP	0.98	0.98	0.169	0.0001
LogReg	0.98	0.98	0.0071	0.0004
XGboost	0.97	0.97	0.5673	0.0023
SVM	0.96	0.96	0.0291	0.0064
KNN	0.93	0.93	0.0003	0.0073
GaussianNB	0.93	0.93	0.0002	0.0003

Однако одной моделью выбор не был ограничен. Была ещё выбрана такая модель, как XGBoost. Она не является наилучшей по точности или времени предсказания, но она по умолчанию умеет работать с NaN значениями, которые в исследуемом случае нельзя заменять на 0 или иное значение, иначе результаты могут быть скошенными.

Для соединения моделей был использован такой метод, как стакинг. Это подход ансамблирования моделей, при котором они обучаются параллельно, а их предсказания подаются в качестве признаков в мета-модель, которая делает финальный вывод. Данный подход позволяет учесть преимущества каждой модели и заместить недостатки одной модели преимуществами другой.

Применение стакинга позволило получить модель с точностью 0.98 на тестовой выборке (Таблица 2). Однако результаты получились не идеальными вследствие того, что класс web_serfing очень плохо отличается от web_video. Данная ситуация происходит из-за того, что класс web_video имеет в себе класс трафик класса web_serfing и трафик видео хостингов. То есть web_serfing входит в web_video из-за этого их модели не могут отличить друг от друга.

При предсказании на реальных данных (данные, которые не были ни в обучающей выборке, ни в тестовой) становится понятно, что трафик с исходным классом `web_serfing` предсказывается, как `web_video`.

Для исследования ситуации глубже было принято решение применить в экспериментальных целях DPI. Этот метод также показал, что в самих пакетах есть минимальные отличия, связанные с наличием трафика видео хостинга, однако подавляющая часть трафика – трафик `web_serfing`.

Таблица 2 – Результаты классификации стайкинг модели

Класс	Precision	Recall	F1	Количество элементов
Downloading files	1.00	0.88	0.93	16
Game tcp	1.00	1.00	1.00	32
Game udp	1.00	1.00	1.00	40
Torrent	1.00	1.00	1.00	16
Web surfing tcp	0.97	0.97	0.97	40
Web surfing udp	0.97	0.95	0.96	40
Web streaming	0.94	1.00	0.97	16
Web video tcp	0.96	0.98	0.97	48
Web video udp	0.96	0.98	0.97	48
Accuracy			0.9	296
Macro avg	0.9	0.9	0.9	296
Weighted avg	0.9	0.9	0.9	296

Данная проблема обозначила перспективы дальнейших исследований. Далее именно с этими двумя классами будем пытаться работать и применять различные подходы для их классификации

Результаты исследования показали, что статистические методы и алгоритмы обучения являются эффективной альтернативой DPI в условиях широкого распространения шифрования. Перспективы развития работы включают поиск подхода для классификации проблемных классов (`web_surfing` и `web_video`), дополнение набора классов трафика, автоматизацию обработки данных, оптимизацию модели для встроенных систем, перенос решения на высокопроизводительные языки программирования

Литература:

1. Сулейманов С. Machine Learning – не только нейронки // Habr, 2021. [Электронный ресурс]. – URL:

<https://habr.com/ru/companies/simbirsoft/articles/565396/> (дата обращения: 15.03.2025).

2. sergio42. Машинное обучение вместо DPI. Строим классификатор трафика // Habr. 2016. [Электронный ресурс]. – URL: <https://habr.com/ru/articles/304926/> (дата обращения: 10.02.2025).

3. vadimicsecream. Обзор последних методов в задаче детектирования шифрованного трафика // Habr. 2020. [Электронный ресурс]. – URL: <https://habr.com/ru/articles/534020/> (дата обращения: 15.02.2025).

4. Автор неизвестен. Классификация трафика и Deep Packet Inspection // Vas Experts 2016. [Электронный ресурс]. – URL: <https://vasexperts.ru/blog/dpi/klassifikaciya-trafika-i-dpi/> (дата обращения: 20.02.2025).

5. Jupyter Notebook. Документация по среде разработки для машинного обучения на языке python. [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.jupyter.org/en/latest/> (дата обращения: 20.02.2025).

