

МОЛОДОЙ УЧЁНЫЙ

ISSN 2072-0297

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ



19 2026
ЧАСТЬ II

16+

Молодой ученый

Международный научный журнал

№ 19 (622) / 2026

Издается с декабря 2008 г.

Выходит еженедельно

Главный редактор: Ахметов Ильдар Геннадьевич, кандидат технических наук

Редакционная коллегия:

Жураев Хусниддин Олтинбоевич, доктор педагогических наук (Узбекистан)
Иванова Юлия Валентиновна, доктор философских наук
Каленский Александр Васильевич, доктор физико-математических наук
Кошербаева Айгерим Нуралиевна, доктор педагогических наук, профессор (Казахстан)
Куташов Вячеслав Анатольевич, доктор медицинских наук
Лактионов Константин Станиславович, доктор биологических наук
Сараева Надежда Михайловна, доктор психологических наук
Абдрасилов Турганбай Курманбаевич, доктор философии (PhD) по философским наукам (Казахстан)
Авдеюк Оксана Алексеевна, кандидат технических наук
Айдаров Оразхан Турсункожаевич, кандидат географических наук (Казахстан)
Алиева Тарана Ибрагим кызы, кандидат химических наук (Азербайджан)
Ахметова Валерия Валерьевна, кандидат медицинских наук
Бердиев Эргаш Абдуллаевич, кандидат медицинских наук (Узбекистан)
Брезгин Вячеслав Сергеевич, кандидат экономических наук
Данилов Олег Евгеньевич, кандидат педагогических наук
Дёмин Александр Викторович, кандидат биологических наук
Дядюн Кристина Владимировна, кандидат юридических наук
Желнова Кристина Владимировна, кандидат экономических наук
Жуйкова Тамара Павловна, кандидат педагогических наук
Игнатова Мария Александровна, кандидат искусствоведения
Искаков Руслан Маратбекович, кандидат технических наук (Казахстан)
Калдыбай Кайнар Калдыбайулы, доктор философии (PhD) по философским наукам (Казахстан)
Кенесов Асхат Алмасович, кандидат политических наук
Коварда Владимир Васильевич, кандидат физико-математических наук
Комогорцев Максим Геннадьевич, кандидат технических наук
Котляров Алексей Васильевич, кандидат геолого-минералогических наук
Кузьмина Виолетта Михайловна, кандидат исторических наук, кандидат психологических наук
Курпаяниди Константин Иванович, доктор философии (PhD) по экономическим наукам (Узбекистан)
Кучерявенко Светлана Алексеевна, кандидат экономических наук
Лескова Екатерина Викторовна, кандидат физико-математических наук
Макеева Ирина Александровна, кандидат педагогических наук
Матвиенко Евгений Владимирович, кандидат биологических наук
Матроскина Татьяна Викторовна, кандидат экономических наук
Матусевич Марина Степановна, кандидат педагогических наук
Мусаева Ума Алиевна, кандидат технических наук
Насимов Мурат Орленбаевич, кандидат политических наук (Казахстан)
Паридинова Ботагоз Жаппаровна, магистр философии (Казахстан)
Прончев Геннадий Борисович, кандидат физико-математических наук
Рахмонов Азизхон Боситхонович, доктор педагогических наук (Узбекистан)
Семахин Андрей Михайлович, кандидат технических наук
Сенцов Аркадий Эдуардович, кандидат политических наук
Сенюшкин Николай Сергеевич, кандидат технических наук
Султанова Дилшода Намозовна, доктор архитектурных наук (Узбекистан)
Титова Елена Ивановна, кандидат педагогических наук
Ткаченко Ирина Георгиевна, кандидат филологических наук
Федорова Мария Сергеевна, кандидат архитектуры
Фозилов Садриддин Файзуллаевич, кандидат химических наук (Узбекистан)
Яхина Асия Сергеевна, кандидат технических наук
Ячинова Светлана Николаевна, кандидат педагогических наук

Международный редакционный совет:

Айрян Заруи Геворковна, кандидат филологических наук, доцент (Армения)
Арошидзе Паата Леонидович, доктор экономических наук, ассоциированный профессор (Грузия)
Атаев Загир Вагитович, кандидат географических наук, профессор (Россия)
Ахмеденов Кажмурат Максutowич, кандидат географических наук, ассоциированный профессор (Казахстан)
Бидова Бэла Бертовна, доктор юридических наук, доцент (Россия)
Борисов Вячеслав Викторович, доктор педагогических наук, профессор (Украина)
Буриев Хасан Чутбаевич, доктор биологических наук, профессор (Узбекистан)
Велковска Гена Цветкова, доктор экономических наук, доцент (Болгария)
Гайич Тамара, доктор экономических наук (Сербия)
Данатаров Агахан, кандидат технических наук (Туркменистан)
Данилов Александр Максимович, доктор технических наук, профессор (Россия)
Демидов Алексей Александрович, доктор медицинских наук, профессор (Россия)
Досманбетов Динар Бакбергенович, доктор философии (PhD), проректор по развитию и экономическим вопросам (Казахстан)
Ешиев Абдыракман Молдоалиевич, доктор медицинских наук, доцент, зав. отделением (Кыргызстан)
Жолдошев Сапарбай Тезекбаевич, доктор медицинских наук, профессор (Кыргызстан)
Игисинов Нурбек Сагинбекович, доктор медицинских наук, профессор (Казахстан)
Кадыров Кутлуг-Бек Бекмурадович, доктор педагогических наук, и.о. профессора, декан (Узбекистан)
Каленский Александр Васильевич, доктор физико-математических наук, профессор (Россия)
Козырева Ольга Анатольевна, кандидат педагогических наук, доцент (Россия)
Колпак Евгений Петрович, доктор физико-математических наук, профессор (Россия)
Кошербаева Айгерим Нуралиевна, доктор педагогических наук, профессор (Казахстан)
Курпаяниди Константин Иванович, доктор философии (PhD) по экономическим наукам (Узбекистан)
Куташов Вячеслав Анатольевич, доктор медицинских наук, профессор (Россия)
Кыят Эмине Лейла, доктор экономических наук (Турция)
Лю Цзюань, доктор филологических наук, профессор (Китай)
Малес Людмила Владимировна, доктор социологических наук, доцент (Украина)
Нагервадзе Марина Алиевна, доктор биологических наук, профессор (Грузия)
Нурмамедли Фазиль Алигусейн оглы, кандидат геолого-минералогических наук (Азербайджан)
Прокопьев Николай Яковлевич, доктор медицинских наук, профессор (Россия)
Прокофьева Марина Анатольевна, кандидат педагогических наук, доцент (Казахстан)
Рахматуллин Рафаэль Юсупович, доктор философских наук, профессор (Россия)
Ребезов Максим Борисович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Россия)
Сорока Юлия Георгиевна, доктор социологических наук, доцент (Украина)
Султанова Дилшода Намозовна, доктор архитектурных наук (Узбекистан)
Узаков Гулом Норбоевич, доктор технических наук, доцент (Узбекистан)
Федорова Мария Сергеевна, кандидат архитектуры (Россия)
Хоналиев Назарали Хоналиевич, доктор экономических наук, старший научный сотрудник (Таджикистан)
Хоссейни Амир, доктор филологических наук (Иран)
Шарипов Аскар Калиевич, доктор экономических наук, доцент (Казахстан)
Шуклина Зинаида Николаевна, доктор экономических наук (Россия)

На обложке изображен Жан Пиаже (1896–1980), швейцарский психолог и философ.

Жан Пиаже родился в швейцарском Невшателе. Его отец, Артур Пиаже, был профессором средневековой литературы.

Жан очень рано проявил себя как одаренный ребенок. В подростковом возрасте Пиаже интересовался малакологией — разделом зоологии, изучающем моллюсков. Под руководством малаколога Поля Годе, директора Музея естественной истории в Невшателе, Жан Пиаже к моменту окончания школы опубликовал множество статей в специализированных журналах. После школы молодой человек продолжил изучать естественные науки в университете Невшателя, где впоследствии защитил докторскую диссертацию. Поворотным моментом для Жана стал семестр в Цюрихском университете, где он учился у основоположника аналитической психологии Карла Юнга и психиатра Эйгена Блейлера. Именно эти ученые пробудили в нем интерес к психоанализу. В 1919 году Пиаже покинул Швейцарию и переехал во Францию, начав обучение в Сорбонне.

В Париже Жан Пиаже год работал в школе для мальчиков, открытой французским психологом Альфредом Бине, известным как соавтор IQ-тестов. В школе Пиаже стандартизировал тест на интеллект, разработанный британским психологом Сирилом Бертом, адаптировал его для французских детей и начал проводить свои первые экспериментальные исследования детского мышления.

Когда Пиаже стал публиковать результаты своих психометрических экспериментов, его успехи заметили на родине. В 1921 году он вернулся в Женеву, где возглавил Институт Руссо — центр экспериментальных исследований в области детской психологии и образования, основанный неврологом и психологом Эдуардом Клапаредом. Там Пиаже продолжил свои исследования и по их результатам опубликовал в 1923 году один из своих главных трудов — «Речь и мышление ребенка».

Ключевой идеей Пиаже этого периода стало то, что маленьким детям свойственен эгоцентризм, то есть ребенок не понимает, что существуют другие точки зрения (как в прямом, так и в переносном смысле), отличные от его собственной. Эгоцентричность, согласно наблюдениям Пиаже, проявляется и в речи дошкольников, которые часто разговаривают сами с собой, а не с окружающими. Однако, взаимодействуя со сверстниками, сотрудничая и конфликтуя с ними, ребенок учится воспринимать разные точки зрения и постепенно формирует социализированное мышление. В более или менее оформленном виде оно утверждается к 12 годам.

В 1923 году Жан Пиаже женился на Валентин Шатенау. У пары родилось трое детей, и свое отцовство Пиаже тоже превратил в основательное исследование, внимательно на-

блюдая за когнитивным развитием собственных детей. Эти наблюдения легли в основу его теории адаптации, разработанной в 1930-х годах, и книги «Истоки мышления у детей», изданной в 1936 году.

В этот период своих исследований Жан Пиаже сфокусировался уже не на речи, а на том, как маленькие дети взаимодействуют с объектами окружающей среды.

С конца 1930-х годов Пиаже стал изучать, как дети выполняют логические операции, устанавливают причинно-следственные связи, определяют отношения «часть — целое» и так далее. На основе этих экспериментов и своих предыдущих наработок Пиаже пришел к выводу, что на каждой стадии развития ребенок конструирует определенные представления о реальности, соответствующие его возрасту. По мере взросления он воссоздает эти представления заново, уже на более сложном уровне, и таким образом переходит на следующий этап развития. Именно в этот период исследований Пиаже сформулировал суть своей теории четырех этапов когнитивного развития, которая стала классической. Эту теорию он изложил в книге «Психология интеллекта», впервые опубликованной в 1947 году.

Покинув пост директора Института Руссо в 1925 году, Жан Пиаже впоследствии занимал множество престижных постов. Но главным итогом организаторской деятельности Пиаже стал Международный центр генетической эпистемологии в Женеве, основанный им в 1955 году. Ученый руководил им бессменно до самой смерти. Генетическая эпистемология изучает происхождение, структуру и развитие знания на уровне отдельного человека и целых культур.

Вклад Пиаже в науку был отмечен высшими международными наградами. В 1972 году он стал лауреатом премии Эразма за вклад в европейскую культуру, а в 1979 году получил престижную премию Бальцана за работы в области социальных и политических наук. Отдельно стоит сказать об академическом авторитете Пиаже: ведущие университеты мира, включая Гарвард, Кембридж, Йель и Сорбонну, присвоили ему более 30 почетных докторских степеней (Honoris Causa). А в 1969 году Пиаже стал первым европейцем, получившим награду «За выдающийся научный вклад» от Американской психологической ассоциации (APA), что для того времени было редчайшим событием.

Жан Пиаже ушел из жизни в 1980 году и был похоронен в Женеве. О нем и его идеях написано множество книг, среди которых выделяются «Беседы с Жаном Пиаже» Жан-Клода Брингье и «Жан Пиаже, человек и его идеи» Ричарда Эванса. Сам ученый также оставил автобиографию, опубликованную в 1952 году.

*Информацию собрала ответственный редактор
Екатерина Осянина*

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕМАТИКА

Бабенышева А. С.

Математическое моделирование
эпидемических процессов79

ФИЗИКА

Слободчиков А. А.

Обзор применения искусственного
интеллекта для коррекции оптических
искажений и повышения качества
изображения в телескопических оптических
системах83

ХИМИЯ

Hasankhanova N. V., Farid N. T.

Catalytic conversion of methyl chloride
to light olefins: influence of reaction
conditions and product distribution.....85

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Алексеев В. О., Кузьмина А. А.

Автоматизация фотограмметрической
обработки изображений с использованием
систем искусственного интеллекта90

Безденежных В. А.

Организация обучения сотрудников
при внедрении ERP-системы на предприятии...92

Блиновский А. Д.

Оценка привлекательности объектов
недвижимости с помощью искусственного
интеллекта96

Высоцкий А. А.

Сравнительный анализ производительности
REST- и Event-driven архитектур в среде
Kubernetes99

Еськин Н. С.

Разработка мобильного приложения для
конфиденциальной передачи информации 101

Иванюков Н. А.

Алгоритмы автоматизации управленческих
решений в электронной коммерции
на основе rule-based подхода 103

Исаков Л. А.

Разработка робастного алгоритма
предиктивного анализа для мониторинга
состояния виртуальных машин..... 107

Коротов Д. В.

Разработка модуля автоматизированного
документирования программного кода
с контролем актуальности 109

Крашенин Д. А., Берестовой М. А.

Моделирование декодера кодов Голда
на основе метода зачётного отрезка
с децимацией в дискретных каналах
с высокой вероятностью битовых ошибок 113

Малютин М. М., Бурлака Г. С.

Разработка системы приоритизации
событий информационной безопасности
с использованием интеллектуального модуля
анализа 116

Пересада Н. А.

Исследование методов реализации
и сценариев применения ролевой модели
доступа в Linux 121

Погосова Ж. Г.

Инструменты при реализации процессов
взаимодействия с абитуриентами МГТУ
«СТАНКИН» 123

Slynko A. A., Tarasova N. V.

Analysis of registration of management
documents in Belgorod College of Public
Catering: current status and recommendations
for improvement 126

Стригина А. В.

Программный модуль визуализации
оборудования на мнемосхемах 128

**Терешкин В. П., Мелихов Н. Р., Морозов Р. Д.,
Мохов Т. С.**

Программная эмуляция распределённой
сенсорной сети для обнаружения
беспилотных летательных аппаратов 132

Хлызов А. В.

Исследование и разработка системы
автоматизированного управления сборочной
линией на базе программируемого
логического контроллера 136

Шумахер М. Е.

Применение микросервисной архитектуры
при разработке CRM-систем для
автоматизации бизнес-процессов в сфере
услуг 138

ЭКОЛОГИЯ**Береговая Д. В.**

Шумовое загрязнение мегаполиса: как
городской шум влияет на наше здоровье..... 141

Ганзориг О., Амаржаргал М.

Исследование сезонных и суточных
колебаний показателей качества воды
в небольшом искусственном озере 143

Козловский Н. С.

Экологическая ситуация вокруг птицефабрик
Оренбургской области 147

МАТЕМАТИКА

Математическое моделирование эпидемических процессов

Бабенышева Анастасия Сергеевна, студент
Оренбургский государственный медицинский университет

Математика в эпидемиологии представляет собой фундаментальную основу для понимания закономерностей распространения инфекционных заболеваний, прогнозирования динамики заболеваемости и оценки эффективности противоэпидемических мероприятий. Применение количественных методов — от классических детерминированных моделей до стохастических симуляций и агент-ориентированных подходов — позволяет формализовать процессы передачи инфекции, рассчитывать ключевые эпидемиологические показатели (базовый репродуктивный индекс R_0 , эффективную скорость распространения) и оптимизировать стратегии вакцинации, карантина и лечения. Современные математические модели активно используются при планировании ресурсов здравоохранения, оценке порога коллективного иммунитета и анализе сценариев развития пандемий.

Ключевые слова: эпидемиологическое моделирование, SIR-модель, базовый репродуктивный индекс, стохастические процессы, агент-ориентированное моделирование, прогнозирование пандемий, вакцинация, коллективный иммунитет.

Mathematical Modeling of Epidemic Processes

Mathematics in epidemiology provides a fundamental basis for understanding the patterns of infectious disease spread, predicting morbidity dynamics, and evaluating the effectiveness of anti-epidemic measures. The use of quantitative methods — from classical deterministic models to stochastic simulations and agent-based approaches — makes it possible to formalize infection transmission processes, calculate key epidemiological indicators (basic reproduction number R_0 , effective spread rate), and optimize vaccination, quarantine, and treatment strategies. Modern mathematical models are actively used in healthcare resource planning, herd immunity threshold assessment, and pandemic scenario analysis.

Keywords: epidemiological modeling, SIR model, basic reproduction number, stochastic processes, agent-based modeling, pandemic forecasting, vaccination, herd immunity.

Математика в эпидемиологии выполняет функцию универсального языка, позволяющего описывать распространение инфекций количественно. Благодаря математическим моделям удаётся формализовать динамику заболеваемости, оценивать влияние различных противоэпидемических мероприятий и прогнозировать исходы. В свою очередь, статистика помогает выявлять причинно-следственные связи, отличать реальные эпидемические тенденции от случайных колебаний.

Уже долгое время математика воспринимается как ключевой способ перевода эпидемиологических процессов в формализуемую систему. Она позволяет описывать динамику инфекций количественно, а не только на уровне наблюдений. Математика состоит из множества разделов и направлений, практически каждый из них находит применение в современной эпидемиологии.

Именно статистика считается базой доказательной эпидемиологии, так как она отделяет случайность от закономерности. С помощью статистики определяется требуемый объём выборки для серологических исследований, чтобы результат был надёжным. Доверительные интервалы показывают, насколько можно быть уверенным в оценках заболеваемости. Методы рандомизации исключают предвзятость при оценке эффективности вакцин. Без статистики любое эпидемиологическое исследование превращается в набор субъективных наблюдений.

Математическое моделирование позволяет воссоздать процессы, которые невозможно наблюдать напрямую. Например, модели распространения инфекций описывают передачу возбудителя с учётом контактной структуры популяции, длительности инкубационного периода и иммунного ответа. Эпидемиологические модели по-

могут изучать динамику заболеваемости и реакции системы здравоохранения на вспышки. Математика позволяет учитывать десятки переменных — что делает модели приближенными к реальности [1].

Также можно сказать, что математика влияет на разработку стратегий вакцинации. Модели иммунизации позволяют прогнозировать, какой охват населения необходим для достижения коллективного иммунитета. Фармако-эпидемиологические модели описывают связь между долей привитых и снижением заболеваемости в популяции [2].

Эпидемиология напрямую зависит от математических моделей распространения инфекций. Модели типа SIR делят население на группы — восприимчивые, заражённые и выздоровевшие — и позволяют прогнозировать скорость распространения заболевания. Более сложные модификации, такие как SEIR, добавляют группу контактировавших в инкубационном периоде, что особенно важно для инфекций с длительным латентным периодом.

Отдельного внимания заслуживает математическое описание эволюции возбудителя в ходе эпидемии. Вирусы и бактерии способны мутировать, и некоторые варианты могут обладать повышенной трансмиссивностью (способностью передаваться) или способностью ускользать от иммунного ответа, сформированного вакцинацией или перенесённым заболеванием. Математические модели, основанные на теории ветвящихся процессов и уравнениях популяционной генетики, позволяют прогнозировать, с какой вероятностью и как быстро доминирующий штамм сменится новым. Для этого используются стохастические модели отбора, в которых различные варианты возбудителя конкурируют между собой. Входные параметры таких моделей — относительная репродуктивная способность каждого варианта (насколько быстрее он распространяется по сравнению с исходным штаммом) и степень перекрёстного иммунитета (защищает ли старая инфекция от новой). Результаты моделирования помогают эпидемиологам своевременно корректировать прогнозы заболеваемости и оценивать, потребуется ли обновление вакцинных составов [3].

Ещё одна важная задача, решаемая с помощью математики в эпидемиологии, — это коррекция официальных статистических данных на неполноту регистрации. В любой эпидемии часть инфицированных протекает бессимптомно или с лёгкими симптомами, не обращаясь за медицинской помощью, поэтому официальное число случаев занижено. Математические методы позволяют оценить истинный масштаб заражения. Для этого применяются подходы на основе опросов (серологические исследования, где измеряется доля людей с антителами) и статистические модели, экстраполирующие данные выборочных обследований на всю популяцию. Также используются модели, учитывающие задержки между заражением, появлением симптомов, обращением за помощью и регистрацией случая. С помощью таких корректировок уточняется коэффициент летальности (доля умерших

среди всех инфицированных) и строятся более реалистичные прогнозы развития эпидемии. Без математической коррекции эпидемиологические показатели могут быть занижены в несколько раз, что приводит к ошибочным управленческим решениям [4].

Отдельного внимания заслуживает сфера анализа больших эпидемиологических данных. Математика является основой анализа массивов данных о заболеваемости, мобильности населения и генетических последовательностях возбудителей. Методы регрессии, кластеризации и факторного анализа выявляют скрытые паттерны пространства. С помощью математических подходов выявляются группы риска и взаимосвязи между параметрами окружающей среды и заболеваемостью [5].

В диагностике эпидемической ситуации математика играет роль инструмента, который помогает увидеть скрытые закономерности в эпидемиологических данных. С её помощью автоматизированные алгоритмы способны сравнивать текущие показатели заболеваемости с многолетними базами данных. При анализе временных рядов математические методы формируют количественные характеристики — например, скорость роста, показатель воспроизводства, индекс летальности, — что позволяет выделять тревожные тенденции с высокой точностью. Статистические оценки указывают эпидемиологу, насколько выявленное изменение может быть значимым. Нередко математические модели фиксируют начало вспышки за несколько дней до того, как она становится очевидной при визуальном анализе [6].

В организации противоэпидемических мероприятий математические модели выполняют роль виртуального полигона, где можно заранее просчитать, как поведёт себя эпидемия в ответ на те или иные вмешательства. Цифровые модели распространения инфекции позволяют эпидемиологам рассматривать различные сценарии и тестировать варианты ограничительных мер. Расчёт эпидемиологических показателей помогает предугадать, насколько эффективными будут масочный режим, социальное дистанцирование или закрытие школ. Модели гемодинамики эпидемического процесса дают возможность оценить вероятность перегрузки системы здравоохранения.

В целом, математические методы применяются во всех сферах эпидемиологии. Например, анализ пространственного распространения инфекций активно использует математический аппарат для оценки того, как заболевание перемещается между регионами. Алгоритмы кластеризации изучают географическую структуру заболеваемости, позволяя фиксировать малейшие очаговые скопления. Модели метапопуляций помогают воссоздавать перемещение возбудителя между городами и странами и предсказывать, какие территории окажутся под наибольшим ударом [7].

Особую практическую ценность представляют математические модели, предназначенные для количественной оценки результативности карантинных ограничений. В отличие от простого сравнения заболеваемости «до» и

«после» введения мер, математический подход позволяет рассчитать контрфактический сценарий — то есть предсказать, сколько случаев удалось предотвратить благодаря вмешательству. Для этого используются модели с переключением режимов, где параметр передачи инфекции β уменьшается в определённый момент времени. Сравнивая реальное число заражённых с тем, что предсказывает модель без вмешательства, эпидемиологи получают оценку эффективности карантина в цифрах. Более того, с помощью оптимизационных алгоритмов можно рассчитать, какую интенсивность ограничений нужно сохранить, чтобы удержать репродуктивный индекс R_t ниже единицы при минимальных социально-экономических издержках. Такие расчёты неоднократно применялись в ходе пандемии COVID-19 для обоснования решений о введении или снятии локдаунов.

Отдельного внимания заслуживают управленческие процессы в контексте органов здравоохранения и противоэпидемических служб. Модели теории очередей показывают, где могут возникать узкие места и как распределить потоки пациентов с подозрением на инфекцию, чтобы люди меньше ждали тестирования. Методы оптимизации помогают сформировать расписание работы прививочных пунктов так, чтобы нагрузка на персонал была равномерной. Статистические прогнозы позволяют заранее определить, сколько потребуется тест-систем, средств индивидуальной защиты или какое количество коек в инфекционных отделениях будет занято в определённый период. Во время пандемий такие модели показали высокий уровень эффективности, так как они помогали оценить пределы возможностей системы и планировать ресурсы [8].

Также математика широко используется в эпидемиологическом надзоре за инфекциями, связанными с оказанием медицинской помощи. Датчики и системы электронного документооборота фиксируют случаи внутрибольничного

инфицирования, и все эти показатели переводятся в числовые ряды. Математическая обработка позволяет понять, происходит ли реальный рост заболеваемости и в какой момент нужно вмешиваться. В системах эпидемиологической разведки расчёты помогают адаптировать пороги срабатывания сигналов тревоги под конкретную ситуацию, чтобы не пропустить начало вспышки.

Далее следует выделить риски, связанные с математикой в эпидемиологии. Можно отметить следующие аспекты:

1. Нехватка цифровой грамотности у эпидемиологов и врачей — это может привести к неверной интерпретации результатов моделирования, неправильной оценке эпидемической ситуации.
2. Недостаточное качество данных — риск заключается в ложных выводах и прогнозах из-за неполноты регистрации, задержек в отчётности и систематических ошибок сбора.
3. Ограниченность математических моделей — самый высокий риск, так как модели упрощают реальность (гомогенное смешивание, отсутствие возрастной и социальной структуры), но при этом не всегда учитывают индивидуальные особенности популяции — это также может привести к ошибочным прогнозам.
4. Проблемы совместимости программ. Разные учреждения используют разное ПО для эпидемиологического анализа, что затрудняет интеграцию математических решений и обмен данными.
5. Некоторые специалисты считают математические модели «непонятными» и «ненадёжными», предпочитая интуитивные оценки вместо количественного анализа.

В заключение следует отметить:

— Математика в эпидемиологии выступает не вспомогательным, а системообразующим инструментом, который позволяет соединить процессы передачи инфекций и практику противоэпидемических мероприятий в единую логически структурированную систему.

Таблица 1. Пути минимизации рисков применения математики в эпидемиологии

Риск	Путь минимизации риска
Нехватка цифровой и математической грамотности у эпидемиологов	Введение обязательных курсов по эпидемиологическому моделированию, работе со статистическими программами (R, Python), а также регулярные программы повышения квалификации по цифровой эпидемиологии
Низкое качество эпидемиологических данных	Стандартизация процедур сбора данных, внедрение автоматизированной валидации, очистки и нормализации данных, переход на единые электронные системы регистрации с обязательными структурированными полями
Ограниченность математических моделей (упрощение реальности, отсутствие учёта индивидуальных особенностей популяции)	Использование гибридных моделей, регулярное обновление алгоритмов на основе новых данных, включение дополнительных переменных (возраст, социальная активность, коморбидность), а также обязательная верификация моделей на исторических данных
Несовместимость программного обеспечения в разных медучреждениях	Переход на единые стандарты обмена эпидемиологическими данными (HL7, FHIR, стандарты ВОЗ), унификация ПО, создание совместимых платформ и модулей интеграции между системами
Недоверие специалистов и низкая готовность использовать математические модели	Создание понятных интерфейсов, использование визуализации прогнозов с доверительными интервалами, демонстрация клинической и управленческой эффективности алгоритмов, пилотные внедрения с обучением персонала

— Современная эпидемиология функционирует в условиях огромного потока данных (случаи заболевания, генотипирование, мобильность, климатические факторы), и именно математический аппарат позволяет делать этот поток управляемым и осмысленным.

— Количественные методы дают возможность обнаруживать закономерности, которые невозможно заметить при визуальном анализе эпидемических кривых.

— Анализ статистических зависимостей помогает эпидемиологам и руководителям здравоохранения принимать обоснованные решения, основанные не на опыте или интуиции, а на измеримых фактах.

— Математические модели распространения инфекций обеспечивают воспроизводимость, а значит — возможность проверки и критического анализа результатов.

Литература:

1. Марчук Г. И. Избранные труды. Т. 4: Математическое моделирование в иммунологии и медицине / Г. И. Марчук. — М.: Российская академия наук, 2018. — 976 с. — ISBN 978-5-906906-32-8.
2. Янчевская Е. Ю., Меснянкина О. А. Математическое моделирование и прогнозирование в эпидемиологии инфекционных заболеваний // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Медицина. — 2019. — Т. 23, № 3. — С. 328–334. — DOI: 10.22363/2313-0245-2019-23-3-328-334.
3. Романюха А. А. Математические модели в иммунологии и эпидемиологии инфекционных заболеваний. — 4-е изд., электрон. — М.: Литрес, 2024. — 296 с.
4. Гущин В. А., Мануйлов В. А., Мазунина Е. П. и др. Иммунологическая память как основа рациональной вакцинопрофилактики населения. Обоснование создания системы сероэпидемиологического мониторинга в России // Вестник РГМУ. — 2017. — № 5. — С. 5–28.
5. Бочаров Г. Н., Марчук Г. И. Прикладные проблемы математического моделирования в иммунологии // Журнал вычислительной математики и математической физики. — 2000. — Т. 40, № 12. — С. 1905–1920.
6. Руднев С. В., Романюха А. А., Яшин А. И. Моделирование развития Т-системы иммунитета и оценка эффективности распределения ресурсов // Математическое моделирование. — 2007. — Т. 19, № 1. — С. 25–42.
7. Стрижевская В. А., Ермолаева Ю. А. Исследование вопроса вакцинации в современном социуме: «за» или «против» // Научные высказывания. — 2025. — № 8 (76). — С. 21–26.
8. Сидоров А. А., Астафьев Р. У., Горшунова Т. А., Морозова Т. А. Математическое моделирование динамики эпидемий и распространения заболеваний с использованием модели SIR // Московский экономический журнал. — 2025. — № 11. — С. 45–66. — DOI: 10.55186/2413046X_2025_10_11_246.

ФИЗИКА

Обзор применения искусственного интеллекта для коррекции оптических искажений и повышения качества изображения в телескопических оптических системах

Слободчиков Алексей Александрович, студент
Филиал Национального исследовательского университета «МЭИ» в г. Смоленске

В статье рассматривается применение методов искусственного интеллекта для коррекции оптических искажений и повышения качества изображений в телескопических системах.

Современная астрономия стремится к получению предельно высокого разрешения изображений, что открывает пути для углубленного изучения космических объектов. Тем не менее, регистрируемые телескопическими системами снимки неизбежно искажаются под воздействием комплекса факторов: от оптических аберраций и несовершенства фотоприемников до динамических искажений, возникающих при слежении за быстродвижущимися целями.

До эпохи цифровых технологий лидирующими подходами к обработке астрономических снимков были ручной труд и классические алгоритмы. Внедрение адаптивной оптики позволило частично уменьшить атмосферные помехи, однако высокая стоимость и техническая сложность таких решений ограничивали их применение исключительно крупными обсерваториями. Прорыв в области машинного обучения и искусственного интеллекта (ИИ) в последние годы обеспечил доступ к высококачественной обработке, сделав ее достоянием, как профессионалов, так и астрономов-любителей.

Активное внедрение технологий ИИ в астрономическую практику относится к началу XXI века. Знаковым отечественным достижением стала разработка коллектива Южного федерального университета под руководством Максима Хисамутдинова. Полученный с использованием этой системы снимок МКС удостоился победы на международном конкурсе астрофотографии в 2024 году. Параллельно исследования в данном русле велись в МФТИ, УрФУ и Самарском университете. Сегодня российские научные группы вносят весомый вклад в эволюцию нейросетевых алгоритмов для астрономии.

Ключевым преимуществом нейросетей является их способность выявлять скрытые закономерности и признаки, недоступные для традиционных методов. Искусственный интеллект не просто подавляет шумы матриц, но и реконструирует утраченные элементы изображения, опираясь на опыт, полученный в ходе обучения на массивах эталонных данных. Результат такой реконструкции наглядно продемонстрирован на Рисунке 1.

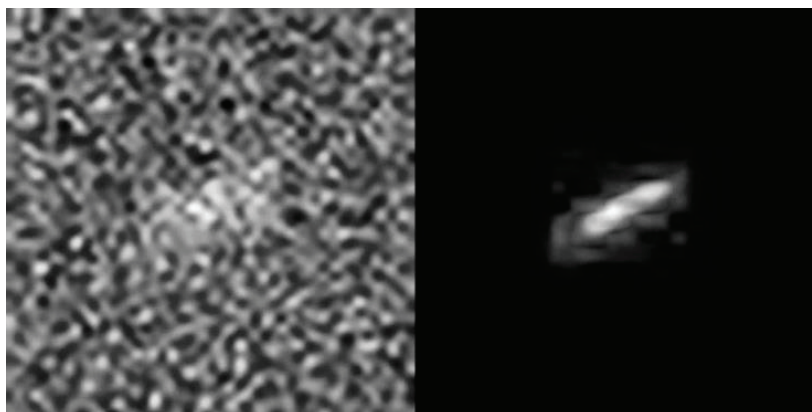


Рис. 1. Изображение до и после обработки искусственным интеллектом

Детальные архитектуры нейросетей разработчики обычно не раскрывают — это коммерческая тайна. Однако общий принцип везде схож: сеть тренируют на парах «плохой кадр — хороший кадр». Роль эталонов играют либо снимки с более мощных телескопов, либо смоделированные изображения, либо результаты сложного усреднения множества кадров.

Хорошо этот подход виден на примере разработки ЮФУ [1]. Их интеллектуальная камера выдает до 300 кадров в секунду при съемке быстрых целей вроде МКС и до 1000 — для мелких объектов (например, спутников). В реальном времени нейросеть делает три вещи: стабилизирует картинку, выделяет нужный объект и суммирует кадры в один с большим качеством. Чтобы не тратить ресурсы на пустое небо, используется динамическое окно — обрабатывается только область с объектом.

Главное, что дает машинное обучение — это рост дальности и детальности съемки по сравнению с классическими методами. Благодаря накопленному опыту нейросеть знает, что искать и как дополнить изображение. Разработки ЮФУ позволяют получать качественное изображение объектов на околоземной орбите буквально любительским оборудованием — раньше такое могли только крупные обсерватории [1].

Нейросетевые подходы эффективны в условиях априорной неопределённости, тогда как классические методы требуют предварительного математического моделирования искажений. Исследователи Самарского университета и Университета ИТМО разработали алгоритм распознавания волновых искажений с точностью 99,7 %,

который анализирует изображение и определяет тип аберрации без сложных измерительных систем [7].

Нейросетевые алгоритмы также позволяют корректировать работу телескопов в процессе эксплуатации без физического вмешательства. Например, система AMIGO, адаптированная российскими специалистами для телескопа «Джеймс Уэбб», компенсирует дефекты детектора в автоматическом режиме на расстоянии свыше миллиона километров от Земли [3, 8].

Нейросети в астрономии давно вышли за рамки простого улучшения картинки — спектр их задач куда шире. Например, поиск планет по данным «Кеплера» и TESS: тут отличилась совместная разработка УрФУ и NASA под названием EхоMiner++ [3]. Другой пример — система «Страж» из МФТИ, которая автоматически классифицирует переменные звёзды [2]. Те же алгоритмы помогают отслеживать космический мусор и упрощают навигацию аппаратов (работа группы Н. Завьяловой, МФТИ [6]), а ещё — диагностировать волновые искажения (исследования Самарского университета и ИТМО [4]).

Таким образом, методы машинного обучения становятся неотъемлемым инструментом современных телескопических оптико-электронных систем, обеспечивая решение широкого круга задач — от повышения качества изображений до автоматизации поиска и классификации объектов. Дальнейшее развитие нейросетевых технологий будет способствовать расширению их применения, как в фундаментальных научных исследованиях, так и в прикладных областях, связанных с оптическими системами.

Литература:

1. Разработка учёного ЮФУ повысит качество фото космических объектов // Наука РФ. 2024. URL: <https://xn--80aa3ak5a.xn--p1ai/news/razrabotka-uchyenogo-yufu-povysit-kachestvo-foto-kosmicheskikh-obektov/> (дата обращения: 09.03.2026).
2. В МФТИ разработали систему для автоматического обнаружения и классификации переменных звезд // Московский физико-технический институт. 2025. URL: <https://new.mipt.ru/news/v-mfti-razrabotali-sistemu-dlya-avtomaticheskogo-obnaruzheniya-i-klassifikatsii-peremennykh-zvezd> (дата обращения: 09.03.2026).
3. Ученые создали нейросеть нового поколения для поиска экзопланет // Научная Россия. 2025. URL: <https://scientificrussia.ru/articles/ucenye-sozdali-nejroset-novogo-pokolenia-dla-poiska-ekzoplanet> (дата обращения: 10.03.2026).
4. ИИ-помощник астрономов: нейросеть с участием УрФУ учится находить новые миры // Уральский федеральный университет. 2025. URL: <https://2030.urfu.ru/news/550> (дата обращения: 11.03.2026).
5. Создан улучшающий навигацию в космосе алгоритм // ТАСС. 2024. URL: <https://tass.ru/nauka/22772723> (дата обращения: 11.03.2026).
6. Новости науки. В МФТИ разработали систему «Страж» для мониторинга космических угроз // Независимая газета. 2025. URL: https://nvo.ng.ru/nauka/2025-06-24/10_9279_science.html (дата обращения: 11.03.2026).
7. Северо-Западный университет и университет Цинхуа создали ИИ для улучшения снимков телескопов // Хабр. — 13.04.2023. — URL: <https://habr.com/ru/news/728804/> (дата обращения: 13.03.2026).

ХИМИЯ

Catalytic conversion of methyl chloride to light olefins: influence of reaction conditions and product distribution

Hasankhanova Nadira Vagif, doctor of philosophy in chemistry (phd), leading researcher
Institute of Petrochemical Processes named after Yu. G. Mamedaliyev NAS of Azerbaijan (Baku, Azerbaijan)

Farid Nasirli Tahir, master's student
Azerbaijan State University of Oil and Industry (Baku, Azerbaijan)

In this study, the catalytic conversion of methyl chloride (CH_3Cl) to light olefins over a SAPO-34 molecular sieve catalyst was experimentally investigated. The influence of key operating parameters, particularly reaction temperature and weight hourly space velocity (WHSV), on process performance was evaluated. It was found that under optimal conditions ($435\text{--}455^\circ\text{C}$ and WHSV in the range of $700\text{--}850\text{ h}^{-1}$), methyl chloride conversion reaches $68\text{--}74\%$, while selectivity toward light olefins varies between 79 and $82\text{ mol } \%$.

The obtained results indicate that the reaction proceeds with the participation of active organic intermediate species formed within the microporous structure of the catalyst, which play a decisive role in determining product distribution. The decrease in catalytic activity during operation is mainly associated with the formation of carbonaceous deposits. However, regeneration experiments demonstrate that thermal treatment in an oxidative environment effectively restores catalytic activity to a significant extent.

These findings confirm that the SAPO-34 catalyst is effective for the conversion of methyl chloride into light olefins and highlight the potential of this approach for industrial applications.

Introduction

Light olefins, particularly ethylene and propylene, are among the most important primary feedstocks in the modern petrochemical industry and have a wide range of applications [1, 2]. These compounds play a key role in the production of polymeric materials, synthetic fibers, and various organic chemicals. Therefore, their efficient production remains a subject of extensive research [3].

Traditionally, olefins are produced via steam cracking, a process characterized by high energy consumption and strong dependence on liquid hydrocarbon feedstocks [3, 4]. As a result, increasing attention has been directed toward alternative technologies based on natural gas resources [4, 5].

The catalytic conversion of methyl chloride to light olefins (CTO process) has emerged as a promising alternative route. This process enables the direct transformation of an intermediate obtained via methane chlorination into olefins, thereby reducing process complexity and eliminating intermediate synthesis steps [5]. From a mechanistic perspective, the CTO process is analogous to the methanol-to-olefins (MTO) reaction, and therefore similar catalytic systems are employed [6, 7].

SAPO-34 molecular sieve catalysts exhibit high performance in these processes due to their CHA-type microporous structure. This structure creates a confined reaction environment that promotes the formation of hydrocarbon pool intermediates, which play a central role in olefin generation [8,9]. As a result, the formation of heavier hydrocarbons is suppressed, while selectivity toward light olefins is enhanced.

Furthermore, the efficiency of the process depends not only on catalyst properties but also on key operating parameters such as temperature, contact time, and feed flow rate [10, 11]. Careful optimization of these parameters is essential to achieve high conversion and selectivity.

Catalyst deactivation during operation, mainly caused by coke formation, represents a major challenge affecting process stability [12, 13]. Recent studies have shown that the use of naturally derived materials and composite catalyst systems can improve catalytic performance and resistance to deactivation [14, 15].

In this context, a comprehensive understanding of the structural properties of SAPO-34 catalysts, the reaction mechanism, and the interplay between operating parameters is essential for improving process efficiency and advancing CTO technology [11,16].

Experimental Section

The SAPO-34 molecular sieve catalyst was synthesized using a hydrothermal approach. For this purpose, aluminum, phosphorus, and silicon precursors were combined in appropriate proportions to form a uniform reaction mixture. An organic structure-directing agent was then introduced, and the system was transformed into a homogeneous gel. The resulting gel was transferred into a Teflon-lined autoclave and maintained under autogenous pressure at 180°C for 24 hours to allow crystallization to proceed.

Following the crystallization step, the solid product was separated by filtration, thoroughly washed several times with distilled water, and subsequently dried at moderate temperature. The dried material was then subjected to thermal treatment at approximately 550°C. During this stage, the organic template decomposed, leading to the development of the internal pore structure and activation of the catalyst.

The structural features of the synthesized material were examined by Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy. Spectra were recorded over a wide wavenumber range, and the observed absorption bands were interpreted in relation to the framework structure. Strong bands in the region of 1080–1100 cm⁻¹ were attributed to vibrations associated with oxygen bridges within the silicoaluminophosphate framework. Additional signals observed at lower frequencies, particularly around 600 cm⁻¹, confirmed the presence of a microporous structure. Broad absorption features detected in the higher wavenumber region were assigned to surface hydroxyl groups.

Catalytic performance was evaluated in a tubular fixed-bed reactor under controlled conditions. A defined amount of catalyst was loaded into the reactor and activated in situ under an inert atmosphere prior to the reaction. The feed containing methyl chloride was introduced together with a carrier gas, ensuring steady operating conditions throughout the experiment. Reaction temperature was varied over a wide range, while the feed rate was adjusted to achieve the desired WHSV values.

The gaseous reaction products were analyzed using gas chromatography equipped with a flame ionization detector (FID). Quantitative analysis was carried out based on prior calibration of the system. Conversion of the feed and product distribution were calculated from the composition of the outlet stream.

Since a gradual decline in catalytic activity was observed during operation, the regeneration behavior of the catalyst was also investigated. The spent catalyst was treated at elevated temperature in an oxygen-containing atmosphere, and subsequent tests demonstrated that the catalytic performance was largely restored.

To ensure reliability, each experimental condition was repeated multiple times, and the reported values represent averaged results. The variation between repeated measurements remained low, confirming the consistency and reproducibility of the data.

Results and Discussion

The effect of reaction temperature on methyl chloride conversion and light olefin selectivity is presented in Table 1. Temperature is one of the most important variables in the CTO process because it influences both the activation of methyl chloride and the rate of secondary transformations.

Table 1. Effect of temperature on catalytic performance

T (°C)	Conversion (%)	Selectivity (%)	Yield (%)
420	57±2	75±2	42.8
435	66±2	79±2	52.1
445	72±3	82±2	59.0
455	70±2	81±2	56.7
470	61±3	76±3	46.4

As the temperature increased from 420 to 445°C, methyl chloride conversion increased from 57 ± 2 % to 72 ± 3 %. This behavior can be explained by the improved activation of CH₃Cl molecules on Brønsted acid sites of SAPO-34. In the same temperature region, selectivity toward light olefins also increased and reached 82 ± 2 mol %, indicating that the formation of the desired products was favored under these conditions.

A further increase in temperature did not improve the process. At 455°C the conversion slightly decreased, while at 470°C both conversion and selectivity dropped more noticeably. This decline is associated with the increasing contribution of hydrogen transfer, oligomerization and aromatization reactions. These side reactions consume active intermediates and accelerate the formation of heavier hydrocarbons and carbonaceous deposits. Therefore, the best catalytic performance was achieved near 445°C, where the balance between methyl chloride activation and secondary reactions was most favorable.

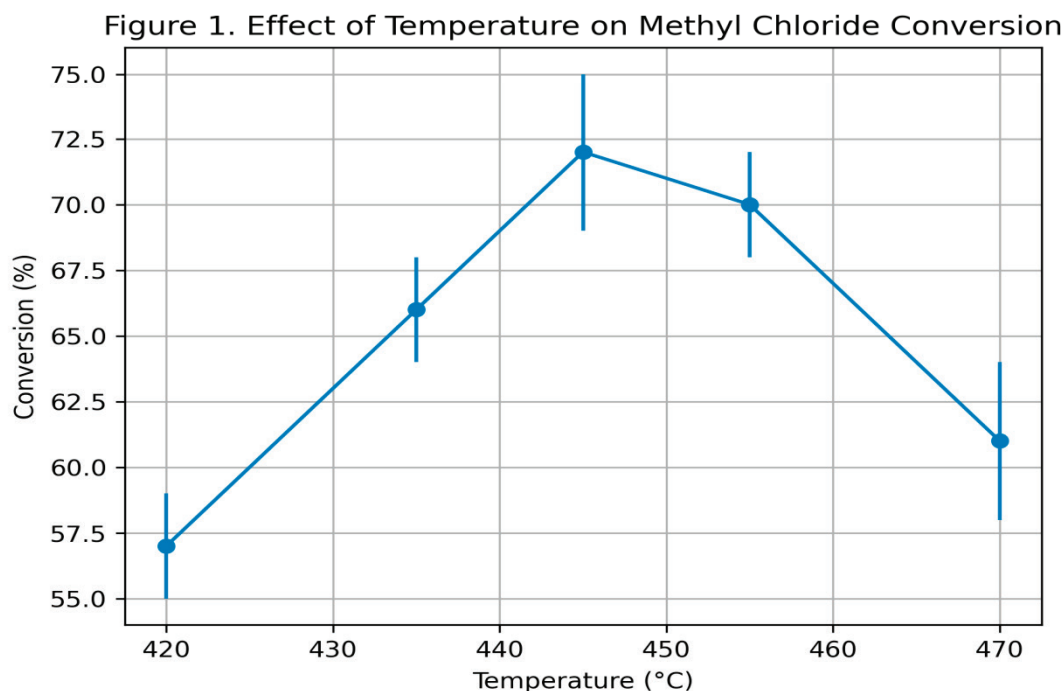


Fig. 1. Effect of temperature on methyl chloride conversion over SAPO-34 catalyst. Error bars represent standard deviation

The influence of weight hourly space velocity on catalytic performance is summarized in Table 2. WHSV controls the contact time between methyl chloride and the catalyst surface. Therefore, it directly affects both conversion and product selectivity.