6. WireShark. Документация по инструменту для сбора и анализа сетевого трафика. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.wireshark.org/docs/> (дата обращения: 17.03.2025).

7. SciKit-Learn. Документация по библиотеке для машинного обучения на языке python. [Электронный ресурс]. – URL: <https://scikit-learn.org/stable/> (дата обращения: 20.04.2025).

8. Google Colab: облачная платформа для разработки ML-проектов. [Электронный ресурс]. – URL: <https://colab.research.google.com> (дата обращения: 15.03.2025).

9. Yeon-sup Lim, Chong-kwon Kim, Hyun-chul Kim, Ted “Taekyoung” Kwon, Jiwoong Jeong, Yanghee Choi. Internet Traffic Classification Demystified: On the Sources of the Discriminative Power // Co-NEXT '10: Proceedings of the 6th International COnference, 2010. No. 9, P. 1 – 12. <https://doi.org/10.1145/1921168.1921180>.

10. Random forest / [Электронный ресурс] // Википедия. – URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Random_forest (дата обращения: 1.04.2025).

11. What is random forest? [Electronic resource] // IBM. – URL: [https://www.ibm.com/think/topics/random-forest#:~:text=Random%20forest%20is%20a%20commonly,both%20classification%20and%20regression%20problems.\(accessed:5.04.2025\)](https://www.ibm.com/think/topics/random-forest#:~:text=Random%20forest%20is%20a%20commonly,both%20classification%20and%20regression%20problems.(accessed:5.04.2025)).

12. What are Naïve Bayes classifiers? [Electronic resource] // IBM. – URL: [https://www.ibm.com/think/topics/naive-bayes#:~:text=Na%3%AFve%20Bayes%20is%20part%20of,important%20to%20differentiate%20between%20classes.\(accessed:10.04.2025\)](https://www.ibm.com/think/topics/naive-bayes#:~:text=Na%3%AFve%20Bayes%20is%20part%20of,important%20to%20differentiate%20between%20classes.(accessed:10.04.2025)).

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ПОСТРОЕНИЯ ОЦЕНОЧНЫХ ПОДМНОЖЕСТВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КРИТЕРИЕВ ОПТИМАЛЬНОСТИ ПЛАНОВ ЭКСПЕРИМЕНТА К ЗАДАЧЕ ОЦЕНИВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ РЕГРЕССИОННОЙ ЗАВИСИМОСТИ ЦЕН НА НЕДВИЖИМОСТЬ

В. А. Стрижов, Е. А. Хайленко

Новосибирский государственный технический университет,

г. Новосибирск, strizhov.2021@stud.nstu.ru

Научный руководитель: Хайленко Е. А.

В работе исследуется применение методов оптимального планирования эксперимента (ОПЭ) для построения оценочных подмножеств данных с целью оценки параметров регрессионной модели, описывающей цены на недвижимость. Актуальность исследования обусловлена необходимостью эффективной обработки больших объемов данных, где выбор информативного подмножества позволяет снизить вычислительные затраты и повысить точность оценок. Рассмотрены методы ОПЭ, основанные на критериях D-оптимальности и A-оптимальности, адаптированные для отбора наблюдений из существующих данных. На основе набора данных о домах в Калифорнии, США (N=20640), проведено сравнение указанных методов с методом случайного отбора.

This paper explores the application of optimal experimental design (OED) methods for constructing design subsets of data to estimate the parameters of a regression model describing real estate prices. The relevance of this study stems from the need for efficient processing of large datasets, where selecting an informative subset can reduce computational costs and increase the accuracy of estimates. OED methods based on the D-optimality and A-optimality criteria, adapted for selection from existing data, are considered. Based on a dataset of houses in California, USA (N=20640), a comparison of these methods with random sampling is performed.

Данная работа посвящена применению методов оптимального планирования эксперимента (ОПЭ) для построения оценочных подмножеств в задаче оценивания параметров регрессионной модели цен объектов недвижимости. Использование данных методов актуально, когда имеется большой объём данных, но для эффективной оценки параметров модели целесообразно выбрать информативное подмножество наблюдений, минимизируя вычислительные затраты и повышая точность оценок. Методы ОПЭ на основе критерия D- и A-оптимальности заимствованы из теории планирования эксперимента [1] и адаптированы для отбора подвыборок из существующих данных [4].