Table 2. Effect of WHSV on catalytic performance

WHSV (h ⁻¹)	Conversion (%)	Selectivity (%)	Yield (%)
600	74±2	76±2	56.2
700	72±2	79±2	56.9
800	70±2	82±2	57.4
900	68±2	81±2	55.1
1000	65±3	78±2	50.7

Gas chromatographic analysis showed that ethylene and propylene dominate the product distribution, with estimated yields of 20–25 % and 18–22 %, respectively.

At the lowest WHSV value, 600 h⁻¹, the conversion was relatively high because of the longer contact time. However, selectivity toward light olefins remained lower than under intermediate conditions. This indicates that prolonged residence time promotes not only the primary formation of olefins but also further transformations of these products.

When WHSV increased to 800 h⁻¹, selectivity reached its highest value of 82 ± 2 mol %. The shorter residence time limited the extent of secondary reactions and helped preserve the desired product fraction. At WHSV values higher than 900 h⁻¹, the conversion gradually decreased because the contact time became insufficient for complete conversion of methyl chloride. Thus, the most favorable WHSV range was 700–850 h⁻¹ where conversion and selectivity were both maintained at acceptable levels.

The trends shown in Figures 1 and 2 confirm that the catalytic system has a clear optimum rather than a simple monotonic response. In Figure 1, the conversion curve rises sharply up to 445°C and then decreases. This shape reflects the transition from a temperature-limited regime to a region where secondary reactions and catalyst deactivation become more important.

Figure 2 shows that the selectivity profile follows a bell-shaped dependence on WHSV. At low WHSV, the longer residence time favors secondary conversion of olefinic products. At very high WHSV, reactant-catalyst contact is insufficient. The intermediate WHSV region therefore provides the most suitable kinetic environment for light olefin formation.

The catalytic conversion of methyl chloride over SAPO-34 can be interpreted through the hydrocarbon pool mechanism. According to this model, the reaction is not limited to a direct transformation of CH₃Cl into olefins. Instead, organic intermediate species are generated inside the microporous cages of the catalyst and participate in repeated methylation and cracking cycles.

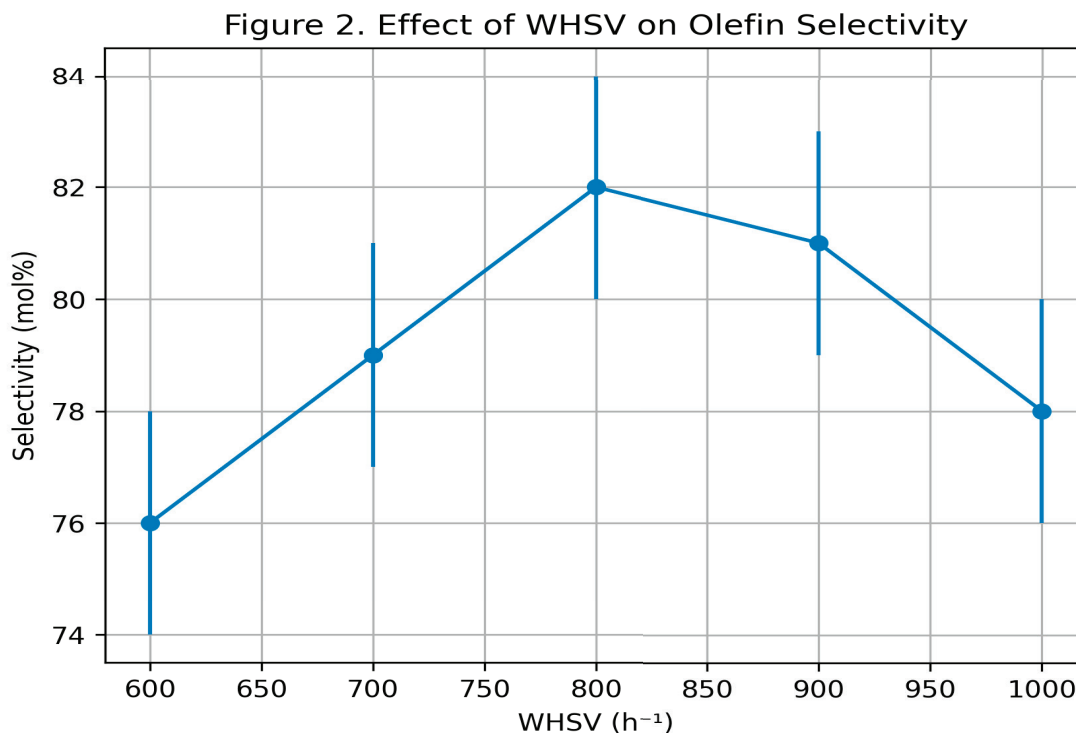


Fig. 2. Effect of WHSV on light olefin selectivity over SAPO-34 catalyst. Error bars represent standard deviation

Polymethylated aromatic species are usually considered the key active intermediates in this type of reaction network. Their formation explains the induction behavior often observed at the early stage of the process. Once these organic species are established inside the catalyst pores, they promote the selective formation of ethylene and propylene.

The FTIR results support the structural suitability of the synthesized SAPO-34 catalyst. The presence of framework vibration bands and surface hydroxyl groups indicates that the material contains the structural and acidic features required for catalytic activity. At the same time, excessive accumulation of hydrocarbon intermediates can lead to carbon deposition, which gradually decreases catalyst performance.

Catalyst deactivation is mainly related to the formation of carbonaceous deposits inside the microporous structure. These deposits reduce the accessibility of active acid sites and hinder the diffusion of reactants and products. The decrease in performance at higher temperatures is consistent with this interpretation, because elevated temperature accelerates secondary reactions and coke formation.

Regeneration experiments showed that this deactivation is largely reversible. Oxidative treatment removes a significant part of the carbon-containing deposits and restores catalytic activity. This behavior is important for practical application, since long-term use of the catalyst requires repeated reaction-regeneration cycles.

The obtained results suggest that SAPO-34-based CTO systems can be further considered for continuous operation. The identified temperature and WHSV ranges provide useful guidance for process optimization. In industrial practice, fluidized-bed reactor configurations may be advantageous because they allow continuous catalyst circulation, efficient heat transfer and in situ regeneration.

The combination of high olefin selectivity, controllable deactivation and effective regeneration makes SAPO-34 a promising catalyst for the conversion of methyl chloride into light olefins. These features are especially relevant for processes aimed at the chemical valorization of natural gas-derived feedstocks.

Conclusion

The obtained results demonstrate that the SAPO-34 catalyst provides selective performance in the conversion of methyl chloride to light olefins. The reaction outcome is strongly dependent on operating parameters, and a distinct optimum is observed within a relatively narrow range of temperature and space velocity.

At approximately 445°C and WHSV of 700–850 h^{-1} , the process reaches its most favorable regime, where methyl chloride conversion approaches 70–72 %, while the selectivity toward C_2 – C_3 olefins remains at about 80–82 mol %. Under these conditions, the overall yield of light olefins is close to 55–60 %.

Analysis of the product composition shows that ethylene and propylene constitute the main fraction of the reaction products, with comparable contributions from both components. The limited formation of heavier hydrocarbons indicates that the catalyst effectively suppresses secondary growth reactions.

The observed trends are consistent with the hydrocarbon pool mechanism, where intermediate species confined within the SAPO-34 framework play a key role in olefin formation. At the same time, gradual loss of activity can be linked to carbon deposition, which partially restricts access to active sites. A significant fraction of the initial catalytic activity can be restored after oxidative treatment.

Taken together, these findings demonstrate clear potential for the application of SAPO-34 in processes aimed at producing light olefins from methyl chloride.

References:

1. Olsbye, U.; Svelle, S.; Bjørgen, M.; Beato, P.; Janssens, T. V. W.; Joensen, F.; Bordiga, S.; Lillerud, K. P. Conversion of methanol to hydrocarbons: How zeolite cavity and pore size control product selectivity. *Angewandte Chemie*, 2012, 51, 5810–5831. doi.org/10.1002/anie.201103657
2. Corma, A. From microporous to mesoporous molecular sieve materials and their use in catalysis. *Chemical Reviews*, 1997, 97, 2373–2420. https://doi.org/10.1021/cr960406n
3. G. F. Froment. Fundamental kinetic modeling of complex processes. *Ind. Eng. Chem. Res.* 2009, 48, 3, 1107–1119 https://doi.org/10.1021/ie800607e
4. Schwach, P.; Pan, X.; Bao, X. Direct Conversion of Methane to Value-Added Chemicals over Heterogeneous Catalysts: Challenges and Prospects. *Chemical Reviews*, 2017, 117(13), 8497–8520
5. Irina A. Shamanaeva, Zhichao Yu, Daria A. Golodnov et al. The way enhance SAPO-34 activity and stability in methanol-to-olefin conversion. *Journal of Porous Materials*. 2023. vol.30 p.787–796
6. Irina A. Shamanaeva, Zhichao Yu, et al. Role of texture and acidity of SAPO-34 in methanol-to-olefin conversion. *Journal of Petroleum Chemistry*, 2020. vol.60 p.471–478
7. https://dmto.dicp.ac.cn/dnl12eng/2000–9.PDF
8. Fei Liu, Yun Yi, Jianxin Cao, Catalytic and deactivated behavior of SAPO-34/ZSM-5 composite molecular sieve synthesized by in-situ two-step method *Journal of Materials Research and Technology*, 2021, 15, 1844–1853. https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2021.09.017
9. S.Akhgar, J.Towfighi, M.Hamidzadeh MTO performance over seed-assisted SAPO-34 zeolites synthesized by reducing template consumption *J Mater Res Technol*, 9 (6) (2020), pp. 12126–12136 DOI:10.1016/j.jmrt.2020.08.067
10. N.Nishiyama, M. Kawaguchi, Y. Hirota, D. V. Vu, Y. Egashira, K. Ueyama Size control of SAPO-34 crystals and their catalyst life in the methanol-to-olefin reaction *Appl Catal A-Gen*, 362 (2009), pp. 193–199 DOI: 10.1016/j.apcata.2009.04.044
11. Jincan Huang, Wei Wang, Zhaoyang Fei et al. Enhanced Light Olefin Production in Chloromethane Coupling over Mg/Ca Modified Durable HZSM-5 Catalyst. *Ind. Eng. Chem. Res.* 2019, 58, 13, 5131–5139 https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.iecr.8b05544
12. Y. Wei et al. Methyl halide to olefins and gasoline over zeolites and SAPO catalysts: a new route of MTO and MTG *Chin. J. Catal.* (2012) p.11–21 https://doi.org/10.1016/S1872–2067(10)60303–8
13. Yingxu Wei, Dazhi Zhang, Zhongmin Liu, Bao-Lian Su.; Highly efficient catalytic conversion of chloromethane to light olefins over HSAPO-34 as studied by catalytic testing and in situ FTIR *Journal of Catalysis*, 2006, 238, p 46–57. https://doi.org/10.1016/j.jcat.2005.11.021
14. Abbasov, V.; Mammadova, T.; Andrushenko, N.; Hasankhanova, N.; et al. Halloysite-Y zeolite blends as novel mesoporous catalysts for the cracking of waste vegetable oils with vacuum gasoil. *Fuel*, 2014, 117, Part A, 552–555. https://doi.org/10.1016/j.fuel.2013.09.030
15. Mammadova, T. A.; Hasankhanova, N. V.; Askerova, E. N.; et al. Application of natural halloysite nanotubes in thermocatalytic processes for olefin production. *Proceedings of the IX International Scientific-Practical Conference "Scientific Prospects of the XXI Century"*, Novosibirsk, Russia, 2015, pp. 75–78.
16. Yu Cui, Qiang Zhang, Jie He, Yao Wang, Fei Wei Pore-structure-mediated hierarchical SAPO-34: Facile synthesis, tunable nanostructure, and catalysis applications for the conversion of dimethyl ether into olefins. *Particuology*, 2013, 11, p.468–474. https://doi.org/10.1016/j.partic.2012.12.009

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Автоматизация фотограмметрической обработки изображений с использованием систем искусственного интеллекта

Алексеев Валерия Олеговна, студент;

Кузьмина Анастасия Александровна, студент

Научный руководитель: Сазанова Лариса Анатольевна, кандидат физико-математических наук, доцент

Уральский государственный экономический университет (г. Екатеринбург)

В рамках данной работы обозначена проблема отсутствия оптимального программного решения для трехмерной реконструкции объектов, сбалансированного по цене и качеству, чьим основным инструментом служит фотограмметрия. Перечислены классические принципы фотограмметрии, основанные на законах оптики, геометрии и других разделов физики и математики, а также возникающие при их использовании проблемы. Обоснована необходимость привлечения нейросетевых алгоритмов при создании программного обеспечения, решающего задачи компьютерного зрения, чье совместное применение с классическими обещает получение оптимального результата.

Ключевые слова: компьютерное зрение, фотограмметрия, 3D-реконструкция, искусственный интеллект, нейросети.

В настоящее время в различных сферах деятельности растёт потребность в быстром и точном переносе физических объектов в цифровую среду, что обеспечивается за счет алгоритмов 3D-реконструкции, реализующих возможности компьютерного зрения. Процесс трехмерной реконструкции из изображений [1] представляет собой получение формы и облика реальных объектов и восстановление информации об их пространственных характеристиках путем анализа визуальных данных с разных ракурсов. Он сопряжен с поиском компромисса между скоростью, точностью, полнотой используемой модели и устойчивостью к проблемным сценариям, таким, как слабая текстура, повторяющиеся паттерны, неидеальные условия съемки и т. п. Оптимизация этого компромисса под конкретную задачу — ключевая инженерная проблема.

На российском рынке программных продуктов, реализующих соответствующие возможности, в настоящий момент сложилась достаточно сложная ситуация. Существует сильная зависимость от иностранного ПО, усиленная санкционными рисками, и при этом отсутствует сбалансированный вариант между сложными и дорогими профессиональными инструментами и доступными, но менее точными решениями. Лучшим среди программных лидеров 3D-реконструкции российского происхождения является профессиональное фотограмметрическое решение Agisoft Metashape, чья полнофункциональная версия стоит, однако, достаточно дорого. По этой причине задача разработки нового ПО и совершенствования методов, обеспечивающих необходимую точность для 3D-реконструкции, не теряет своей актуальности.

Процесс 3D-реконструкции объектов реализуется с помощью алгоритмов, которые автоматизируют классические принципы фотограмметрии для извлечения пространственной информации из последовательностей изображений. Под фотограмметрией [2] здесь понимается создание точных 3D-моделей реальных объектов на основе множества их фотографий, сделанных с разных сторон. Используя готовые изображения, требуется восстановить информацию, имеющую физический смысл, в связи с чем необходимо применение законов распространения излучения и формирования изображений оптическими системами. При этом методы фотограмметрии выступают математическим фундаментом для решения задачи 3D-реконструкции, позволяя преобразовывать двумерные визуальные данные в метрически точные трехмерные модели. Специальная программа анализирует снимки, находит общие точки и «сшивает» их в цифровую объемную копию, выдавая в результате без использования сканера. Именно слияние современных технологий компьютерного зрения и основ фотограмметрии стало характерной чертой современных технологий 3D-реконструкции. Алгоритмы компьютерного зрения обеспечивают высокую степень автоматизации и робастность обработки наборов снимков, а классические фотограмметрические принципы (см. таблицу 1) гарантируют геометрическую согласованность результатов.

Перечисленные выше методы, основанные на геометрии и сопоставлении пикселей, при автоматизации приводят к ряду трудностей. К последним можно отнести проблему распознавания однородных текстур, «шумы»

Таблица 1. Классические принципы фотограмметрии

Принцип	Особенности и условия
Центральное проектирование	Каждый снимок рассматривается как центральная проекция объекта на плоскость сенсора
Стереоскопический эффект	Для получения объема необходимо не менее двух снимков объекта, сделанных из разных точек (базис фотографирования); чем больше разница в положении точки на двух кадрах, тем ближе объект к камере
Условие коллинеарности	Решается уравнение, связывающее три точки прямой: центр проекции, точку на снимке и точку на реальном объекте в пространстве
Обратная засечка (Resection)	Если известны координаты нескольких точек на земле (опорные точки) и на снимке, можно вычислить, где находился фотоаппарат в момент съемки. Принцип используется для определения положения камеры в пространстве
Прямая засечка (Intersection)	Зная положение двух камер, можно направить из них лучи через общие точки на фото, и точка их пересечения в пространстве будет искомой 3D-координатой объекта
Эпиполярная геометрия	Если известно положение двух камер, то точку со второго кадра не нужно искать по всему первому, она гарантированно лежит на эпиполярной линии
Внутреннее и внешнее ориентирование	Известны параметры камеры (фокусное расстояние, дисторсия линзы), а также координаты (x, y, z) и углы наклона камеры в пространстве

при обнаружении прозрачности и бликов, самозатенение при изображении сложных и тонких объектов и большие вычислительные затраты. Поэтому применение нейросетей и иных инструментов искусственного интеллекта (далее — ИИ) в дополнение к классическим принципам сейчас весьма актуально. Алгоритмы ИИ позволяют перевести математические принципы в плоскость вероятностного прогнозирования и непрерывного представления пространства за счет следующих ключевых возможностей:

- Нейропоиск признаков: классические алгоритмы ищут углы и края для сопоставления снимков, сети находят связи между кадрами даже при резком изменении освещения или текстуры, где обычная математика ошибается.

- Высокоточные измерения и расчет прохождения лучей через обученную модель как замена классической триангуляции.

- Автоматизация восстановления структуры по движению: нейросетевые модели одновременно оценивают положение камеры, генерируют новые ракурсы и прогнозируют глубину в рамках одного пайплайна, корректируя искажения.

Разработка нейросетевых технологий, используемых в фотограмметрии и 3D-реконструкции в 2025–2026 гг. идет по пути объединения точности математических методов с гибкостью генеративного ИИ. Основным трендом становится переход от простых моделей объектов к полноценным цифровым двойникам, доступным для редактирования в реальном времени. Формируется генеративная фотограмметрия, позволяющая восстанавливать

недостающие данные и создавать пространственно-согласованные 3D-сцены. Ее методы уже широко применяются для реставрации цифровых копий разрушенных или труднодоступных объектов, в игровой индустрии и электронной коммерции (для создания 3D-моделей товаров, выставляемых на маркетплейсах).

Развитие генеративной фотограмметрии движется в сторону упрощения процесса для пользователя и одновременно — усложнения внутренних алгоритмов. Согласно прогнозам разработчиков [3], наиболее актуальными станут достижения в следующих направлениях: усовершенствование возможности реконструкции по одному кадру, переход к динамическим сценам (4D-фотограмметрия), определение физических свойств поверхностей, мгновенный рендеринг через Gaussian Splatting и интеграция с текстовыми запросами (редактирование голосом). Можно с уверенностью утверждать, что использование ИИ в разработке алгоритмов компьютерного зрения будет только расти, расширяя возможности как геодезических инструментов, так и кино, игровой и фотоиндустрии, обучающих систем, медицины, а также находя применение у рядовых пользователей для их повседневных нужд. ИИ не просто ускоряет процессы, он меняет саму математическую основу получения 3D-данных, переходя от сопоставления пикселей к предсказанию и генерации, не заменяя фотограмметрию, но делая её «умной» и массовой. Однако останутся проблемы этического характера, связанные, в частности, с вопросами соблюдения авторских прав на используемые изображения и с появлением эффектов галлюцинирования ИИ.

Литература:

1. Панина Е. А., Белов Ю. С. Влияние входных данных и алгоритмические сложности в задаче 3D-реконструкции по фотографиям // Научные технологии в приборостроении и машиностроении и развитие инновационной деятельности в вузе. Материалы конференции. — Москва, 2025. — С. 223–226.

2. Видяев К. А., Крысин И. А., Чухраев И. В. Создание реалистичных текстур 3D моделей с помощью фотограмметрии // Электронный журнал: наука, техника и образование. — 2025. — № 1 (51). — С. 6–10.3.
3. Романюго В. А., Филиппова Л. Б. Выявление особенностей генерации 3D-моделей из 2D-изображений // Новые горизонты. XII научно-практическая конференция с международным участием: сборник материалов и докладов. –Брянск, 2025. — С. 590–592.

Организация обучения сотрудников при внедрении ERP-системы на предприятии

Безденежных Василий Александрович, студент магистратуры
Калининградский государственный технический университет

При внедрении ERP-системы или переходе с одной на другую у компаний часто возникают различные проблемы. Главные из них — это сложность нововведений для сотрудников и понижение эффективности работы предприятия на старте. Обычно в такой ситуации повышается число обращений к консультантам за поддержкой по работе с новыми инструментами, но это недостаточно эффективно с точки зрения затрат и повышения квалификации персонала в долгосрочной перспективе. Целью работы является разработка модели организации обучения сотрудников в процессе внедрения ERP-системы с использованием LMS систем управления обучением. В рамках статьи рассмотрены ключевые проблемы внедрения ERP и предложена модель организации обучения в LMS Moodle. Полученный опыт и выводы могут быть в дальнейшем применены при внедрении ERP-систем на предприятиях.

Ключевые слова: ERP, LMS, обучение, предприятие, сотрудники, бизнес-процесс, курс, роль.

Введение

Актуальность данной темы обусловлена тем, что:

- внедрение ERP-системы или переход с одной на другую сопровождается высоким сопротивлением персонала, который не хочет менять то, к чему привык;
- плохо организованный процесс обучения персонала приводит к снижению эффективности внедрения ERP-системы.

Проблемы, связанные с обучением персонала, следующие:

- отсутствие системного подхода к обучению;
- обучение носит разовый, неструктурированный характер.

В результате этого наблюдается:

- повышение нагрузки на сотрудников предприятия и уровня стресса
- понижение эффективности работы предприятия при внедрении новой системы
- увеличение числа ошибок из-за незнания нюансов новой системы
- большие затраты на поддержку со стороны консультантов

Цель статьи — разработка модели организации обучения сотрудников в процессе внедрения ERP-системы с использованием системы управления обучением (LMS).

Методы

Анализ текущего процесса и его проблем

В жизненном цикле внедрения ERP-системы обучение встречается на трёх этапах — подготовки, внедрения и эксплуатации. Сначала на этапе подготовки пользователи получают базовые знания, присущие конкретной системе. Далее, непосредственно перед продуктивным стартом проходит основной этап обучения функционалу системы на практике. Ну и через некоторое время после внедрения у пользователей в процессе получения опыта работы в новой системе возникают вопросы, которые были неочевидны заранее, поэтому возникает необходимость в дополнительном обучении через запрос на поддержку. Помимо работы с действующим персоналом предприятия, пока основные сотрудники не получили достаточно опыта, на работу могут нанимать новичков, обучением которых также занимаются консультанты компании, помогающей с внедрением ERP-системы. [1]

В текущем процессе обучения можно описать следующие проблемы:

- фрагментарность обучение — разовые тренинги, разбитые по времени, плохо усваиваются конечными пользователями и не дают возможность нормально систематизировать знания;
- длительная адаптация — сотрудникам требуется много времени, чтобы начать применять знания на практике, и избегать критических ошибок;
- отсутствие контроля знаний — нет возможности отслеживать уровень компетенции персонала, кроме мониторинга допускаемых ошибок;
- высокая зависимость от консультантов — на практике, третий этап жизненного цикла, поддержка, растягивается сильнее запланированного и затрачивает много времени как консультантов, так и конечных пользователей.

Вышеописанные проблемы приводят к таким последствиям как:

- снижение общей эффективности работы предприятия
- ошибки в работе
- высокая нагрузка и стресс для персонала

Проектирование модели обучения

LMS — это программное приложение, используемое для планирования, поставки и отслеживания учебных и образовательных программ. Организации используют программное обеспечение LMS, чтобы сделать обучение более привлекательным и доступным для сотрудников. Большинство организаций используют LMS для следующих целей:

- Адаптация — помощь сотрудникам в процессе привыкания к новым инструментам;
- Обучение — централизованное и структурированное обучение навыкам работы в используемых системах;
- Повышение квалификации и переобучение сотрудников — изучение новых материалов и персональный подход к каждому сотруднику;
- Непрерывное образование — система предоставляет знания в любое время по потребности человека и не зависит от занятости более опытных коллег. [2]

В этой работе будет продемонстрировано обучение с помощью LMS Moodle. Она является бесплатной и даёт возможность установки большого количества разнообразных плагинов, вследствие чего её часто выбирают как первую LMS для тестирования различных способов реализации обучения. Для составления инструкций прикладного характера хорошо себя зарекомендовал плагин H5P, который позволяет составлять курс в виде презентации с переходом между слайдами по «якорю», и таким образом можно подсвечивать пользователю последнее требующееся от него действие в системе.

Модель системы обучения представлена в виде каскада категорий. На первом уровне находится название проекта или компании, для которой реализуется внедрение ERP-систем. На втором уровне описываются модули ERP, например, SD — сбыт, FI — финансы, PP — планирование производства и другие задействованные модули. Далее реализуется деление на подмодули, такие как INVENTORY — инвентаризация и PURCHASING — закупка для модуля MM — менеджмент материалов. И уже внутри этих категорий записываются курсы. Визуализация модели системы представлена на рисунке 1.

Управление категориями курсов и курсами

The image displays two screenshots from the LMS Moodle interface. The left screenshot, titled 'Категории курсов', shows a hierarchical tree of course categories. A red box labeled '1' highlights the 'Проект №2' category. A red box labeled '2' highlights the 'Logistics' sub-category. A red box labeled '3' highlights the 'Inventory' sub-category under Logistics. The right screenshot, titled 'Inventory', shows a list of courses. A red box labeled '4' highlights the course 'MM09 MM09 Управление партиями (BLF)'. Below the list, there is a section for moving selected courses, with a red box labeled '4' highlighting the 'Переместить выбранные курсы в' button.

Рис. 1. Управление категориями и курсами в LMS Moodle

Структура курса жёстко не регламентирована, но должно быть чёткое деление на блоки с информацией о курсе, основной частью обучения с инструкциями по процессу, и в конце курса располагается блок с проверкой знаний в виде теста. При необходимости можно также настроить сертификацию за прохождение каждого отдельного курса. Пример курса с похожей структурой представлен на рисунке 2.

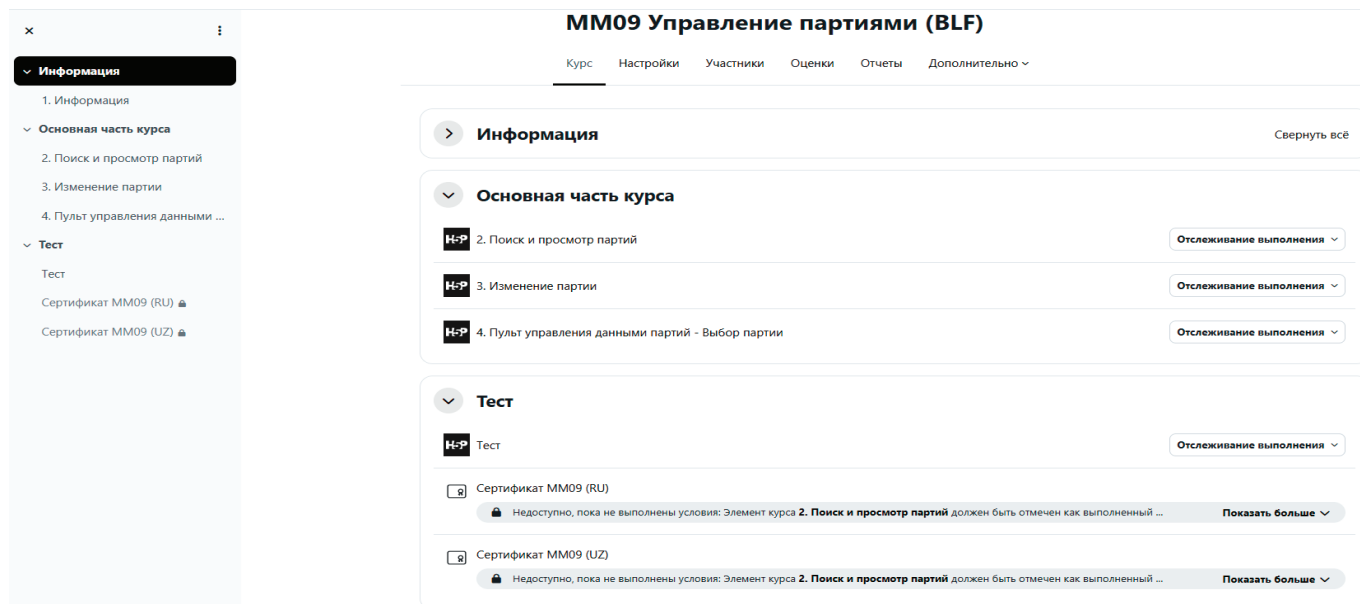


Рис. 2. Структура курса

В основной части курса располагаются инструкции по отдельным частям бизнес-процесса. Для курса «ММ09. Управление партиями» в одном из разделов описывается работа с поиском и просмотром партий. Инструкция представлена в виде презентации, где для перехода к следующему слайду нужно на определённое место на экране, прямо коррелирующее с тем действием, которое пользователь должен повторить в ERP-системе. На рисунке 3 демонстрируется экран с приложениями системы, присутствует подпись к иллюстрации с пояснительным текстом, цветным выделением сделан акцент на ключевых элементах системы, а область взаимодействия с презентацией, так называемый «якорь» находится на плитке приложения, в котором будет производиться дальнейшая работа по сценарию. Таким образом студент не просто читает скучную документацию, а буквально воспроизводит те действия, которые будет повторять в системе на практике.

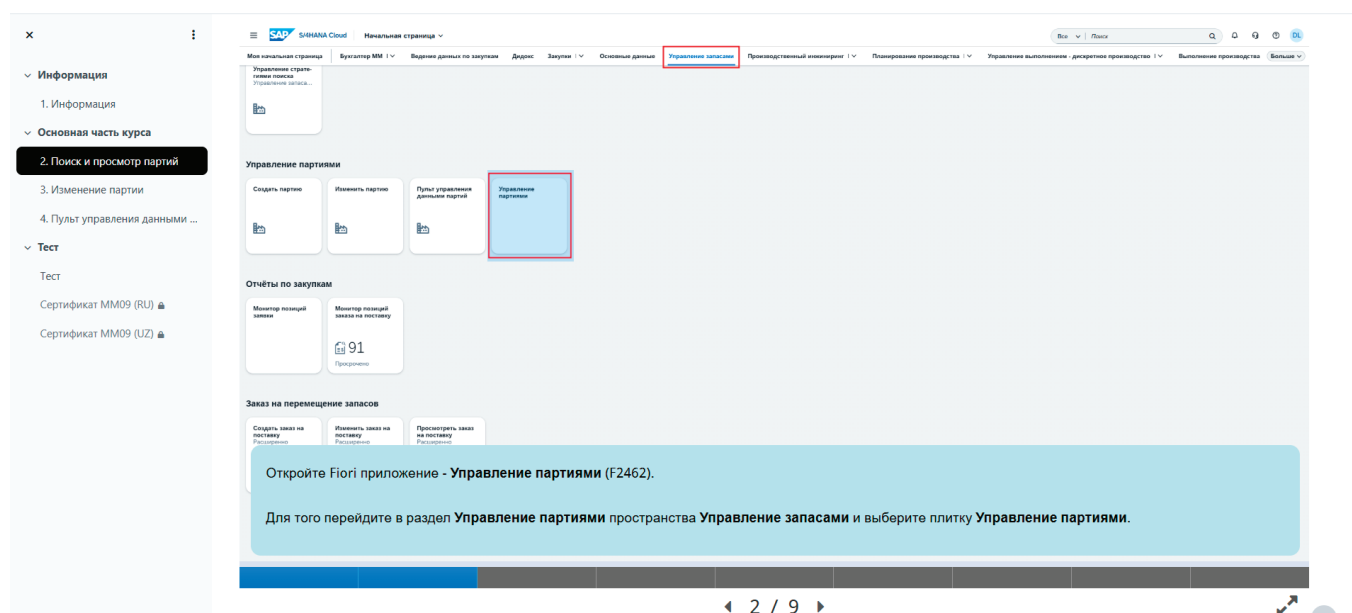


Рис. 3. Инструкция в виде презентации с переходом между слайдами по действию в системе

В блоке проверки знаний размещаются тесты, подтверждающие усвоение учеником материала курса. В LMS Moodle плагин H5P позволяет гибко настраивать выполнение элемента, и если, например, разделы с инструкциями засчитываются выполненными после прочтения, то в тестах для этого можно указать проходной балл, и элемент теста не будет считаться выполненным, пока студент не получит достаточную оценку.

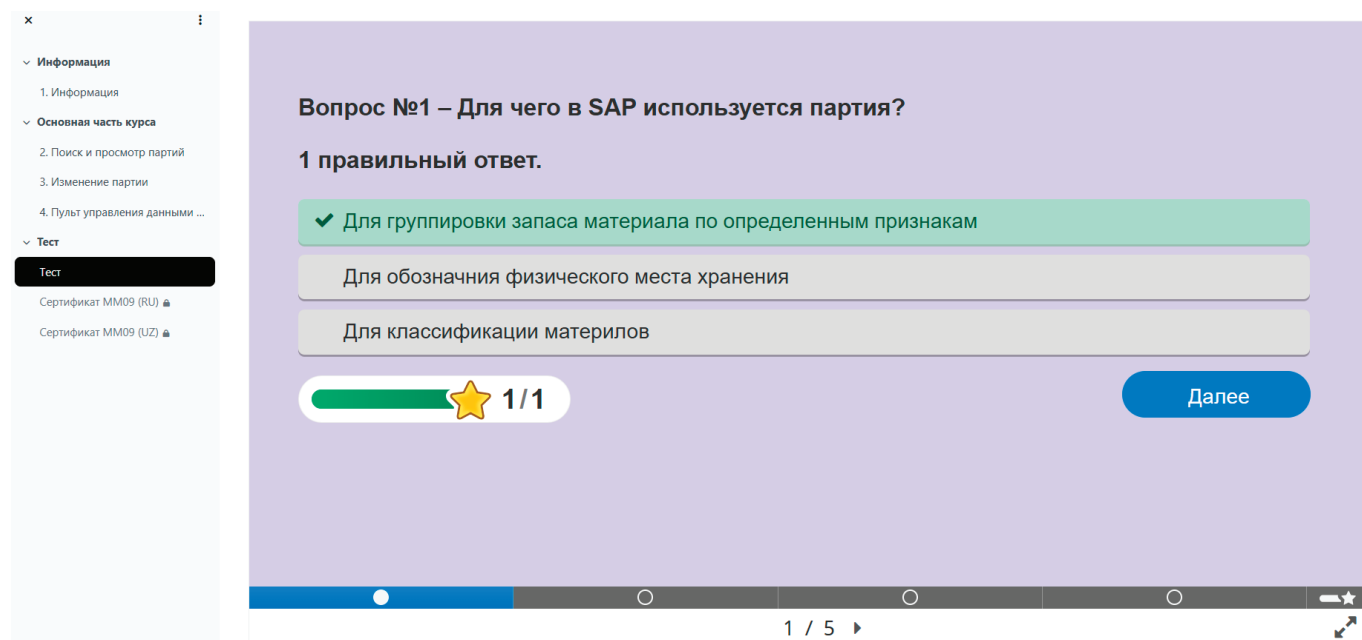


Рис. 4. Тесты для проверки знаний

В ERP один бизнес-процесс может быть разделён на части, работа над которыми должна производиться специалистами разных отделов. На рисунке 5 приведён пример такого процесса — стандартный сбытовой заказ с продажей со склада. Менеджер по продажам составляет документ сбытового заказа и со ссылкой на него создаёт заказ на поставку. Далее оператор склада берёт эту поставку себе в работу, проводит по ней комплектование и отпуск материала. В конце к процессу подключается бухгалтер и по данной поставке оформляет документ счёт-фактуры. Таким образом все, задействованные в процессе сотрудники разных отделов, должны не только знать свою работу, но и иметь представление о том, кто ещё работает с ними внутри одного процесса, чтобы понимать причины возникновения возможных ошибок и задержек по данному сценарию.

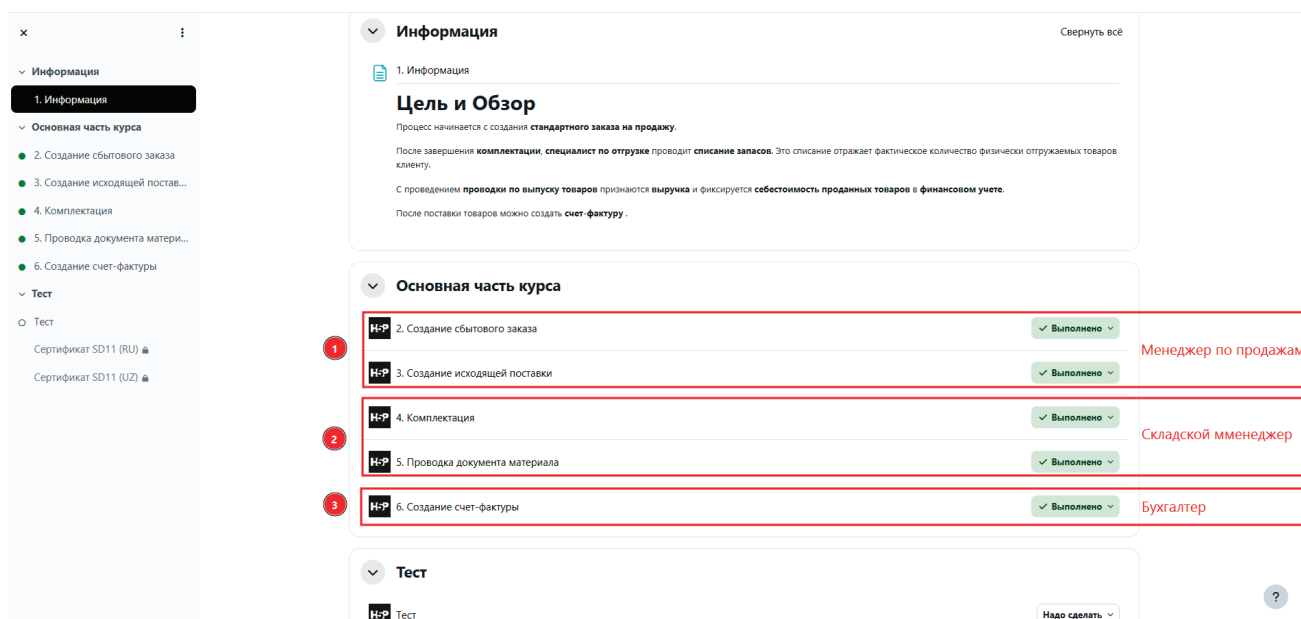


Рис. 5. Разделение по ролям для отдельных действий по бизнес-процессу

Результаты

Оценка эффективности обучения осуществляется с помощью следующих метрик:

- скорость адаптации сотрудников;
- количество ошибок;
- нагрузка на персонал и уровень стресса;
- эффективность внедрения ERP-системы

Приведённая в статье модель организации обучения сотрудников предприятия была протестирована в процессе перевода одной крупной торговой компании с ERP-системы от 1С на ERP-систему от SAP. По описанным выше метрикам были получены очень хорошие данные, которые подтверждали эффективность подобной организации обучения. Сотрудники предприятия смогли быстрее адаптироваться к работе в новой системе. Количество допускаемых ошибок снизилось за счёт удобно организованной практики по курсам, к которым у людей был постоянный доступ, а не только разовый тренинг от консультантов. Сильнее всего стал заметен эффект снижения нагрузки и уровня стресса как у сотрудников предприятия, так и у консультантов, обучающих их. Эффективность внедрения ERP-системы всеми участниками процесса была признана более высокой, чем если бы подобной организации обучения не было.

Заключение

После успешного применения модели организации обучения сотрудников предприятия при внедрении ERP-системы можно сделать основные выводы:

- обучение — критический фактор успеха внедрения ERP-системы, помогающий структурировать знания и организовать доступ к ним в любое время, независимо от занятости тренеров и кураторов;
- LMS позволяет систематизировать и масштабировать обучение.

Практическая значимость заключается в применимости организации подобного обучения в процессе внедрения ERP-систем и повышении эффективности их внедрения. На приведённом примере доказано существенное улучшение ключевых показателей оценки эффективности внедрения ERP-системы на предприятии.

Литература:

1. balns.ru: [Электронный ресурс]. URL: <https://balns.ru/info/articles/effektivnoe-obuchenie-sotrudnikov-rabote-v-1s-erp-zalog-uspeshnogo-vnedreniya/> (дата обращения: 15.04.2026)
2. SAP.com: [Электронный ресурс]. URL: <https://www.sap.com/central-asia-caucasus/products/hcm/corporate-lms/what-is-lms.html> (дата обращения: 15.04.2026)

Оценка привлекательности объектов недвижимости с помощью искусственного интеллекта

Блиновский Александр Денисович, студент магистратуры
Донской государственной технической университет (г. Ростов-на-Дону)

В статье автор рассматривает актуальность и возможность применения искусственного интеллекта при оценке объектов недвижимости.

Ключевые слова: искусственный интеллект, оценка, недвижимость

Рынок недвижимости занимает важное место в экономике, напрямую влияя на финансовую устойчивость и темпы урбанизации. Классические способы определения стоимости и инвестиционной привлекательности объектов строятся на мнениях экспертов, сопоставлении аналогов и применении статистических методов. Вместе с тем, рост объёмов данных и технологический прогресс открывают перспективы для автоматизации и повышения точности оценки благодаря искусственному интел-

лекту (ИИ). В работе анализируются ключевые методики оценки недвижимости, последовательность создания ИИ-моделей, а также основные трудности и перспективы их внедрения.

Актуальность применения ИИ в недвижимости

Современный рынок недвижимости динамичен и сложен, так как необходимо учитывать факторы, влия-

ющие на привлекательность объекта и эти факторы многообразны и часто нелинейны. К рассматриваемым факторам относятся не только физические характеристики объекта недвижимости (площадь, количество комнат, состояние ремонта), но и внешние условия, которые влияют на выбор объекта: транспортная доступность, наличие социальной инфраструктуры, экологическая обстановка, демографические тенденции и даже настроения на финансовых рынках [1]. Традиционные методы оценки требуют значительных временных затрат, субъективны и тяжело обрабатывают огромные объемы разнородной информации. Искусственный интеллект предлагает решение проблемы, позволяя анализировать большие массивы данных, выявлять скрытые закономерности и строить более точные и объективные модели оценки.

Основные подходы к оценке недвижимости

1. Классические методы:

— Сравнительный метод: основан на сравнении объекта с аналогичными, недавно проданными или выставленными на рынок. Этот метод предполагает внесение поправок на отличия между сравниваемым объектом и объектами-аналогами.

— Доходный метод: используется преимущественно для коммерческой недвижимости, основывается на прогнозируемом доходе, который объект способен принести своему владельцу.

— Затратный метод: оценивает стоимость на основе затрат на строительство или восстановление объекта, с учетом износа.

2. Модели на основе статистики и машинного обучения:

— Использование методов машинного обучения позволяет автоматически извлекать информацию из больших объемов данных, выявляя неочевидные зависимости между характеристиками объекта и его рыночной стоимостью или привлекательностью.

— Среди используемых моделей: регрессионные модели (например, множественная линейная регрессия), деревья решений, ансамблевые методы (случайные леса, градиентный бустинг) и глубокие нейронные сети [2]. Эти модели способны учитывать большое количество факторов одновременно, что повышает их точность и robustность.

Этапы построения моделей искусственного интеллекта для оценки недвижимости

1. Сбор и подготовка данных. На начальном этапе осуществляется аккумуляция информации о сделках, параметрах объектов (включая физические и юридические аспекты), а также о характеристиках городской среды — транспортной доступности, наличии образовательных и торговых учреждений. Учитываются и рыночные показатели: динамика спроса, предложения и цен. После сбора

данных проводится их очистка от аномалий, обработка пропусков, а также нормализация и стандартизация признаков для корректного функционирования алгоритмов машинного обучения.

2. Анализ и отбор признаков. На этой стадии исходные данные преобразуются в формат, оптимальный для обучения моделей. Определяются ключевые факторы, влияющие на стоимость и инвестиционную привлекательность недвижимости. К ним относятся как прямые характеристики объектов, так и производные метрики, например, плотность застройки или среднее время в пути до работы. Для упрощения модели и предотвращения переобучения применяются методы отбора признаков: анализ корреляций, оценка важности признаков на основе моделей, а также техники снижения размерности, такие как метод главных компонент (PCA).

3. Выбор и обучение модели. На этом этапе подбирается наиболее подходящий алгоритм машинного обучения, исходя из типа задачи (регрессия или классификация) и особенностей данных. Набор данных разделяется на обучающую, валидационную и тестовую выборки. Модель обучается на обучающей выборке, а её гиперпараметры оптимизируются с помощью кросс-валидации для достижения максимальной эффективности.

4. Оценка качества модели. После обучения, проводится анализ её качества с использованием стандартных метрик: средней абсолютной ошибки (MAE), среднеквадратичной ошибки (RMSE) и коэффициента детерминации (R^2). Также исследуются остатки модели и интерпретируются результаты для выявления её преимуществ и недостатков.