В данной работе используются следующие критерии оптимальности:

- Критерий D -оптимальности: $\varepsilon^* = \text{Arg max}_{\varepsilon} |\mathbf{M}(\varepsilon)|$.

Максимизирует детерминант информационной матрицы $\mathbf{M}(\varepsilon) = \mathbf{X}^T \mathbf{X}$, минимизируя объём доверительного эллипсоида оценок параметров.

- Критерий A -оптимальности: $\varepsilon^* = \text{Arg min}_{\varepsilon} \text{tr} \mathbf{M}^{-1}(\varepsilon)$.

Минимизирует след матрицы, обратной к информационной, минимизируя среднюю дисперсию оценок параметров.

Для практического применения методов был взят набор данных, относящихся к домам в одном из округов штата Калифорния в США и к некоторым сводным статистическим данным о них на основе данных переписи населения 1990 года [5]. Набор данных содержит 20640 наблюдений за 10 атрибутами, такие как долгота и широта расположения дома, средний возраст дома в квартале, общее количество комнат в квартале, общее количество спален в квартале, общее количество людей, проживающих в квартале, общее количество домохозяйств в квартале, медианный доход домохозяйств в пределах квартала, медианная стоимость дома для домохозяйств в пределах квартала, близость к океану (является категориальным фактором, поэтому в построении модели не используется).

В качестве целевой переменной y выберем медианную стоимость дома. Из остальных атрибутов составим матрицу факторов и добавим в неё столбец единиц. Столбец, содержащий данные об общем количестве спален в квартале, содержит пропущенные значения. Заполним их медианным значением столбца.

Построим линейную модель и найдем оценку вектора неизвестных параметров методом наименьших квадратов (МНК) [3].

Полученная оценка параметров методом наименьших квадратов на полной выборке:

$$\hat{\theta} = (-3,20 \cdot 10^6; -3,83 \cdot 10^4; -3,81 \cdot 10^4; 7,62 \cdot 10^2; -8,20; 73,31; -30,5; 67,4; 3,91 \cdot 10^4)^T.$$

Рассчитаем коэффициент детерминации R^2 для модели [2]:

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2},$$

где y_i – истинные значения отклика, $\hat{y}_i = \mathbf{f}(\mathbf{x}_i)\boldsymbol{\theta}_i$ – прогнозные значения отклика.

Коэффициент детерминации для модели, построенной с помощью МНК на полной выборке $R^2_{МНК} = 0,6055$, что указывает на приемлемую объясняющую способность (модель объясняет около 60% вариации цен).

С помощью методов, основанных на критериях D - и A -оптимальности, и случайного отбора построим оценочные подмножества размера $n = \{100; 200; 500; 1000; 2000\}$.

На рисунке 1 представлены результаты отбора наблюдений на примере атрибута *housing_median_age* (серые точки – все точки из полной выборки, черные звездочки – точки, отобранные в подвыборку).

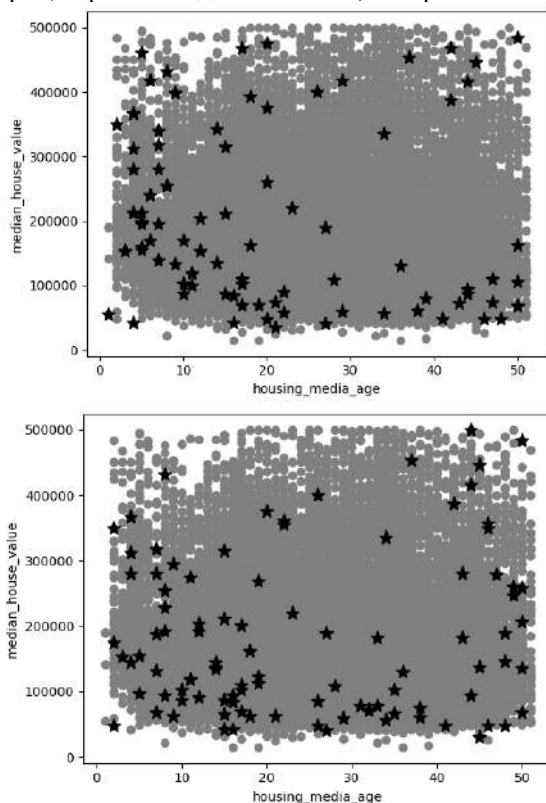


Рис. 1 - Отбор наблюдений в подвыборку методами, основанными на критериях D - и A -оптимальности, при $n = 100$