5. Внедрение и мониторинг. Заключительный этап предполагает интеграцию обученной модели в бизнес-процессы для прогнозирования стоимости или привлекательности новых объектов. Неотъемлемой частью является постоянный мониторинг её работы в реальных условиях и регулярное переобучение на свежих данных для поддержания точности и адаптации к изменениям на рынке.

Проблемы применения искусственного интеллекта в оценке недвижимости

Несмотря на большие возможности, существуют определенные проблемы при внедрении ИИ в сферу оценки недвижимости. К ним относится недостаток полных, структурированных и актуальных данных по всем регионам и типам недвижимости, что является препятствием для обучения высокоточных моделей. Открытые источники данных могут быть неполными или иметь низкое качество [3]. Кроме того, проблемой для внедрения ИИ является изменчивость рыночных условий и «холодный старт» для новых объектов. Модели, обученные на существующих данных, могут показывать снижение точности при резких или структурных изменениях на рынке (например, экономические кризисы, изменения в законодательстве)

и моделям сложно давать точные оценки для объектов, имеющих уникальные здания характеристики.

Не менее значимыми являются юридические и этические аспекты. Применение автоматизированных систем оценки должно строго соответствовать действующим нормативам и профессиональным стандартам. Особую сложность представляет интерпретация результатов, полученных с помощью комплексных моделей, например, глубоких нейронных сетей. Их «непрозрачность» может вызывать скептицизм у пользователей и создавать трудности при обосновании принятых решений, что особенно критично в финансовой сфере и при работе с имуществом.

В связи с этим первостепенное значение приобретают обеспечение прозрачности алгоритмов и гарантия отсутствия предвзятости или дискриминации в их работе.

Перспективы применения искусственного интеллекта

Будущее оценки недвижимости тесно связано с развитием и интеграцией ИИ:

— Автоматизация и масштабирование оценки: системы на основе ИИ способны обрабатывать тысячи объектов за короткое время, значительно снижая затраты и время, необходимые для традиционной оценки.

— Повышение точности и объективности: анализ огромных объемов данных позволяет выявлять неочевидные корреляции и факторы, влияющие на стоимость, что приводит к более точным и объективным оценкам по сравнению с экспертными.

— Прогнозирование рыночных трендов: ИИ может не только оценивать текущую стоимость, но и прогнозировать будущие изменения цен, выявляя зоны роста и потенциальные риски, что ценно для инвесторов и девелоперов [4].

— Разработка персональных рекомендаций: на основе анализа предпочтений пользователя и характеристик объектов, ИИ может предлагать наиболее подходящие инвестиционные или жилые объекты.

— Интеграция с экосистемами недвижимости: автоматизированные платформы на базе ИИ могут интегрироваться с системами управления недвижимостью, ипотечного кредитования, системами проверки юридической чистоты объектов, создавая комплексные решения для всех участников рынка.

Внедрение искусственного интеллекта в процесс анализа привлекательности недвижимости создаёт предпосылки для роста эффективности, точности и прозрачности принятия решений. Несмотря на существующие сложности, такие как нехватка достоверных данных и трудности с объяснением работы сложных алгоритмов, стремительный прогресс в области машинного обучения и расширение доступа к информации создают условия для дальнейшего развития этих технологий.

Системный подход, сочетающий постоянное повышение качества исходных данных, создание более устойчивых и понятных моделей, а также строгое соответствие законодательным нормам, обеспечит эффективное применение ИИ в отрасли. Это приведёт к появлению более беспристрастных, оперативных и аргументированных решений, что станет преимуществом для всех участников рынка — от частных клиентов до инвесторов.

Литература:

1. Шаропатова А. В. Факторы, влияющие на инвестиционную привлекательность объектов на рынке жилой недвижимости / Шаропатова А. В. — Текст: электронный // cyberleninka.ru: [сайт]. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/factory-vliyayushchie-na-investitsionnuyu-privlekatelnost-obektov-na-rynke-zhiloy-nedvizhimosti> (дата обращения: 07.05.2026).
2. Астраханцева, И. А. Оценка стоимости коммерческой недвижимости на основе моделей машинного обучения / И. А. Астраханцева. — Текст: электронный // elibrary.ru: [сайт]. — URL: https://elibrary.ru/query_results.asp (дата обращения: 07.05.2026).
3. Сахновская, О. Е. Искусственный интеллект в оценке стоимости недвижимости / Сахновская О. Е. — Текст: электронный // sciup.org: [сайт]. — URL: <https://sciup.org/iskusstvennyj-intellekt-v-ocenke-stoimosti-nedvizhimosti-148328790> (дата обращения: 07.05.2026).
4. Свириденко, В. С. Перспективы автоматизации оценки недвижимости посредством искусственного интеллекта и нейросетей / В. С. Свириденко. — Текст: электронный // sroroo.ru: [сайт]. — URL: http://sroroo.ru/press_center/news/3745300/ (дата обращения: 07.05.2026).

Сравнительный анализ производительности REST- и Event-driven архитектур в среде Kubernetes

Высоцкий Антон Алексеевич, студент магистратуры
Донской государственной технической университет (г. Ростов-на-Дону)

В статье автор проводит экспериментальное исследование двух парадигм межсервисного взаимодействия в облачных микросервисных системах: синхронной (REST) и асинхронной (Event-driven). Целью работы является объективное сопоставление данных моделей в идентичных условиях функционирования внутри кластера Kubernetes. Объектом исследования выступает микросервисная архитектура, а предметом — метрики её производительности и устойчивости при различных сценариях нагрузки. В качестве основного методологического инструмента в работе применено использование метрики end-to-end latency. Результаты эксперимента, проведенного с использованием FastAPI и RabbitMQ, демонстрируют, что в условиях коротких цепочек сервисов REST-архитектура превосходит событийно-ориентированную модель, обеспечивая в 2,1 раза меньшую задержку в стабильных условиях, сохраняя высокую пропускную способность при пиковых нагрузках.

Ключевые слова: микросервисная архитектура, REST, event-driven architecture, Kubernetes, производительность, end-to-end latency, нагрузочное тестирование, RabbitMQ, облачные вычисления.

Введение. Актуальность микросервисного подхода в современных облачных системах обусловлена необходимостью обеспечения высокой масштабируемости и гибкости разработки [2]. Таким образом, при проектировании распределенных систем возникает проблема выбора между синхронным REST-взаимодействием и асинхронным событийно-ориентированным подходом. Традиционный REST характеризуется простотой реализации, но несет риски высокой связанности компонентов и возникновения каскадных отказов. В свою очередь, событийно-ориентированные архитектуры предлагают слабую связанность и временную развязку, обладая при этом значительными накладными расходами на сериализацию данных и управление очередями.

Проблема выбора усугубляется спецификой облачных сред: например, в публичных облаках интеграционные таймауты и задержки «холодного старта» создают дополнительные риски, что делает необходимым проведение тестов в контролируемой среде Kubernetes. Научная новизна данной работы заключается в разработке методики объективного сопоставления моделей на базе единой бизнес-логики с использованием показателя end-to-end latency. Данный подход позволяет учесть полное время выполнения операции, включая фоновые процессы в очередях, что невозможно при простом измерении времени отклика API.

Теоретическая база и показатели производительности. Теоретический фундамент оценки производительности в данном исследовании базируется на методологических работах И. В. Артамонова [1]. Под производительностью микросервисной системы понимается набор показателей эффективности, рассматриваемых в рамках заданных временных ограничений. Согласно исследованию, метрики классифицируются на четыре иерархические группы:

1. Время: время выполнения задачи, пропускная способность, время ожидания в очереди.
2. Количество: длина очереди и количество задач, находящихся в обработке.

3. Механизмы: уровень простоты и эффективность использования вычислительных ресурсов.

4. Нормативность: уровень производительности — вероятность того, что система обеспечит заданный уровень качества, и нормативность производительности.

Методология предполагает установление допустимых границ для каждого показателя. Выход за эти пределы интерпретируется как «предельное событие», способное привести к опасному состоянию или полному отказу системы.

Методология исследования и архитектура стенда. Эксперимент проведен в кластере Kubernetes на специализированном стенде в облачной среде.

Стек технологий:

- прикладной уровень: FastAPI (Python), выбранный благодаря его асинхронной природе и высокой пропускной способности, подтвержденной в бенчмарках [3];
- слой данных и сообщений: PostgreSQL и RabbitMQ;
- генератор нагрузки: фреймворк Locust;

Система моделирует цепочку обработки заказа через четыре сервиса: API Gateway, Order, Inventory и Payment. В REST-режиме Order Service последовательно вызывает Inventory и Payment через HTTP-запросы. В Event-режиме Order Service публикует событие order.created в RabbitMQ, которое асинхронно обрабатывается остальными сервисами.

Ключевой метрикой является end-to-end latency, измеряемая как интервал времени от отправки запроса генератором до фиксации терминального статуса заказа в базе данных. В Event-режиме это включает время нахождения сообщения в брокере и накладные расходы на клиентский опрос статуса для фиксации завершения операции.

Сценарии тестирования включают в себя базовую нагрузку (stable), пиковый рост RPS (spike), конкуренцию за ресурсы (degradation) и наличие бизнес-ошибок (fault).

Результаты экспериментального исследования. Количественные результаты сравнительного тестирования представлены в таблице 1.

Таблица 1. Сравнительные показатели производительности REST и Event-driven систем

Сценарий	REST end-to-end p95, мс	Event end-to-end p95, мс	REST Throughput (зак/с)	Event Throughput (зак/с)	Event HTTP 5xx
A1 stable	61,20	132,21	1,29	1,26	0
A2 stable	59,75	130,95	4,66	4,62	0
D2 degradation	169,53	189,21	68,35	68,84	0
D1 degradation	604,45	1103,28	148,20	65,92	5328
F0 fault	59,17	487,73	4,66	3,94	0
F500 fault	601,36	936,49	3,20	3,24	0
S1 spike	65,51	935,57	41,87	20,90	0

В базовом сценарии (A1/A2) REST-архитектура оказалась в 2,1 раза эффективнее Event-режима (61,20 мс против 132,21 мс). В сценарии S1 spike наблюдается десятикратный разрыв в задержке: end-to-end p95 для Event-driven модели возрастает до 935,57 мс. Применение метрик групп «Queue» и «Equipment», согласно Артамонову, объясняет этот эффект: при пиковой нагрузке стоимость управления очередями в RabbitMQ и накладные расходы на сериализацию перевешивают выгоды от асинхронности, приводя к накоплению задач в обработке и деградации пропускной способности. В сценарии D1 degradation Event-система продемонстрировала неспособность соблюсти стандарты нормативности, выдав 5328 ошибок из-за исчерпания ресурсов брокера.

Анализ результатов. Сравнение полученных данных с результатами Д. С. Салтанова подтверждает, что использование FastAPI обеспечивает сверхнизкую задержку, составляющую 43 мс в идеальных условиях, что делает его оптимальным для синхронных реализаций [3].

Анализ полученных результатов опровергает гипотезу о безусловном преимуществе Event-driven архитектур при высоких нагрузках. Для коротких цепочек сервисов накладные расходы брокера и задержки, вносимые опросом статуса, делают асинхронную модель менее эффективной. Преимущество REST внутри кластера обусловлено меньшим количеством посредников и отсутствием «буферного» оверхеда.

Закключение. В рамках проведенного экспериментального исследования выполнено сравнительное сопоставление синхронной и асинхронной моделей межсервисного взаимодействия в микросервисной архитектуре, развер-

нутой в среде Kubernetes, при фиксированной бизнес-логике и идентичных сценариях нагрузки.

Полученные результаты показывают, что в исследуемой конфигурации, характеризующейся короткой цепочкой взаимодействия сервисов и использованием брокера сообщений RabbitMQ, синхронная REST-модель демонстрирует меньшие значения end-to-end latency по сравнению с событийно-ориентированной реализацией. Разница наиболее выражена в условиях стабильной и пиково возрастающей нагрузки, где дополнительная задержка в event-driven подходе обусловлена накладными расходами на маршрутизацию сообщений, сериализацию данных и обработку очередей. Выявленные особенности поведения событийно-ориентированной системы при высоких нагрузках указывают на чувствительность реализации к параметрам конфигурации брокера сообщений и характеристикам профиля нагрузки. Это позволяет предположить, что полученные результаты отражают не только свойства архитектурного подхода, но и особенности его конкретной реализации.

Таким образом, на основании проведенного эксперимента можно сделать вывод, что для сценариев с короткими синхронными цепочками обработки запросов внутри одного Kubernetes-кластера применение REST-подхода может обеспечивать более низкую задержку выполнения операций. В то же время вопрос выбора архитектурной парадигмы не может рассматриваться вне контекста требований к системе: событийно-ориентированные архитектуры сохраняют преимущества в задачах, связанных с асинхронной обработкой, масштабируемостью и снижением связности компонентов.

Литература:

1. Артамонов, И. В. Показатели производительности микросервисных систем / И. В. Артамонов. — Текст: непосредственный // Вестник НГИЭИ. — 2018. — № 8 (87). — С. 24–33.
2. Чикалева, Ю. С. Анализ гранулярности микросервисов: эффективность архитектурных подходов / Ю. С. Чикалева. — Текст: непосредственный // Программные системы и вычислительные методы. — 2025. — № 2.
3. Салтанов, Д. С. Сравнительный анализ архитектурных подходов к разработке REST API для высоконагруженных систем / Д. С. Салтанов, Н. В. Арсентьева. — Текст: непосредственный // Форум молодых ученых. — 2025. — № 6 (106).

Разработка мобильного приложения для конфиденциальной передачи информации

Еськин Никита Сергеевич, студент

Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники» (г. Зеленоград)

Современные мессенджеры обеспечивают сквозное шифрование (end-to-end encryption, E2E) канала связи, однако доступ к ключам шифрования, как правило, контролирует разработчик сервиса. Кроме того, мессенджер собирает метаданные: время отправки, адресаты, частота обращений. Для сценариев, где требуется верифицируемая конфиденциальность без доверия к третьей стороне, указанный подход является недостаточным.

Существующие офлайн-шифраторы, такие как S. S. E. или AxCrypt, не предоставляют встроенного механизма обмена ключами и не обеспечивают прямую секретность.

Мессенджеры с открытым протоколом, например Signal, требуют наличия сервера и регистрации, что ограничивает применение в изолированных условиях.

Цель работы — разработать мобильное приложение, которое реализует полный цикл конфиденциальной переписки: обмен ключами, шифрование, передачу шифротекста через любой канал и расшифровку — без выхода в сеть и без зависимости от сторонних серверов.

Для обоснования необходимости разработки проведён сравнительный анализ шести решений: S. S. E., Cryptomator, AxCrypt, Signal, Telegram, WhatsApp. Результаты сведены в таблицу 1.

Таблица 1. Сравнительный анализ существующих решений

Параметры сравнения	Программные решения						
	S. S. E.	Cryptomator	AxCrypt	Signal	Telegram	WhatsApp	МП КПИ
Работа без разрешения INTERNET	+	+	–	–	–	–	+
Встроенный обмен ключами (ECDH)	–	–	–	+	+	+	+
Прямая секретность (forward secrecy)	–	–	–	+	–	+	+
Передача через произвольный канал	+	–	–	–	–	–	+
Открытый исходный код	+	+	–	+	–	–	+
Шифрование текста сообщений	+	–	–	+	+	+	+

Из таблицы 1 следует, что ни одно из рассмотренных решений не удовлетворяет одновременно всем критериям: работа без INTERNET-разрешения, встроенный обмен ключами ECDH, прямая секретность, поддержка произвольного канала передачи и открытый исходный код. Совокупность этих требований определяет необходимость разработки МП КПИ.

МП КПИ реализует следующий пользовательский сценарий. Два абонента устанавливают приложение на устройства под управлением Android. Каждый генерирует пару ключей ECDH (алгоритм X25519, RFC 7748 [1]). Публичные ключи передаются через любой канал — мессенджер, электронную почту или QR-код. Приложение вычисляет общий секрет и формирует корневой ключ с помощью HKDF (RFC 5869 [2]). Далее абонент вводит текст сообщения, приложение шифрует его по алгоритму AES-256-GCM (NIST SP 800–38D) и передаёт шифротекст

в системный диалог Intent.createChooser для отправки через любое установленное приложение.

Прямая секретность обеспечивается ротацией ключей. После каждого сообщения корневой ключ обновляется: новый ключ вычисляется как HKDF-Expand(текущий ключ, «ratchet»||N), где N — порядковый номер сообщения. Компрометация текущего ключа не раскрывает ключи предыдущих сообщений.

Ключевой материал хранится в Android Keystore — защищённом аппаратном хранилище, реализованном в доверенной среде исполнения (TEE или StrongBox). Извлечение ключей из Keystore средствами ОС невозможно. Данные пользователя (история переписки, публичные ключи контактов) сохраняются в Jetpack DataStore с шифрованием через Google Tink AEAD.

Манифест приложения не содержит разрешения android.permission.INTERNET. На уровне ядра ОС (netfilter/

eBPF) это блокирует все сетевые сокеты процесса вне зависимости от логики приложения. Данное ограничение верифицируемо: любой пользователь может убедиться в его наличии, просмотрев манифест APK.

Приложение разработано для платформы Android. Выбор платформы обусловлен её долей на рынке мо-

бильных ОС (более 70 % устройств по данным за 2024 год [4]), открытостью экосистемы и наличием Android Keystore API, обязательного для безопасного хранения криптографических ключей.

В качестве языка программирования выбран Kotlin. Сравнительный анализ языков представлен в таблице 2.

Таблица 2. Сравнение языков программирования для Android-разработки

Критерий сравнения	Язык программирования				
	Java	Kotlin [3]	C++	Dart	Python
Нативная поддержка Android SDK	+	+	+/-	-	-
Встроенная защита от нулевых ссылок	-	+	-	+	+
Поддержка корутин	-	+	-	+/-	-
Прямой доступ к Android Keystore API	+	+	+	-	-
Официальный язык Android (с 2019)	-	+	-	-	-

Kotlin является официальным языком разработки для Android с 2019 года [5]. Встроенная система типов с поддержкой null-safety устраняет целый класс ошибок на этапе компиляции. Корутины (Kotlin Coroutines) обеспечивают неблокирующее выполнение криптографических операций без создания явных потоков.

Пользовательский интерфейс реализован на Jetpack Compose — декларативном UI-фреймворке, являющемся официальной рекомендацией Google для новых Android-проектов. Все экраны приложения защищены флагом FLAG_SECURE, запрещающим создание скриншотов и отображение содержимого в системном переключателе задач. Буфер обмена автоматически очищается через 30 секунд после расшифровки сообщения.

Криптографический стек состоит из трёх компонентов: Android Keystore (хранение ключей в TEE), Google Tink 1.20.0 (AEAD-шифрование локального хранилища) и Bouncy Castle 1.83 (поддержка X25519 и HKDF, доступная начиная с версии 1.57).

Для проверки корректности работы МП КПИ применялось функциональное тестирование методом чёрного ящика. Тест-кейсы охватывали полный жизненный цикл сообщения: генерацию ключевой пары, обмен публич-

ными ключами, шифрование, передачу шифротекста, расшифровку и сверку с исходным текстом.

Корректность криптографических примитивов проверялась на тестовых векторах из RFC 7748 (X25519) и NIST SP 800-38D (AES-GCM). Все вычисленные значения совпали с эталонными, что подтверждает корректность реализации алгоритмов.

Дополнительно проверялась невозможность сетевого взаимодействия: при попытке установить TCP-соединение из кода приложения операционная система возвращала исключение SecurityException, что соответствует ожидаемому поведению при отсутствии разрешения INTERNET.

Разработано мобильное приложение для конфиденциальной передачи информации (МП КПИ), реализующее криптографический стек ECDH (X25519) + AES-256-GCM + HKDF с хранением ключевого материала в Android Keystore. Приложение работает без разрешения INTERNET, что на уровне ядра ОС исключает несанкционированную сетевую активность. В отличие от рассмотренных аналогов, МП КПИ обеспечивает одновременно: встроенный обмен ключами, прямую секретность, поддержку произвольного канала передачи и верифицируемое отсутствие сетевого доступа.

Литература:

1. RFC 7748: Elliptic Curves for Diffie-Hellman Key Agreement. — Текст: электронный // IETF: [сайт]. — URL: <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc7748> (дата обращения: 07.04.2026).

2. HMAC-based Extract-and-Expand Key Derivation Function (HKDF). — Текст: электронный // IETF: [сайт]. — URL: <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc5869> (дата обращения: 07.04.2026).

3. Kotlin Documentation. — Текст: электронный // kotlinlang.org: [сайт]. — URL: <https://kotlinlang.org/docs/home.html> (дата обращения: 07.04.2026).

4. StatCounter, G. S. Mobile OS Market Share / G. S. StatCounter. — Текст: электронный // StatCounter: [сайт]. — URL: <https://gs.statcounter.com/os-market-share/mobile/> (дата обращения: 07.04.2026).

5. First-party Android development: Kotlin. — Текст: электронный // developer.android.com: [сайт]. — URL: <https://developer.android.com/kotlin/first> (дата обращения: 07.04.2026).

Алгоритмы автоматизации управленческих решений в электронной коммерции на основе rule-based подхода

Иванюков Николай Андреевич, студент
Приволжский государственный университет путей сообщения (г. Самара)

В статье рассматриваются подходы к автоматизации управленческих решений в сфере электронной коммерции с использованием rule-based алгоритмов. Обоснована необходимость формализации управленческих сценариев для обеспечения масштабируемости товарного портфеля. Предложена архитектура системы поддержки принятия решений класса ODOS (Operational Decision Optimization Systems), включающая детерминированный конечный автомат управления жизненным циклом SKU и метрику динамической оценки эффективности управленческих гипотез с учётом оборачиваемости капитала.

Ключевые слова: электронная коммерция, rule-based системы, поддержка принятия решений, управление ассортиментом, оборачиваемость капитала, конечный автомат, маркетплейс.

1. Введение

Российский рынок электронной коммерции демонстрирует устойчивый рост: по данным АКИТ, оборот в 2024 году превысил 7 трлн рублей, число активных продавцов на крупнейших маркетплейсах превышает 1 млн [1]. В условиях масштабирования бизнеса традиционные методы управления товарным ассортиментом, основанные на ручной обработке данных, перестают справляться с увеличивающимся объёмом информации.

Продавец, управляющий портфелем из 100 и более SKU, вынужден ежедневно принимать сотни управленческих решений: корректировать рекламные бюджеты, изменять цены, управлять товарными остатками с учётом сезонности. Когнитивная нагрузка при ручном управлении приводит к систематическим ошибкам: упущенной прибыли от недостаточных рекламных инвестиций в высокоэффективные товары, потерям от неоправданных расходов на рекламу убыточных позиций, замораживанию оборотного капитала в неликвидных остатках.

Существующие аналитические инструменты (MP Stats, Mayak, Sellematics) решают задачу ретроспективного мониторинга, однако не обеспечивают формализованную поддержку принятия оперативных управленческих решений. Системы общего назначения класса DSS (Decision Support Systems), такие как Anaplan и IBM Planning Analytics, не адаптированы под специфику российских маркетплейсов и требуют значительных ресурсов на внедрение.

Цель настоящей работы — разработка архитектуры системы автоматизации управленческих решений в e-commerce на основе rule-based подхода, обеспечивающей масштабируемое управление товарным портфелем с формализованной оценкой эффективности управленческих сценариев.

2. Анализ существующих подходов

Rule-based системы (системы продукционных правил) представляют собой класс экспертных систем, в которых знания предметной области формализуются в виде правил «ЕСЛИ условие — ТО действие» [2]. Классические реализации, такие как Drools и Easy Rules, обеспечивают универсальный механизм логического вывода, однако не содержат предметно-специфичных агрегатов для e-commerce.

АВС-анализ товарного портфеля является общепринятым методом классификации ассортимента по вкладу в выручку и прибыль [3]. Традиционные подходы применяют АВС-классификацию по одному критерию, тогда как управление ассортиментом маркетплейса требует одновременного учёта нескольких измерений: выручки, маржинальности, оборачиваемости, рекламной эффективности.

Фундаментальным ограничением существующих систем является статический характер оценки: показатели фиксируются в момент времени t без учёта динамики их изменения под воздействием управленческих решений. Это приводит к системному смещению: оптимальное управленческое решение по критерию маржинальности может быть субоптимальным по критерию оборачиваемости капитала, и наоборот.

Задача построения системы, балансирующей противоречивые критерии управления с учётом временных ограничений, соответствует классу задач многокритериальной оптимизации с ограничениями [4]. Формализация этой задачи для предметной области e-commerce и составляет научную новизну предлагаемого подхода.

3. Предлагаемый подход: ODOS-архитектура

3.1. Концепция операционной системы управления решениями

Предлагаемый подход формирует новый класс систем — Operational Decision Optimization Systems (ODOS) — в которых управленческое действие рассматривается как выбор оптимальной гипотезы из допустимого множества с максимизацией динамической метрики эффективности. В отличие от традиционных DSS, обеспечивающих поддержку анализа, ODOS формализует само управленческое действие как алгоритмический объект.

Архитектура системы реализует двухуровневую схему обработки. Диагностический уровень осуществляет идентификацию источников финансовых потерь и их количественную оценку, обеспечивая маршрутизацию к операционному уровню. Операционный уровень формирует конкретные управленческие рекомендации с учётом полного контекста товарной позиции: текущей стратегии жизненного цикла, оборачиваемости, горизонта коммерческого периода.

3.2. Модель жизненного цикла SKU

Центральным элементом предлагаемой архитектуры является детерминированный конечный автомат управления жизненным циклом товарной позиции. Множество состояний автомата S определяется следующим образом:

$S = \{\text{Новинка, Рост_выручка, Рост_маржа, Ядро_прибыли, Распродажа}\}$

Переходы между состояниями определяются приоритетной таблицей условий, проверяемых ежедневно в заданном порядке. Детерминизм автомата обеспечивается правилом единственности: каждой позиции в каждый момент времени присваивается ровно одна стратегия (1 SKU = 1 стратегия).

Таблица приоритетов переходов включает семь правил, где приоритет 1 имеет наибольший вес. Условия верхних правил проверяются первыми; при выполнении условия проверка прекращается.

Приоритет	Условие	Стратегия
1	Ранний этап + CTR ниже нормы категории	Новинка
2	Ранний этап + CTR в норме	Рост через выручку
3	Первая половина сезона + зона BA/BB/BC/CC	Рост через выручку
4	Первая половина сезона + зона AB/AC	Рост через маржу
5 *	Зона AA двумерного ABC-анализа	Ядро прибыли
6	Вторая половина сезона + зона \neq AA	Распродажа
7 ⚠	Финальный период сезона (настраивается)	Распродажа принудительно

Правило 5 является исключительным: стратегия «Ядро прибыли» применяется только к товарам, достигшим зоны AA двумерного ABC-анализа по выручке и прибыли одновременно. Это обеспечивает концентрацию наиболее сложных алгоритмов управления на товарах, формирующих основную часть прибыли портфеля.

Для предотвращения нежелательных осцилляций между состояниями при граничных значениях показателей реализован буфер стабильности: новое состояние фиксируется только при его устойчивом сохранении на протяжении не менее трёх последовательных расчётных периодов.

3.3. Нормализация метрик на уровне категории

Традиционные аналитические системы применяют абсолютные пороговые значения показателей ($CTR \geq 3\%$, $DRP \leq 10\%$), универсальные для всех товарных позиций. Предлагаемый подход вводит систему нормализованных индексов, оценивающих каждый SKU относительно медианы его товарной категории:

$CTR_index = CTR_SKU / \text{median}(CTR, \text{category})$

$DRR_index = \text{median}(DRR, \text{category}) / DRR_SKU$

$Price_index = Price_SKU / \text{median}(Price, \text{category})$

Данный подход, обозначаемый как Category Intelligence, устраняет систематические ошибки классификации, обусловленные межкатегорийными различиями в рекламных ставках, стоимости логистики и потребительском поведении. Нормативные значения строятся иерархически: приоритет отдаётся пользовательским настройкам; при их отсутствии используется медиана зоны AA данной категории за последние 30 дней.

4. Метрика оценки управленческих гипотез

4.1. Постановка задачи

Управленческое решение в e-commerce неизбежно создаёт взаимообусловленный эффект: изменение цены влияет одновременно на маржинальность единицы товара и на скорость реализации остатка. Системы, оптимизирующие только маржинальность, систематически рекомендуют повышение цены; системы, оптимизирующие только скорость продаж, рекомендуют её снижение. Ни один из однокритериальных подходов не обеспечивает корректной оценки управленческой целесообразности в условиях временного ограничения, задаваемого коммерческим периодом маркетинга.

Формализуем задачу оценки управленческой гипотезы h для товарной позиции i в момент времени t при условии наличия горизонта H (количество дней до завершения коммерческого периода):

$$\max E_{hyp}(i, h, t)$$

$$\text{при } T_{hyp}(i, h) \leq H(i, t)$$

где E_{hyp} — метрика эффективности гипотезы, T_{hyp} — прогнозная оборачиваемость после применения гипотезы, H — горизонт коммерческого периода.

4.2. Определение метрики

Метрика E_{hyp} определяется как произведение прогнозной прибыли на текущий товарный остаток и коэффициента изменения оборачиваемости:

$$E_{hyp} = \Pi_{stock_hyp} \times K_{turn}$$

$$K_{turn} = T_{base} / T_{hyp}$$

Прогнозная прибыль на остаток рассчитывается с учётом нормативных изменений показателей реализации, определяемых типом управленческой гипотезы. Коэффициент оборачиваемости $K_{turn} > 1$ означает ускорение реализации остатка по сравнению с базовым сценарием.

Экономический смысл метрики: E_{hyp} отвечает не на вопрос «сколько заработаем?», а на вопрос «насколько целесообразно применять данную гипотезу, учитывая как финансовый результат, так и скорость высвобождения капитала до коммерческого горизонта?».

Ограничение применимости $T_{hyp} \leq H$ исключает из рассмотрения гипотезы, при которых товарный остаток не будет реализован до завершения коммерческого периода, независимо от значения E_{hyp} . Данное условие формализует практический запрет на управленческие решения, ведущие к накоплению неликвидных сезонных остатков.

4.3. Множество управленческих гипотез

В рамках предлагаемой системы рассматривается следующее множество управленческих гипотез $H = \{h_1, \dots, h_5\}$:

Гипотеза	Управленческое действие	Основной эффект
h_1	Повышение цены на заданный шаг	$\Pi_{unit} \uparrow$, скорость продаж \downarrow
h_2	Снижение цены на заданный шаг	$\Pi_{unit} \downarrow$, скорость продаж \uparrow
h_3	Участие в акции маркетинга	$\Pi_{unit} \downarrow \downarrow$, скорость продаж $\uparrow \uparrow$
h_4	Увеличение рекламного бюджета	$DRP \uparrow$, скорость продаж \uparrow
h_5	Снижение рекламного бюджета	$DRP \downarrow$, скорость продаж \downarrow

Для каждой гипотезы вычисляется E_{hyp} , проверяется ограничение $T_{hyp} \leq H$, формируется ранжированный список допустимых рекомендаций. Гипотезы, нарушающие временное ограничение, исключаются вне зависимости от величины E_{hyp} .

5. Экспериментальная валидация

5.1. Условия эксперимента

Валидация предложенных алгоритмов проводилась на реальных коммерческих данных действующего e-commerce бизнеса в нише женской одежды на маркетинговом Wildberries. Товарный портфель включал 200 SKU, период наблюдения — 24 месяца (2024–2025 гг.).

Ниша женской одежды характеризуется высокой товарной вариативностью (размерные ряды, цветовые варианты), выраженной сезонностью (зима, демисезон, лето), короткими жизненными циклами товаров и значительной зависимостью CTR от качества визуального контента. Это делает данный рынок одним из наиболее сложных с точки зрения алгоритмического управления.

5.2. Результаты

Применение разработанных алгоритмов управления обеспечило следующие измеримые результаты за период наблюдения:

Показатель	До внедрения (2024)	После внедрения (2025)	Изменение
Рентабельность по чистой прибыли	11 %	20 %	+9 п.п. (+82 %)
Доля неэффективных рекламных расходов	базовый уровень	снижение	–15–20 %
Охват управленческими сценариями	ручной, несистемный	формализованный	100 % портфеля

Существенным качественным результатом является изменение операционной культуры управления: команда менеджеров перестала использовать интуитивные подходы к управлению ассортиментом, полностью перейдя на работу в рамках формализованных управленческих сценариев. Данный факт свидетельствует о практической применимости и воспринимаемой ценности предложенного подхода.

Следует подчеркнуть, что ниша женской одежды является одной из наиболее сложных для алгоритмического управления ввиду высокой вариативности и непредсказуемости потребительского поведения. Достижение положительных результатов в данной нише подтверждает обобщаемость предложенного подхода на другие товарные категории маркетплейсов.

6. Обсуждение результатов и направления развития

Предложенная архитектура ODOS обладает рядом принципиальных отличий от существующих подходов. Во-первых, контекстно-зависимое управление: один и тот же показатель интерпретируется по-разному в зависимости от текущей стратегии жизненного цикла товара. Высокое значение ДРП является нормой для стратегии «Рост» и сигналом коррекции для стратегии «Ядро прибыли». Во-вторых, временная обусловленность оценки: метрика E_hup учитывает не только прогнозный финансовый результат, но и возможность его достижения в заданном временном горизонте. В-третьих, прозрачность логики: детерминированный конечный автомат обеспечивает полную аудируемость каждого управленческого решения.

Ограничения текущего подхода связаны с использованием нормативных коэффициентов для оценки эффектов управленческих гипотез. Данные коэффициенты определяются на основе экспертных знаний предметной области и усредняются по типу гипотезы без учёта индивидуальных особенностей конкретного SKU. Повышение точности прогнозирования может быть достигнуто за счёт применения методов машинного обучения для персонализации коэффициентов на основе накопленной истории управленческих решений.

Перспективными направлениями развития являются: (1) построение бенчмарков категорий на основе агрегированных данных множества продавцов для повышения качества нормализации метрик; (2) реализация алгоритма оптимального распределения оборотного капитала между стратегиями портфеля с учётом прогнозных значений E_hup; (3) интеграция с модулями финансового планирования для расчёта рисков кассовых разрывов на горизонте планирования поставок.

7. Заключение

В работе представлена архитектура системы автоматизации управленческих решений в e-commerce на основе rule-based подхода. Ключевыми научно-техническими результатами являются: детерминированный конечный автомат управления жизненным циклом SKU с таблицей приоритетов из семи правил; система нормализованных метрик Category Intelligence, обеспечивающая контекстную оценку показателей товарной позиции; метрика E_hup для динамической оценки управленческих гипотез с учётом оборачиваемости капитала и коммерческого горизонта.

Практическая валидация на реальных коммерческих данных подтвердила эффективность предложенного подхода: рентабельность по чистой прибыли выросла с 11 % до 20 % за 12 месяцев применения. Предложенная архитектура формирует новый класс систем ODOS, отличающихся от традиционных DSS направленностью на формализацию управленческого действия, а не только на поддержку аналитики.

Результаты работы могут быть применены при разработке SaaS-платформ для управления электронной коммерцией, а также при создании корпоративных систем управления товарными портфелями на маркетплейсах.

Литература:

1. Ассоциация компаний интернет-торговли (АКИТ). Итоги рынка e-commerce России за 2024 год. — URL: <https://akit.ru> (дата обращения: 01.03.2025).
2. Руссел С., Норвиг П. Искусственный интеллект: современный подход. — 4-е изд. — М.: Вильямс, 2022. — 1408 с.
3. Гаджинский А. М. Логистика: учебник. — 21-е изд. — М.: Дашков и К, 2021. — 420 с.
4. Ехлаков Ю. П., Разработка систем поддержки принятия решений: учеб. пособие. — Томск: Изд-во ТУСУР, 2020. — 152 с.
5. Злотникова Т. В. Маркетплейсы как инфраструктура цифровой торговли // Экономика и управление. — 2023. — № 4. — С. 45–52.
6. Business Rules Group. The Business Motivation Model. — 2010. — URL: <http://www.businessrulesgroup.org>.
7. Silberschatz A., Korth H. F., Sudarshan S. Database System Concepts. — 7th ed. — McGraw-Hill, 2020. — 1376 p.

Разработка робастного алгоритма предиктивного анализа для мониторинга состояния виртуальных машин

Исаков Леонид Александрович, студент
МИРЭА — Российский технологический университет (г. Москва)

В статье рассматривается разработка робастного алгоритма предиктивного анализа для мониторинга состояния виртуальных машин на основе временных рядов эксплуатационных метрик. Обосновывается необходимость перехода от реактивной пороговой фиксации отклонений к прогнозированию потенциально неблагоприятных состояний на основе исторических данных. Предложенный алгоритм сочетает оценку типичного диапазона значений по межквартильному размаху, выявление резких скачков относительно базовой медианы, фильтрацию выбросов с использованием медианы абсолютных отклонений и линейное прогнозирование краткосрочного тренда методом наименьших квадратов. Показано, что такая комбинация методов обеспечивает устойчивость к локальным выбросам и позволяет обнаруживать как уже проявившиеся аномалии, так и тенденции, способные привести к достижению критических уровней в ближайшей перспективе. Рассмотрены вычислительные свойства алгоритма и результаты его апробации на данных мониторинга виртуальных машин.

Ключевые слова: предиктивный анализ, мониторинг виртуальных машин, временные ряды, робастная статистика, межквартильный размах, медиана абсолютных отклонений, линейная регрессия, прогнозирование состояний.

Введение

Современные вычислительные инфраструктуры характеризуются высокой степенью изменчивости эксплуатационных параметров, что делает задачу мониторинга состояния виртуальных машин не только задачей фиксации текущих значений метрик, но и задачей выявления неблагоприятных тенденций их изменения [1]. В прикладной практике для контроля используются показатели загрузки центрального процессора, использования оперативной памяти, заполнения дисковой подсистемы и другие временные ряды, отражающие поведение объекта наблюдения во времени. При этом традиционный пороговый подход позволяет регистрировать уже наступившее превышение допустимого уровня, но не обеспечивает достаточной чувствительности к ситуациям, при которых текущее значение еще находится в допустимой области, однако демонстрирует устойчивый рост и с высокой вероятностью достигнет критического уровня в ближайшем будущем.

В условиях эксплуатации высоконагруженных инфраструктур подобное ограничение приобретает особую значимость. Позднее обнаружение роста нагрузки может привести к ухудшению качества обслуживания, исчерпанию ресурсов и возникновению отказов, тогда как своевременное прогнозирование критического состояния позволяет заранее инициировать корректирующие действия. В связи с этим актуальной становится задача построения вычислительно эффективного и интерпретируемого алгоритма предиктивного анализа, устойчивого к выбросам и пригодного для обработки эксплуатационных временных рядов.

Целью настоящей статьи является исследование применения и разработка робастного алгоритма [2] предиктивного анализа для мониторинга состояния виртуальных машин. Под робастностью в данном случае понимается устойчивость алгоритма к единичным аномальным наблюдениям и локальным колебаниям, не отражающим действительную тенденцию развития процесса.

Разработка алгоритма

В основу алгоритма положено разделение данных на базовое и краткосрочное окно. Базовое окно отражает длительную историю изменения метрики и используется для оценки типичного диапазона ее поведения. Краткосрочное окно содержит последние наблюдения и характеризует актуальную динамику показателя.

Пусть базовый ряд задается формулой (1), а краткосрочный ряд формулой (2).

$$B = \{b_1, \dots, b_n\} \quad (1)$$

где

n — число исторических значений.

$$S = \{(t_1, y_1), \dots, (t_k, y_k)\} \quad (2)$$

где

k — число последних наблюдений,

t_1 — момент времени,

y_1 — значение метрики в момент.

На первом этапе по базовому ряду строится робастная верхняя граница типичного поведения. Для этого после упорядочивания значений вычисляются квартили и межквартильный размах [3], представляющий разницу первого и третьего квартиля. На их основе формируется верхняя граница допустимого диапазона по формуле (3).

$$L = Q_3 + \alpha \times IQR \quad (3)$$

где

Q_3 — верхний квартиль,

IQR — межквартильный размах,

α — коэффициент чувствительности алгоритма.

Использование межквартильного размаха позволяет ослабить влияние экстремальных значений, поскольку оценка строится на центральной части распределения, а не на среднем значении, чувствительном к выбросам.

Одновременно по базовому ряду определяется медиана, которая используется как робастная характеристика типичного уровня метрики. В отличие от среднего арифметического, медиана слабо реагирует на единичные аномальные наблюдения и потому более подходит для анализа эксплуатационных данных.

После формирования базовых характеристик выполняется быстрая проверка текущего состояния. Если последнее значение краткосрочного ряда превышает построенную верхнюю границу, фиксируется уже наступившее аномальное отклонение. Дополнительно анализируется возможность резкого скачка, где если последнее значение заметно выше предыдущего и одновременно существенно превышает типичный уровень, такое состояние интерпретируется как резкое ухудшение даже в том случае, когда формальная верхняя граница еще не была пересечена. Данный механизм позволяет выявлять кратковременные, но значимые изменения нагрузки. Если быстрые условия не выполняются, алгоритм переходит к более глубокой обработке краткосрочного ряда. Для уменьшения влияния единичных выбросов по краткосрочному интервалу рассчитываются медиана и медиана абсолютных отклонений. После этого из ряда исключаются точки, от-

клонение которых от медианы превышает допустимый уровень, задаваемый коэффициентом фильтрации. В результате формируется очищенный ряд, отражающий основную динамику процесса без случайных всплесков.

Следующий этап связан с построением линейной модели тренда по отфильтрованным точкам. Для этого временные координаты переводятся в числовую шкалу относительно первого наблюдения, после чего методом наименьших квадратов определяется линейная зависимость (4).

$$\hat{y} = a + bx \quad (4)$$

где

a — свободный член,

b — коэффициент наклона.

Если коэффициент наклона отрицательный, то возрастающий тренд отсутствует, и формирование предиктивного предупреждения не выполняется. Если же тренд положителен, рассчитывается прогнозное значение на заданном горизонте наблюдения и сопоставляется с ранее построенной робастной верхней границей. Если прогноз показывает, что при сохранении текущего темпа изменения показатель достигнет или превысит допустимую границу в пределах горизонта анализа, формируется предиктивное предупреждение. Для дополнительного снижения числа ложных срабатываний учитывается также минимально значимый прирост прогнозного значения относительно текущего уровня.

Важной особенностью предложенного алгоритма является сочетание нескольких классов признаков. Первый класс отражает уже наблюдаемое превышение типичного диапазона. Второй связан с локальными скачками относительно предыдущего измерения и базовой медианы. Третий базируется на сглаженной оценке тренда и позволяет выявлять потенциальное достижение критической области в будущем. Такое объединение нескольких логик анализа позволяет сделать алгоритм более устойчивым по сравнению с использованием единственного критерия.

С точки зрения математического аппарата предложенный подход представляет собой комбинирование робастной статистики и простой параметрической модели краткосрочного прогноза. Робастные характеристики используются для построения базового уровня и фильтрации аномальных точек, а линейная регрессия для описания текущего тренда. Подобная комбинация является практически оправданной, поскольку инфраструктурные временные ряды часто не удовлетворяют требованиям стационарности и могут содержать шум, делающий применение более чувствительных методов затруднительным.

Вычислительная сложность

Отдельного внимания заслуживает вычислительная сложность алгоритма. Основной вклад в трудоемкость вносят этапы сортировки данных при вычислении квартилей, медианы и медианы абсолютных отклонений. Для базового окна размером n и краткосрочного окна размером k суммарная временная сложность одной серии выражена формулой (5).

$$O(n \times \log(n) + k \times \log(k)) \quad (5)$$

Тогда как дополнительная память определяется хранением рабочих копий данных и оценивается величиной порядка формулы (6).

$$O(n + k) \quad (6)$$

Эти свойства позволяют применять алгоритм для большого числа метрик без чрезмерной вычислительной нагрузки и подтверждают его пригодность для практического использования в системах мониторинга.

Апробация

Апробация алгоритма проводилась на данных, получаемых при мониторинге виртуальных машин. Результаты нагрузочных испытаний показали, что время выполнения предиктивной оценки одной метрики составляет порядка 1104 наносекунд в однопоточном режиме и около 469 наносекунд при параллельном запуске. При моделировании одновременной обработки 100 виртуальных машин

суммарное время предиктивной оценки оставалось в пределах микросекундного диапазона.

Вывод

Предложенный алгоритм позволяет дополнить традиционный пороговый мониторинг механизмом раннего выявления неблагоприятных состояний виртуальных машин. Его математическая основа опирается на устойчивые статистические характеристики распределения и простую регрессионную модель краткосрочного прогноза, что обеспечивает приемлемый баланс между точностью, интерпретируемостью и вычислительной сложностью. Перспективы дальнейшего развития данного направления связаны с адаптацией параметров анализа к различным профилям нагрузки, расширением набора учитываемых метрик, а также с исследованием гибридных моделей, сочетающих робастные статистические процедуры с методами машинного обучения.

Литература:

1. Особенности мониторинга виртуальной IT-инфраструктуры / А. А. Данильчук. — Текст: электронный // sci-article.ru: [сайт]. — URL: https://sci-article.ru/stat.php?i=osobennosti_monitoringa_virtualnoy_it-infrastruktury (дата обращения: 02.05.2026).
2. Робастная оптимизация: компромисс оптимальности и валидности решения. — Текст: электронный // Habr: [сайт]. — URL: <https://habr.com/ru/articles/751226/> (дата обращения: 03.05.2026).
3. Межквартильный размах: измерение разброса данных в квартилях, обновление. — Текст: электронный // FasterCapital: [сайт]. — URL: <https://fastercapital.com/ru/content/Межквартильный-размах—измерение-разброса-данных-в-квартилях—обновление.html> (дата обращения: 03.05.2026).