Из рисунка 1 можно увидеть, что методы, основанные на критериях *D*- и *A*-оптимальности, выбирают как очень "молодые" дома (с малым *housing_median_age*), так и очень "старые" дома. Они также выбирают точки из "середины" распределения возрастов, но меньше, чем по краям. В отличие от *D*-оптимальной подвыборки, метод, основанный на критерии *A*-оптимальности, более склонен к равномерному распределению точек по всему диапазону.

Для каждого из подмножеств рассчитаем R^2 . Результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Значение коэффициента детерминации для подвыборок

Размер подвыборки	Метод случайного выбора	Метод <i>D</i> -оптимального выбора	Метод <i>A</i> -оптимального выбора
100	0,58447	0,46611	0,48873
200	0,56824	0,50884	0,53485
500	0,59778	0,53057	0,55378
1000	0,60062	0,54524	0,56461
2000	0,60577	0,54460	0,56225

По результатам из таблицы 1 можно сделать следующие выводы:

Случайная выборка демонстрирует наилучшую обобщающую способность. Модель, обученная на случайно отобранных данных, лучше всего предсказывает значения для полной выборки, что подтверждает репрезентативность случайной подвыборки.

Модели, построенные на *D*-оптимальных подвыборках, имеют наихудшую обобщающую способность на данном наборе данных. Это согласуется с анализом графиков, где метод, основанный на критерии *D*-оптимальности, выбирает экстремальные точки, что, вероятно, не позволяет модели хорошо обобщаться на "средние" данные полной выборки.

Метод, основанный на критерии *A*-оптимальности, занимает промежуточное положение по обобщающей способности. Модели, обученные на *A*-оптимальных подвыборках, показывают лучшие результаты, чем на *D*-оптимальных, но всё ещё уступают случайному отбору. Это также соответствует нашему графическому анализу, где наблюдения, выбранные методом *A*-оптимального выбора, сильно концентрируются в определенных областях, но не так экстремально, как у *D*-оптимального.

Методы, основанные на критериях *D*- и *A*-оптимальности, несмотря на их теоретические преимущества в минимизации дисперсии оценок

параметров, в данном случае не смогли превзойти случайный отбор по критерию обобщающей способности на всей выборке. Это подчеркивает, что "оптимальность" по одному статистическому критерию (точность оценки параметров) не всегда совпадает с "оптимальностью" по другому (предсказательная сила модели на новых данных).

Литература:

1. Федоров В. В. Теория оптимального планирования эксперимента / В.В. Федоров – М.: Наука, 1971. – 312с.
2. Айвазян С. А. Прикладная статистика / С.А. Айвазян, И.С. Енюков, Л.Д. Мешалкин – М.: Финансы и статистика, 1985.–488с.
3. Дрейпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ: В 2 кн. Кн. 1. / Н. Дрейпер, Г. Смит – М.: Финансы и статистика. 1987.
4. Laura D. Optimal design subsampling from Big Datasets / D. Laura, T. Chiara // Journal of Quality Technology. № . 54 P. 93-101.
5. Набор данных «California Housing Prices» [Электронный ресурс] URL:
<https://www.kaggle.com/datasets/camnugent/california-housing-prices/data>
(дата обращения: 04.06.2025).

СОДЕРЖАНИЕ

НАУЧНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ – ИНФОРМАТИКА, АВТОМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ И ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

Секция АВТОМАТИКА, ИЗМЕРЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Волобуев К. А., Катасонов Д. Н., Трубин И. В.	Новосибирск	3
Сырцов И. А.	Курск	9
Васютин Я. А.	Новосибирск	13
Герасимов А. К., Колмогоров И. В.	Новосибирск	17
Матросова А. В.	Новосибирск	21
Чириков М. А.	Новосибирск	24
Азява Д. А.	Новосибирск	28
Итегелова В. О.	Новосибирск	34
Ануфриев М. А.	Новосибирск	38
Кабелин М. Д., Моисеев Д. А.	Новосибирск	41