Разработка модуля автоматизированного документирования программного кода с контролем актуальности

Коротов Дмитрий Валерьевич, студент

Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники» (г. Зеленоград)

В работе представлен программный модуль для Visual Studio Code, обеспечивающий автоматизированное создание и поддержание актуальности документации C++ кода. В отличие от существующих аналогов, модуль отслеживает изменения сигнатур функций и классов, визуальнo индицирует устаревшие комментарии и позволяет обновить их в один клик. Экспериментальное исследование показало сокращение времени на документирование на 71,5 %.

Ключевые слова: документирование кода, Visual Studio Code, абстрактное синтаксическое дерево, C++, искусственный интеллект.

Development of a Module for Automated Documentation of Software Code with Up-To-Date Control

Korotov Dmitry Valeryevich, student

National Research University "Moscow Institute of Electronic Technology" (Zelenograd)

The paper presents a VS Code module for automated creation and maintenance of C++ code documentation. Unlike existing tools, it tracks signature changes, visually highlights outdated comments, and enables one-click updates. Experimental results show a 71.5 % reduction in documentation time.

Keywords: documenting code, Visual Studio Code, abstract syntax tree, C++, artificial intelligence.

Введение

Современная разработка программного обеспечения характеризуется стремительным усложнением проектов, увеличением объёмов кодовой базы и широким распространением командных методологий разработки. В этих условиях поддержание актуальной и полной технической документации становится критически важной задачей, напрямую влияющей на скорость внесения изменений, качество кода и общую эффективность команды. Документация позволяет новым членам команды быстрее погружаться в проект, снижает риск ошибок при рефакторинге и способствует уменьшению технического долга.

Однако на практике классический ручной процесс документирования сталкивается с рядом системных проблем. Во-первых, разработчики вынуждены тратить значительное время на написание и актуализацию комментариев, что часто воспринимается как второстепенная задача. Во-вторых, документация, созданная однажды, быстро устаревает, поскольку изменения в коде не сопровождаются соответствующим обновлением описаний. В результате появляются противоречивые, неполные или откровенно неверные комментарии, которые не только теряют свою полезность, но и могут вводить разработчиков в заблуждение [1].

Таким образом, целью данной работы является разработка программного модуля автоматизированного доку-

ментирования программного кода (ПМ АДПК), который обеспечивает не только быструю генерацию документации, но и её непрерывное сопровождение — выявление устаревших комментариев, визуальную индикацию проблем и возможность обновления в один клик непосредственно из среды разработки.

Архитектура

ПМ АДПК реализован как расширение для интегрированной среды разработки Visual Studio Code. Выбор данной платформы обусловлен её популярностью среди C++ разработчиков, наличием развитого API для создания расширений и возможностью нативного выполнения кода на TypeScript в среде Node.js. Программа спроектирована по модульному принципу, что обеспечивает слабую связанность компонентов и упрощает тестирование.

Взаимодействие компонентов программного модуля представлено на рисунке 1.

Экстрактор элементов (ElementsExtractor) — центральный компонент синтаксического анализа. Он использует библиотеку web-tree-sitter [2] с загруженной WASM-грамматикой C++, что позволяет строить абстрактное синтаксическое дерево (AST) непосредственно в среде Node.js без внешних зависимостей. Экстрактор рекурсивно обходит AST и извлекает следующие сущности:

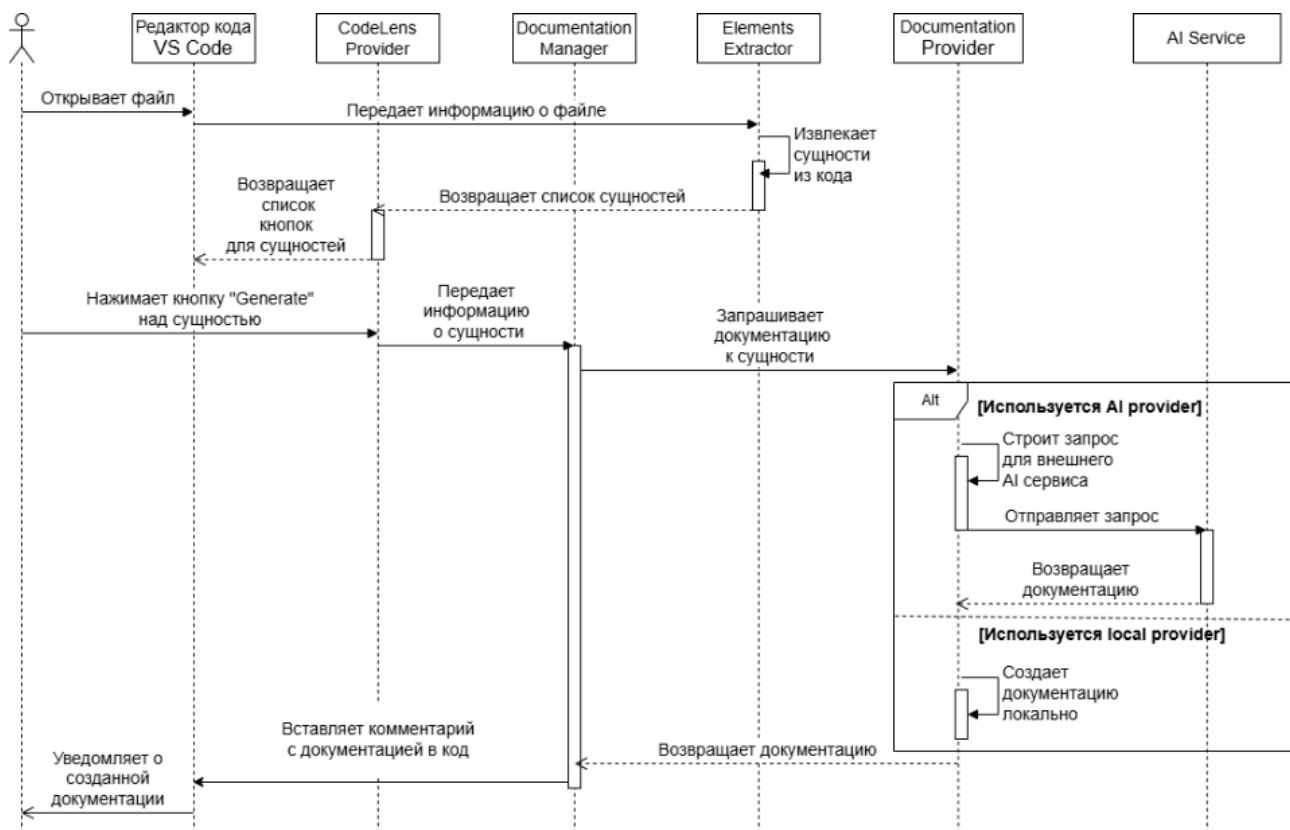


Рис. 1. Схема взаимодействия компонентов программного модуля

функции, методы классов, классы и структуры, перечисления (enum), C++20 концепты. Для каждой сущности фиксируются имя, тело кода, расположение в документе (начальная и конечная позиции), метаданные (параметры с типами и значениями по умолчанию, возвращаемый тип, параметры шаблонов), а также связанный комментарий (если присутствует непосредственно перед объявлением).

Трекер изменений (ElementsChangeTracker) — компонент, отвечающий за мониторинг правок в редакторе. Он подписывается на события изменения текста документа и при каждом изменении проверяет, затронута ли область, содержащая документированную сущность (код функции/класса или сам комментарий). Для исключения частых проверок при интенсивном редактировании используется механизм отложенного анализа: при первом изменении запускается таймер (по умолчанию 60 секунд), который сбрасывается при каждом последующем изменении. Анализ выполняется только после истечения задержки, когда разработчик, вероятно, завершил редактирование.

Анализаторы качества документации — модули, оценивающие полноту и корректность комментариев. Поддерживаются два типа.

Smart-анализатор — выполняет локальную проверку без обращения к внешним API. Он анализирует наличие необходимых тегов JSDoc-подобного формата (@brief, @param, @return, @tparam), проверяет соответствие перечисленных параметров фактическим параметрам функции, оценивает полноту описания и вычисляет интегральную оценку качества от 0 до 100.

OpenRouter-анализатор — использует облачные большие языковые модели (через агрегатор OpenRouter [3]) для семантической оценки качества. Формирует запрос, содержащий код сущности и существующий комментарий, отправляет его к API и парсит JSON-ответ с оценкой и списком проблем.

Алгоритм работы

Алгоритм образует замкнутый цикл непрерывного сопровождения документации.

Инициализация — при активации расширения загружаются пользовательские настройки (выбор провайдера генерации, анализатора, задержка анализа, API-ключи), регистрируются слушатели событий и инициализируются подсистемы.

Первичное сканирование — модуль обходит все открытые документы, извлекает программные сущности и восстанавливает сохранённое состояние из хранилища.

Мониторинг изменений — трекер отслеживает правки в редакторе. При изменении документированной сущности запускается отложенный анализ.

Анализ качества — после истечения задержки выбранный анализатор оценивает актуальность документации, формирует оценку и список проблем.

Визуализация — на основе результатов анализа обновляются цветовые индикаторы (зелёный/жёлтый/красный), всплывающие подсказки и боковая панель.

Генерация/обновление — по команде пользователя (через CodeLens, контекстное меню) менеджер документации вызывает соответствующий провайдер генерации, создаёт или обновляет комментарий, а интегратор вносит изменения в код.

Интерфейс

Пользовательский интерфейс реализован через стандартные механизмы расширения VS Code и включает следующие элементы:

CodeLens — интерактивные кнопки, отображаемые непосредственно над объявлением функции или класса. Для сущности без документации отображается кнопка «Generate», для сущности с существующей документацией — «Sync» (обновить) и «Remove» (удалить).

Визуальная подсветка — область комментария окрашивается в цвет, соответствующий оценке качества: зелёный (80–100 баллов) — документация актуальна; жёлтый (50–79) — имеются незначительные проблемы, рекомендуется доработка; красный (менее 50) — документация существенно устарела, требуется срочное обновление.

Hover-подсказка — при наведении курсора на подсвеченный комментарий появляется всплывающее окно с подробной информацией: оценка качества в процентах, количество проблем, детальный список несоответствий (например, «Не документирован параметр ‘size’», «Отсутствует описание возвращаемого значения»), а также интерактивная кнопка «Fix Issues» для мгновенного обновления документации.

Боковая панель «Documentation Issues» — предоставляет сводную информацию по всем открытым файлам. Панель имеет иерархическую структуру (файлы → сущности с проблемами), для каждого элемента отображается тип, имя и оценка качества. При клике на сущность редактор автоматически переходит к соответствующей позиции в коде.

На рисунке 2 представлено изображение с интерфейсом программного модуля.

Оценка эффективности

Для количественной оценки достижения заявленной цели проведено экспериментальное исследование с участием фокус-группы из пяти разработчиков, имеющих опыт промышленной разработки на C++. Каждому участнику предлагалось выполнить два идентичных задания по документированию программного кода.

Задание без модуля — вручную написать документацию в формате JSDoc для 10 функций, а затем после внесения трёх различных изменений в сигнатуры вручную же актуализировать комментарии.

Задание с модулем — выполнить те же операции с использованием ПМ АДПК (генерация через кнопку «Generate», обновление через кнопку «Sync»).

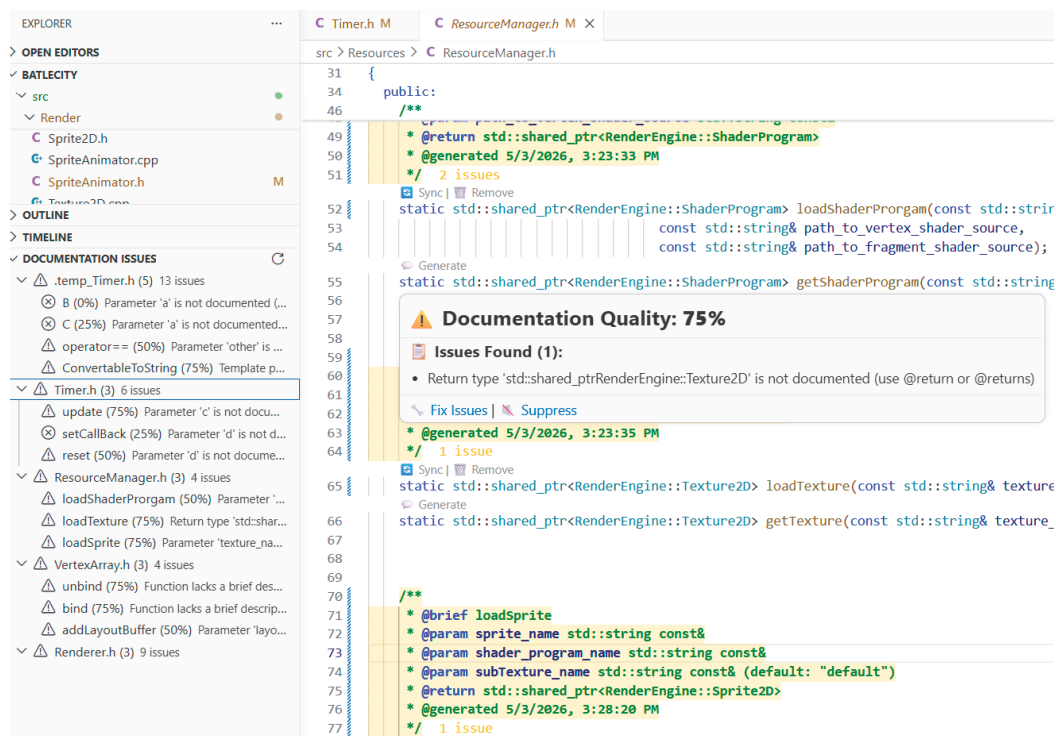


Рис. 2. Интерфейс программного модуля

Фиксировалось чистое время, затраченное непосредственно на операции документирования (без учёта времени на написание самого кода).

Результаты показали, что применение ПМ АДПК обеспечивает сокращение временных затрат на операции документирования в среднем на 71,5 % по сравнению с ручным способом. Наибольший эффект достигается при актуализации документации после изменения сигнатур функций, когда модуль автоматически выявляет устаревшие комментарии и предлагает их обновление, тогда как при ручном подходе разработчик вынужден самостоятельно находить затронутые изменениями фрагменты и синхронизировать их с кодом.

Литература:

1. Silva L., Unterkalmsteiner M., Wnuk K. Towards identifying and minimizing customer-facing documentation debt // Proceedings of the 2023 ACM/IEEE International Conference on Technical Debt (TechDebt 2023). P. 72–81.
2. Родионов, И. Tree-sitter: обзор инкрементального парсера / И. Родионов. — Текст: электронный // Habr: [сайт]. — URL: <https://habr.com/ru/articles/670140/> (дата обращения: 05.05.2026).
3. OpenRouter: единый API для доступа к LLM. — Текст: электронный // Habr: [сайт]. — URL: <https://habr.com/ru/articles/943186/> (дата обращения: 04.05.2026).
4. Visual Studio Code официальная документация. — Текст: электронный // Visual Studio Code Extension API: [сайт]. — URL: <https://code.visualstudio.com/api> (дата обращения: 05.05.2026).

Заключение

В ходе выполнения работы достигнута поставленная цель — разработан программный модуль ПМ АДПК для Visual Studio Code, решающий проблему поддержания документации в актуальном состоянии, которая не устраняется существующими аналогами

Разработанный модуль готов к интеграции в реальный процесс промышленной разработки на C++. Перспективы дальнейшего развития включают поддержку дополнительных языков программирования, а также разработку плагинов для других IDE.

Моделирование декодера кодов Голда на основе метода зачётного отрезка с децимацией в дискретных каналах с высокой вероятностью битовых ошибок

Крашенинин Дмитрий Алексеевич, студент магистратуры;

Берестовой Максим Андреевич, студент магистратуры

Научный руководитель: Ульянов Илья Владимирович, кандидат технических наук, научный сотрудник
Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (г. Москва)

[В работе исследуется возможность применения сегментов последовательностей Голда для помехоустойчивого кодирования в дискретных каналах с вероятностью битовой ошибки. Предложены алгоритмы кодирования (изменение фазы сегмента) и декодирования (метод зачётного отрезка с децимациями). Получены зависимости вероятности правильного приёма от вероятности ошибки в канале для различных длин кода n (70, 90, 110 бит) и значений индекса децимации ($\sigma = 0, 1, 2$). Показано, что при $n = 90$ бит, $\sigma = 2$ и количестве проверочных символов $r = n - k = 83$ система обеспечивает $P_{\text{ош.пр}} \leq 10^{-4}$ при $0,3 \geq P_{\text{ош.кс}} > 0,05$. Декодирование имеет линейную вычислительную сложность.]

Ключевые слова: помехоустойчивое кодирование, последовательности Голда, децимация, зачётный отрезок.

Modeling of the decoder of Gold codes on the basis of the scoring segment method with decimation in discrete channels with high probability of bit errors

The paper investigates the possibility of using Gold sequence segments for error-correcting coding in discrete channels with a probability of bit error. The algorithms of encoding (changing the phase of the segment) and decoding (the method of the verification segment with decimations) are proposed. The probability of correct reception as a function of the probability of error in the channel is obtained for different code lengths n (70, 90, 110 bits) and values of the decimation index σ (0, 1, 2). It is shown that for $n = 90$ bits, $\sigma = 2$, and the number of check symbols $r = n - k = 83$, the system ensures $P_{\text{err.rec}} \leq 10^{-4}$ when $0.3 \geq P_{\text{err.chan}} > 0.05$. Decoding has linear computational complexity.

Keywords: error-correcting coding (ECC), Gold sequences, decimation, verification segment.

Введение

Современные системы профессиональной подвижной радиосвязи работают в условиях, когда плотность радиоэлектронных средств растёт, источники непреднамеренных помех множатся, а средства радиоэлектронного подавления становятся доступнее. Абонентские терминалы должны оставаться лёгкими и экономичными — сложные алгоритмы декодирования (турбокоды, LDPC) применять неэффективно. Особенно остро проблема стоит при $BER > 0,05$. Стандартные корректирующие коды, хорошо работающие при $BER = 10^{-3} \dots 10^{-5}$, на таком уровне шума практически бесполезны.

Альтернатива — коды Голда. Они формируются сложением по модулю 2 двух M -последовательностей, обладают хорошими корреляционными свойствами и допускают декодирование с линейной вычислительной сложностью [1, 2]. Однако их поведение при $BER > 0,05$ изучено недостаточно. Нет обоснованных рекомендаций по выбору длины кода, индекса децимации, порога зачётного отрезка.

Цель работы — разработать имитационную модель для исследования помехоустойчивого кодирования на сегментах последовательностей Голда в условиях $BER > 0,05$ при жёстких ограничениях на вычислительные ресурсы.

Исходные параметры и модель канала

В качестве базовых приняты параметры, характерные для стандартов профессиональной подвижной радиосвязи. Скорость передачи данных $V_{\text{прд}} = 200 \frac{\text{бит}}{\text{с}}$, скорость приёма симметричная, пропускная способность канала

$B_{\text{кс}} = 2400 \frac{\text{бит}}{\text{с}}$. Вероятность ошибки в канале связи задавалась в диапазоне $0,3 \geq P_{\text{ош.кс}} > 0,05$. Требуемая вероятность

ошибки на выходе декодера $P_{\text{ош.пр}}$ — не хуже 10^{-4} . Длина информационного блока (степень полинома) $k = 7$ бит.

Теоретически ЛРП с данной степенью полинома генерирует M -последовательность максимальной длины $N = 2^k - 1 = 127$ бит. Однако из условия согласования с пропускной способностью канала длина сегмента не должна превышать 84 бит. Поле $GF(2^k)$ достаточно велико, чтобы сформировать множество последовательностей Голда, а вычислительная сложность остаётся линейной и приемлемой для малогабаритных устройств.

Порождающие полиномы подобраны как двойственная пара:

$$— P_1(x) = x^7 + x^6 + 1$$

$$— P_2(x) = x^7 + x + 1$$

Максимальная длина кодового слова n (сегмента) определяется из условия согласования пропускной способности канала и скорости передачи:

$$n \leq \frac{B_{\text{кв}} * k}{V_{\text{прд}}} \leq \frac{2400 * 7}{200} \leq 84 \text{ бит}$$

Для исследования взяты три значения различных длин кода: 70, 90 и 110. Полная вероятность ошибки кодовой комбинации в канале без кодирования оценивается по формуле:

$$\text{Рош} = \sum_{i=0}^n \frac{n!}{i!(n-i)!} p^i (1-p)^{n-i},$$

где n — длина кода;

i — количество искажённых символов (переменная суммирования);

p — вероятность искажения одного символа;

$(1-p)$ — вероятность правильного приёма одного символа;

$$\frac{n!}{i!(n-i)!} — \text{число сочетаний из } n \text{ по } i \text{ (количество способов выбрать, какие именно } i \text{ символов искажены)}.$$

Алгоритмы кодирования и декодирования

Кодер работает по следующей схеме. Два генератора на линейных рекуррентных регистрах с обратными связями формируют сегменты М-последовательности. Первый генератор кодирует информацию отправителя изменением фазы сегмента. Второй генератор вместе с датчиком начального заполнения задаёт цикл обработки в декодере. Два сегмента складываются по модулю 2 — получается последовательность Голда, которая отправляется в канал.

Декодирование базируется на математическом аппарате конечных полей [4]. Любой член рекуррентной последовательности можно выразить через корни характеристического многочлена и коэффициенты из расширенного поля. Для последовательности Голда, полученной из двух М-последовательностей, характеристический многочлен $P(x) = P_1(x) \cdot P_2(x)$ имеет степень 14.

Вычислены коэффициенты α_i и β_i . Они позволяют по любому безошибочному участку длины $2k = 14$ бит восстановить начальную фазу последовательности Голда. Это свойство используется в методе зачётного отрезка.

Декодер работает так. Принятая последовательность поступает в регистр RG1 (линия задержки на 14 бит). Производящие матрицы $F_{\text{пр}}^1$ и $F_{\text{пр}}^2$ преобразуют 14-битовый параллельный код в k -битовые последовательности, которые сравниваются с выходами одноканальных умножителей T_1 и T_2 . Схема сравнения фиксирует совпадения, счётчик считает подряд идущие совпадения до порога m . Условие $m > k$ гарантирует надёжное выделение зачётного участка. Длина зачётного отрезка $n_0 = k + m$. Как только m достигнуто, декодер переходит в автономный режим. Когда схема сравнения фиксирует совпадение с цикловым фазированием, процесс завершается, и выдаётся декодированная комбинация.

Имитационная модель и программная реализация

Для исследования разработано программное средство на языке программирования *Python*. Оно реализует следующие функции:

- вычисляет корни характеристического многочлена, производную, обратные элементы в поле $GF(2^7)$.
- реализует кодер с выбором значений состояния ДНЗ, длины кода n (70, 90, 110 бит) и информационного блока.
- реализует декодер с вносимой ошибкой с заданной вероятностью (от 0,001 до 0,5).

Моделирование проводилось в дискретном стационарном канале без памяти. Ошибки вносились независимо с вероятностью p , распределение биномиальное (соответствует аддитивному белому гауссовскому шуму) [5].