Секция ИНФОРМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

Величко М. Е.	Новосибирск	45
Глауб Г. В., Загумеников С. Е., Зубков А. Д.	Новосибирск	50
Грищенко А. Д.	Новосибирск	54
Зайцев Н.С.	Новосибирск	58
Захлевный В. М., Еговцев А. А., Зубков А. Д.	Новосибирск	62
Зобов О. В.	Москва	66
Пьянков Д. А., Спиридонова Д. Ю.	Томск	70
Любивый А. А.	Новосибирск	73
Дьячкова М. С., Нечта И. В.	Новосибирск	76
Семенова С. С.	Новосибирск	81
Яковлев Е. П.	Новосибирск	85
Сизых Н. М.	Новосибирск	90
Бурлаков Н. Г., Еремеева В. В.	Новосибирск	95
Смыков Е. Д.	Новосибирск	99
Ревединский К. Д.	Новосибирск	103
Секачёв Г. М.	Новосибирск	106

Соколов П. Д.	Новосибирск	110
Шишкин Ю. М.	Новосибирск	115
Халеева У. И.	Нижний Новгород	119
Фисенко А. С.	Новосибирск	125
Овсяников К. Д.	Новосибирск	128
Мокроусов С. Д.	Новосибирск	134
Кочнев Д. К., Яковина И. Н.	Новосибирск	138
Исхаков Р. Э.	Уфа	140

**Секция ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЦИФРОВОЙ
ЭКОНОМИКЕ, УПРАВЛЕНИИ И В МЕДИЦИНЕ**

Анашкина И. В.	Новосибирск	145
Батаев А. Э.	Новосибирск	149
Батгеева М. Ю.	Новосибирск	154
Белетков А. Д.	Новосибирск	158
Беликов И. Ю.	Новосибирск	162
Варавин Я. Е.	Новосибирск	165
Величко М. Е.	Новосибирск	171
Видякова Е. Р.	Новосибирск	175
Воронов А. Д.	Новосибирск	181
Гордиенко Д. А., Хусаинов А. М.	Новосибирск	185
Григорьев В. А.	Новосибирск	190
Демченко С. С.	Новосибирск	194
Дмитриченко Д. А., Бакаев М. А.	Новосибирск	198
Зубкова А. В.	Новосибирск	203
Ижик В. А.	Новосибирск	208
Каштанов И. А., Волошин Р. Н.	Новосибирск	212
Косневич С. А.	Новосибирск	216
Крайнов Н. М.	Новосибирск	220
Лужков Н. Д., Вашпурина.И. С	Новосибирск	224
Манузина П. М.	Новосибирск	228
Мартынович О. Е.	Новосибирск	233
Мататова В. С.	Новосибирск	237
Никитин В. Э.	Новосибирск	241
Овсяников К. Д.	Новосибирск	246
Ревин О. Р.	Новосибирск	251
Савочка Д. В.	Новосибирск	255
Семенов М. Д., Скорых С. Р.	Новосибирск	259
Скоп Р. И.	Новосибирск	263
Сороколетова Е. Д.	Новосибирск	267

Тейхреб Э. А., Антонянц Е. Н.	Новосибирск	270
Терещенко Е. С.	Новосибирск	274
Токмин М. А.	Новосибирск	279
Хаустов Д. А., Трифонова С. В.	Новосибирск	282
Шумейко Б. Е.	Новосибирск	286

**Секция ИТ – РЕШЕНИЯ И ПЕРЕДОВЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ БУДУЩЕГО (ДЛЯ СПО И ШКОЛЬНИКОВ)**

Агзаев А. М.	Новосибирск	290
Дратова Д. А., Черных М. Ю.	Новосибирск	293
Шелинговский М. М.	Новосибирск	297
Огнерубов В. Д.	Искитим	300
Березкин П. В., Мишуrows З. В.	Новосибирск	303
Чехлов Д. О., Холин К. А.	Новосибирск	307
Коронатов Д. А.	Новосибирск	311
Никитин Н. А.	Новосибирск	315
Денисов Р. С.	Новосибирск	318
Безгина С. А.	Новосибирск	322
Блинов О. Н., Пантеев П. И.,	Новосибирск	330
Плескова В. А.		

**НАУЧНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ – ИНФОРМАЦИОННЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ
И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ**

**Секция МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, АНАЛИЗ
И ОБРАБОТКА ДАННЫХ**

Осинцева Е. А., Карманов В. С.	Новосибирск	333
Ермолаева К. В.	Новосибирск	337
Офицеров А. Д.	Новосибирск	342
Березенцев Т. Д., Черникова О. С.	Новосибирск	346
Лейсле Д. Е., Черникова О. С.	Новосибирск	348
Самойленко Р. В.	Новосибирск	351
Евланова С. А.	Новосибирск	355
Зобов О. В.	Москва	360

**Секция ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ В ТЕХНОЛОГИЯХ И ПРИРОДНЫХ ЯВЛЕНИЯХ**

Белявская М., Сухарева С. Ю.	Новосибирск	364
Бурнышев Е. К.	Новосибирск	368
Виноградов К. М.	Новосибирск	373
Киреев Д. Н.	Новосибирск	376
Кравец Е. А.	Новосибирск	381
Максютин А. С., Казайкин Д. С.	Железногорск	385
Петухов К. В.	Новосибирск	390
Присяжнюк А. В.	Новосибирск	395
Слобода В С.	Новосибирск	399

**Секция ТЕХНОЛОГИИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА,
МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПРЕДСКАЗАТЕЛЬНОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ**

Зобов О. В.	Москва	405
Самойленко Р. В.	Новосибирск	409
Маклакова Л. Ю.	Нижний Новгород	411
Комарова А. В.	Новосибирск	416
Грибков Д. Н.	Пенза	420
Сухоруков А. А., Сидоров В. В., Абдрашитов В. Р.	Томск	425
Зверев К. С.	Москва	430
Жданова Т. В.	Новосибирск	434
Гаврильев Э. И., Кутузова И. А.	Новосибирск	439
Довыденко А. П.	Новосибирск	444
Кузьминых И. А.	Новосибирск	447
Салимзянов А. Н., Кобылянский В. Г., Аврунев О. Е.	Новосибирск	451
Галета Н. Е.	Новосибирск	454
Кривецкий А. А., Карманов В. С.	Новосибирск	458
Грошев Д. Д., Киселев И. К., Яковина И. Н.	Новосибирск	462

Секция ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ,
СТАТИСТИКА И ЭКОНОМЕТРИКА

Бортников Н. Е., Тимофеев В. С.	Новосибирск	467
Гавриленко А. С., Карманов В. С.	Новосибирск	472
Дворецкая В. К., Тимофеев В. С.	Новосибирск	476
Евланова С. А., Чубич В. М.	Новосибирск	480
Ермолаев Р. В., Хайленко Е. А.	Новосибирск	485
Ерощенко А. А., Тимофеев В. С.	Новосибирск	490
Ершова К. А., Тимофеева А. Ю.	Новосибирск	494
Кривецкий А. А., Карманов В. С.	Новосибирск	497
Микерин Е. А., Фаддеенков А. В.	Норильск	502
Миронова Н. А., Фаддеенков А. В.	Норильск	506
Омельницкая Е. И., Хайленко Е. А.	Норильск	511
Осинцева Е. А., Карманов В. С.	Новосибирск	515
Рыбачёк Д. А., Тимофеева А. Ю.	Новосибирск	520
Рыжов А. Н., Фаддеенков А. В.	Норильск	524
Рыжов А. Н., Фаддеенков А. В.	Норильск	528
Самплина В. Р., Беляев И. С.	Норильск	532
Серов В. В., Сивак М. А.	Новосибирск	537
Стрижов В. А., Хайленко Е. А.	Новосибирск	542

НАУКА. ТЕХНОЛОГИИ. ИННОВАЦИИ
Сборник научных трудов в 9 частях

г. Новосибирск, 08 декабря - 12 декабря 2025 г.

Часть 1

Под редакцией Захаровой Е. В.

Подписано в печать 10.02.2026. Формат 60×84/16. Бумага офсетная.

Уч.-изд. л. 32,08. Печ. л. 34,5. Тираж 10 экз. Заказ №Р-05100

Отпечатано в типографии

Новосибирского государственного технического университета

630073, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20