Результаты моделирования

На рисунке 1 показана зависимость вероятности правильного приёма от вероятности ошибки в канале для разных длин кода n : 70, 90 и 110 бит. При $p = 0,2$ ($BER = 0,2$) вероятность правильного приёма для $n = 70$ бит падает ниже 0,6, для $n = 90$ бит — держится около 0,75, для $n = 110$ бит — превышает 0,85. Увеличение длины кода повышает помехоустойчивость — ценой роста избыточности ($r = n - k$ увеличивается). 90 — разумный компромисс.

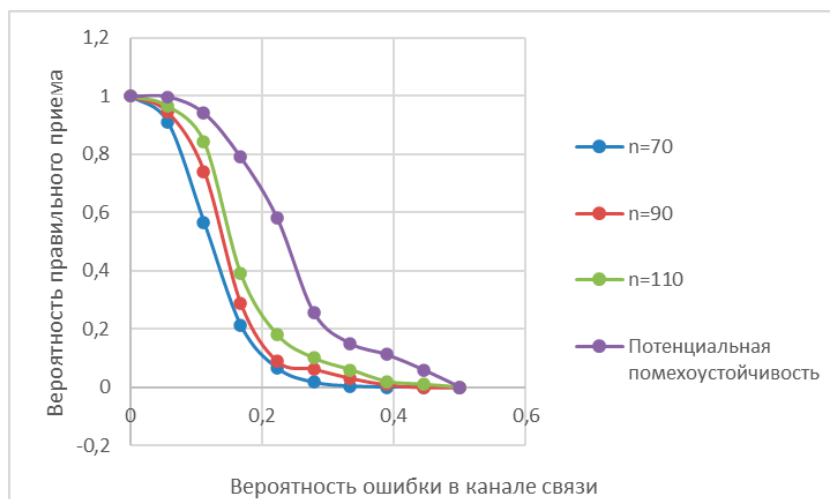


Рис. 1. График зависимости вероятности правильного приёма от вероятности ошибки в канале связи

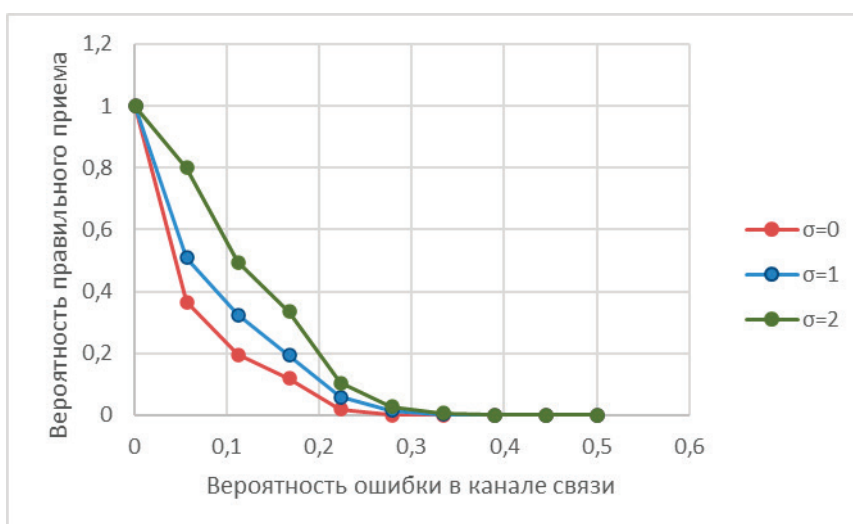


Рис. 2. График зависимости вероятности ошибки на приёме от вероятности ошибки в канале связи при заданном коэффициенте децимации

На рисунке 2 — зависимость от индекса децимации σ при фиксированной длине кода.

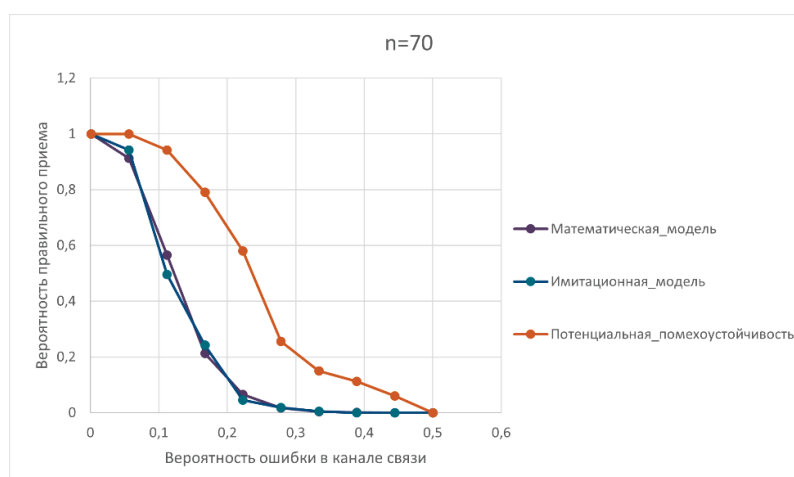


Рис. 3. График зависимости вероятности правильного приёма от вероятности ошибки в канале связи при исследовании математической и имитационной модели

На рисунке 3 сравниваются математическая и имитационная модели. Расхождение не превышает 5–7 %, что подтверждает адекватность модели.

Ещё один важный результат: при использовании децимации с $\sigma = 2$ код способен корректно восстанавливать информацию при кратности ошибок $\Delta = N - n_0$, где $n_0 = k + m$. Для выбранных параметров $N = 127$, $k = 7$, $m = 10 \dots 15$, получаем Δ порядка 100–105 бит. Декодеру нужен не весь сегмент, а всего 14 безошибочных бит в правильном месте.

Заключение

Разработана имитационная модель системы помехоустойчивого кодирования на основе сегментов последовательностей Голда, адаптированная для $\{formula_0018\}$. Получены зависимости, показывающие влияние длины кода n и индекса децимации σ на вероятность правильного приёма. Показано, что при $\sigma = 2$, $n = 90$ бит и $r = 83$ система сохраняет работоспособность при $\{formula_0019\}$, обеспечивая $\{formula_0020\}$.

Линейная вычислительная сложность алгоритмов подтверждена. Результаты могут использоваться при модернизации абонентских терминалов.

Литература:

1. Лосев В. В. Обнаружение последовательностей Голда при помощи быстрых преобразований // Радиотехника и электроника. — 1981. — Т. 26, № 8. — С. 1660–1665.
2. Majhi S., Shelke K., Mitra P., Biswas U. Improving Channel Estimation Through Gold Sequences // arXiv preprint arXiv:2512.00509. — 2025.
3. Питерсон Ч., Уэлдон Э. Коды, исправляющие ошибки / Пер. с англ. — М.: Мир, 1976. — 594 с.
4. Когновицкий О. С. Теория, методы и алгоритмы решения задач в телекоммуникациях на основе двойственного базиса и рекуррентных последовательностей: монография. — СПб: СПбГУТ, 2011. — 340 с.
5. Морлос-Сарагоса Р. Искусство помехоустойчивого кодирования. Методы, алгоритмы, применение / Пер. с англ. В. Б. Афанасьева. — М.: Техносфера, 2006. — 319 с.

Разработка системы приоритизации событий информационной безопасности с использованием интеллектуального модуля анализа

Малютин Михаил Максимович, студент;

Бурлака Георгий Сергеевич, студент

Научный руководитель: Черкессова Лариса Владимировна, доктор физико-математических наук, профессор
Донской государственный технический университет (г. Ростов-на-Дону)

В статье рассматривается задача автоматизированной приоритизации событий информационной безопасности. Предложена структура системы, в которой предварительная обработка и правила анализа дополняются интеллектуальным модулем оценки. Такой подход позволяет учитывать не только тип события, но и повторяемость, источник, время возникновения и связь с другими признаками. Описаны основные этапы обработки событий, приведен пример программной реализации и показан результат сортировки событий по уровню значимости.

Ключевые слова: информационная безопасность, событие безопасности, приоритизация, интеллектуальный анализ, мониторинг, журналы событий, Python.

Введение

Современные информационные системы ежедневно формируют большое количество записей о действиях пользователей, работе сервисов, сетевых соединениях и срабатываниях средств защиты. Часть таких записей является обычным фоном: плановые операции, единичные ошибки входа, уведомления о доступе к ресурсам. При этом в том же потоке могут присутствовать признаки ре-

ального инцидента, например серия неудачных попыток аутентификации, подозрительное повышение привилегий или вход с необычного адреса.

На практике специалист по информационной безопасности не всегда может последовательно просмотреть весь поток уведомлений. Чем больше источников подключено к мониторингу, тем выше риск пропуска события, требующего немедленной реакции. Поэтому важной задачей становится не только сбор событий, но и их распределение по степени

значимости. Приоритет должен помогать аналитику быстро понять, какие записи необходимо обработать в первую очередь, а какие можно оставить для последующей проверки.

Распространенные правила и сигнатуры удобны для первичной фильтрации, однако они не всегда учитывают контекст. Одно и то же событие может иметь разный смысл в зависимости от частоты повторения, времени возникновения, источника и сочетания с другими действиями. В связи с этим целесообразно использовать комбинированный подход: базовые правила сохраняют объяснимость оценки, а интеллектуальный модуль уточняет итоговый уровень риска по совокупности признаков [1; 2].

Целью работы является разработка системы приоритизации событий информационной безопасности с использованием интеллектуального модуля анализа. Для достижения цели необходимо определить признаки, влияющие на приоритет события, описать структуру системы, разработать алгоритм обработки и показать работу прототипа на тестовом наборе событий.

Анализ подходов к обработке событий

События информационной безопасности поступают из разных источников: системных журналов, сетевого оборудования, средств обнаружения вторжений, анти-вирусных решений и SIEM-систем. Обычно такие записи различаются форматом, полнотой полей и уровнем детализации. Поэтому перед оценкой их необходимо привести к единому виду: выделить время, тип события, источник, пользователя, описание и дополнительные признаки.

Классический способ обработки основан на заранее заданных правилах. Например, единичная ошибка входа может получать низкий приоритет, а пять и более ошибок за короткое время с одного адреса — средний или высокий. Преимущество правил состоит в простоте проверки и понятности результата. Недостаток проявляется при сложных сценариях, когда опасность определяется не одним признаком, а их сочетанием.

Корреляция событий позволяет рассматривать не отдельные записи, а последовательность действий. Если вход в систему, обращение к закрытому ресурсу и попытка повышения привилегий происходят в близкие моменты времени, итоговый риск должен быть выше, чем при изолированном появлении каждого из этих событий. Однако качество корреляции зависит от полноты входных данных и корректности заданных связей.

Интеллектуальные методы применяются для классификации событий, выявления аномалий и оценки подозрительности. В исследованиях по тематике SOC и triage-процессов отмечается, что машинное обучение может ускорять отбор значимых уведомлений, но полностью заменять правила им нецелесообразно из-за требований к объяснимости и контролю качества решений [1; 3]. Поэтому в разрабатываемой системе интеллектуальный модуль используется как дополнительный компонент, а не как единственный механизм принятия решения.

Для практического прототипа достаточно использовать скоринговую модель. Она не требует большого обучающего набора, но позволяет формализовать влияние признаков: частота повторения, тип события, принадлежность источника к внешней сети, необычное время, наличие действий с привилегиями. В дальнейшем такая модель может быть заменена более сложным классификатором или модулем обучения на обратной связи от аналитика.

Структура разрабатываемой системы

Предлагаемая система предназначена для автоматизированного анализа входного потока событий и назначения каждому событию уровня приоритета. В составе системы выделяются модуль сбора, блок предварительной обработки, модуль выделения признаков, база правил, интеллектуальный модуль анализа, модуль приоритизации и пользовательский интерфейс.

Модуль сбора получает события из журналов безопасности, сетевых устройств, IDS/IPS, SIEM или тестового файла. Далее блок предварительной обработки нормализует записи: приводит время к единому формату, удаляет дубликаты, отделяет ключевые поля от текстового описания и отбрасывает явно служебные сообщения. Такой этап уменьшает объем фоновых данных и повышает качество последующей оценки.

После нормализации выполняется выделение признаков. Для каждого события могут рассчитываться тип события, источник, пользователь, число повторений за заданный интервал, время появления, признак внешнего адреса, наличие обращения к привилегированным функциям и связь с другими событиями. Эти признаки передаются в правила анализа и интеллектуальный модуль.

База правил отвечает за очевидные условия: множественные ошибки входа, сканирование портов, попытка повышения привилегий, необычный источник или повторение одинаковых записей. Интеллектуальный модуль формирует дополнительную оценку подозрительности. Затем модуль приоритизации объединяет результаты и относит событие к низкому, среднему или высокому уровню.

Алгоритм приоритизации

Алгоритм обработки одного события можно представить как последовательность операций. Сначала запись поступает в систему и проходит нормализацию. Затем из нее выделяются признаки, необходимые для оценки. После этого событие проверяется по правилам, а интеллектуальный модуль рассчитывает дополнительный балл риска. На завершающем этапе суммарная оценка переводится в один из трех уровней приоритета.

В демонстрационном прототипе используется простая балльная схема. Низкоопасные события получают минимальный вес. Повышающие признаки добавляют баллы:

Общая схема программной реализации системы

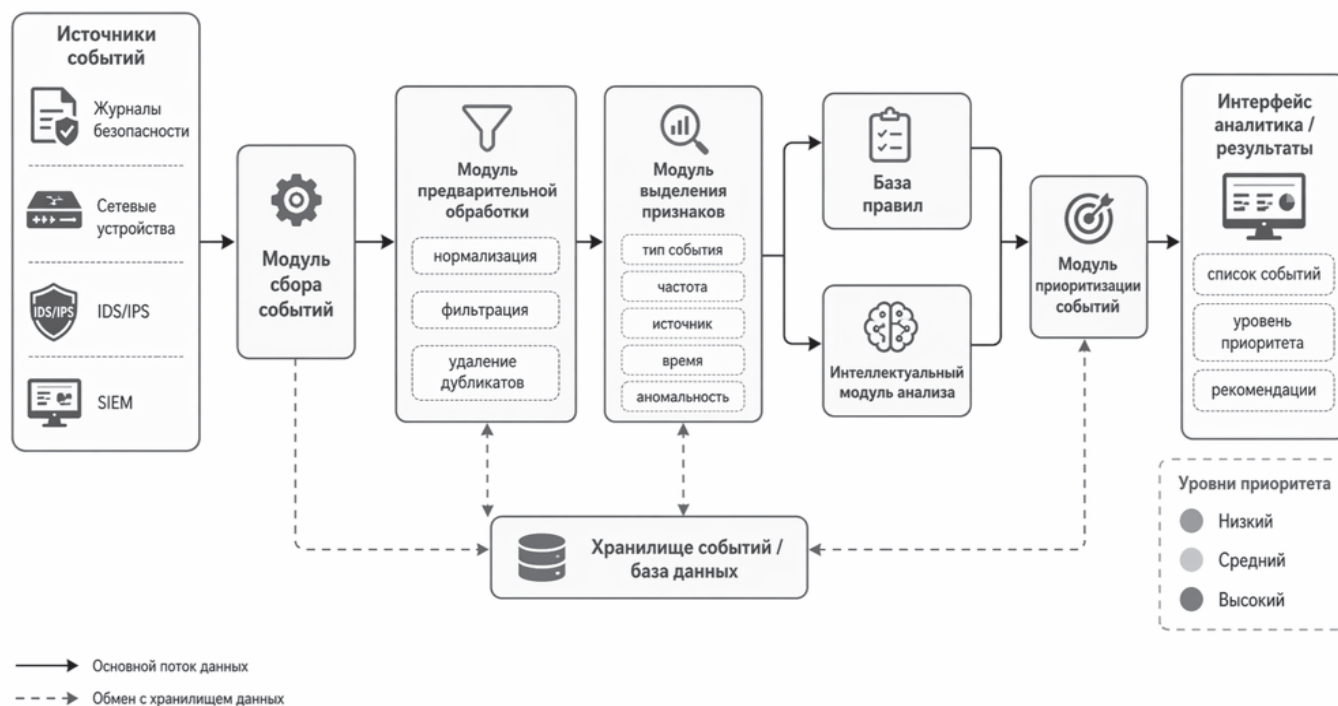


Рис. 1. Общая схема программной реализации системы

большое количество повторений, внешний источник, нетипичное время, подозрительный тип события, связь с действиями по изменению прав. Итоговая оценка сравнивается с порогами. Если сумма мала, событие относится к низкому приоритету; при средней сумме — к среднему; при превышении верхнего порога — к высокому.

Такая схема удобна для демонстрации, поскольку аналитик может понять, почему событию назначен конкретный уровень. Например, одиночная неудачная попытка входа в рабочее время не является достаточным основанием для немедленного реагирования. Но если похожие попытки повторяются с одного адреса, система повышает приоритет. Если к этому добавляется вход с необычного адреса или попытка повышения привилегий, событие попадает в список первоочередной обработки.

Использование трех уровней приоритета упрощает восприятие результата. Низкий приоритет соответствует фоновым и единичным отклонениям. Средний указывает на необходимость контроля или дополнительной проверки. Высокий означает потенциально опасную ситуацию, которую следует анализировать в первую очередь.

Программная реализация

Прототип системы реализован на языке Python. Выбор языка обусловлен удобством работы со структурированными данными, наличием библиотек для обработки

таблиц и возможностью быстро создавать демонстрационные модели анализа. Входные события в прототипе представлены в виде набора записей, где указаны время, тип, источник, пользователь, описание и дополнительные параметры.

На первом этапе программа считывает входной набор и приводит записи к единому формату. Затем удаляются дублирующиеся события и рассчитываются признаки. Для тестирования были использованы типовые ситуации: одиночный неудачный вход, серия ошибок аутентификации, сканирование портов, доступ к защищенному ресурсу, служебная операция резервного копирования и попытка повышения привилегий.

После обработки каждое событие получает числовую оценку и текстовый уровень приоритета. Результаты выводятся в интерфейсе в отсортированном виде: события высокого уровня отображаются выше остальных, рядом указывается статус обработки. Такой подход позволяет специалисту сразу перейти к наиболее критичным записям, не просматривая весь поток в хронологическом порядке.

Представленные результаты показывают, что прототип корректно разделяет фоновые и потенциально опасные события. Служебные операции и единичные ошибки не поднимаются в верхнюю часть списка. События, связанные с сетевой активностью, множественными ошибками входа и повышением привилегий, получают больший вес и становятся заметнее для аналитика.

Блок-схема алгоритма обработки одного события

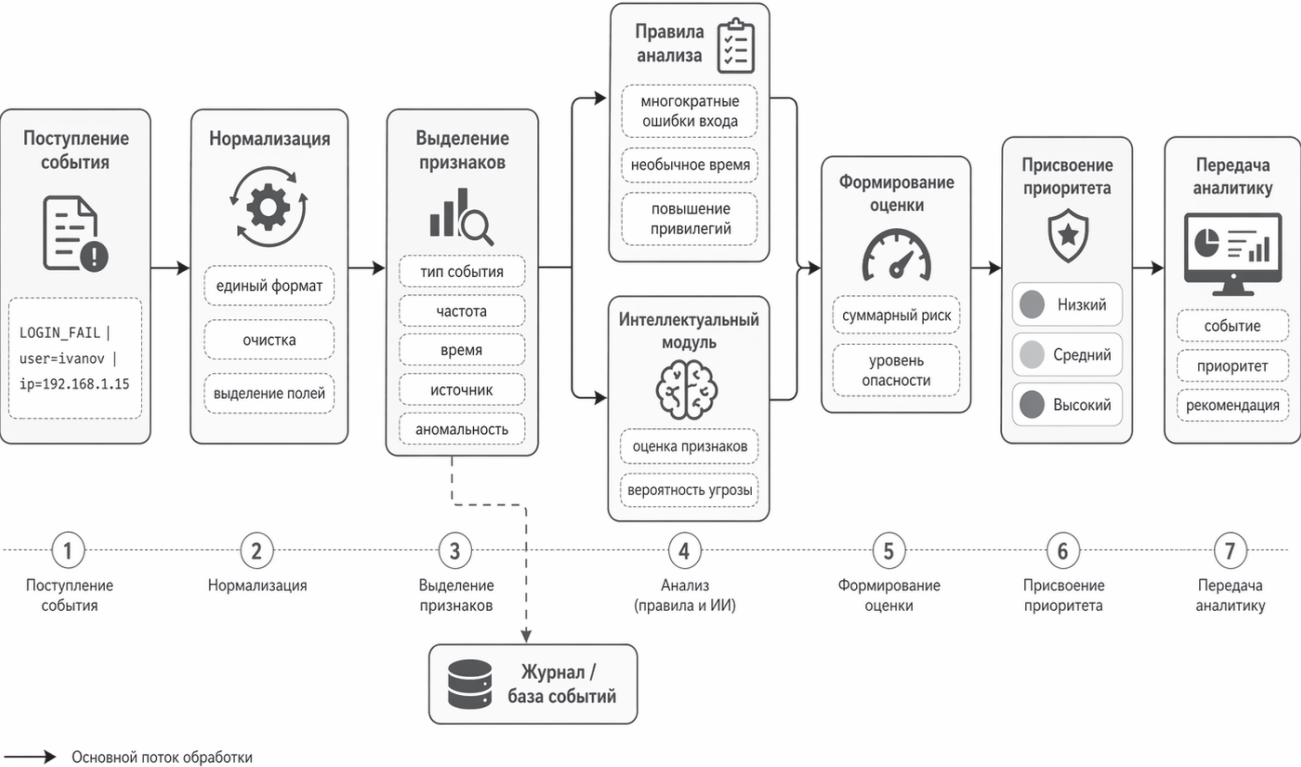


Рис. 2. Блок-схема алгоритма обработки одного события

Таблица 1. Пример результатов приоритизации событий

Тип события	Признаки	Оценка	Приоритет	Рекомендация
Служебная операция	плановое резервное копирование	1	низкий	наблюдение
Неудачный вход	единичная ошибка пользователя	2	низкий	без срочной реакции
Сканирование портов	внешний источник, сетевой признак	5	средний	проверить источник
Множественные ошибки входа	повторение, один IP-адрес	6	средний	контроль учетной записи
Повышение привилегий	критичный тип, рабочая станция	9	высокий	первоочередной анализ
Необычный вход	нетипичное время, внешний адрес	8	высокий	проверить сессию

Интерфейс прототипа содержит список событий, фильтр, сортировку по приоритету, сводку по количеству событий каждого уровня и краткую рекомендацию. В публикации рисунок интерфейса оставлен как один из ключевых материалов, поскольку он показывает практический результат работы разработанной системы.

Оценка результатов

Разработанная система решает прикладную задачу предварительного отбора событий. Ее основное назначение состоит не в автоматической замене специалиста, а в сокращении времени на первичный просмотр уведомлений. Пользователь получает уже упорядоченный

список, где наиболее важные записи находятся в начале и сопровождаются понятным уровнем приоритета.

Преимуществом предложенного решения является сочетание правил и интеллектуального анализа. Правила обеспечивают прозрачность и позволяют быстро настроить реакцию на известные типы событий. Интеллектуальный модуль учитывает дополнительные признаки и делает оценку более гибкой. При этом сохраняется возможность объяснить итоговый результат через набор факторов, повлиявших на балл риска.

Ограничение прототипа связано с тем, что проверка выполнена на тестовом наборе событий. Для промышленного применения необходимо подключить реальные источники данных, расширить перечень признаков, на-

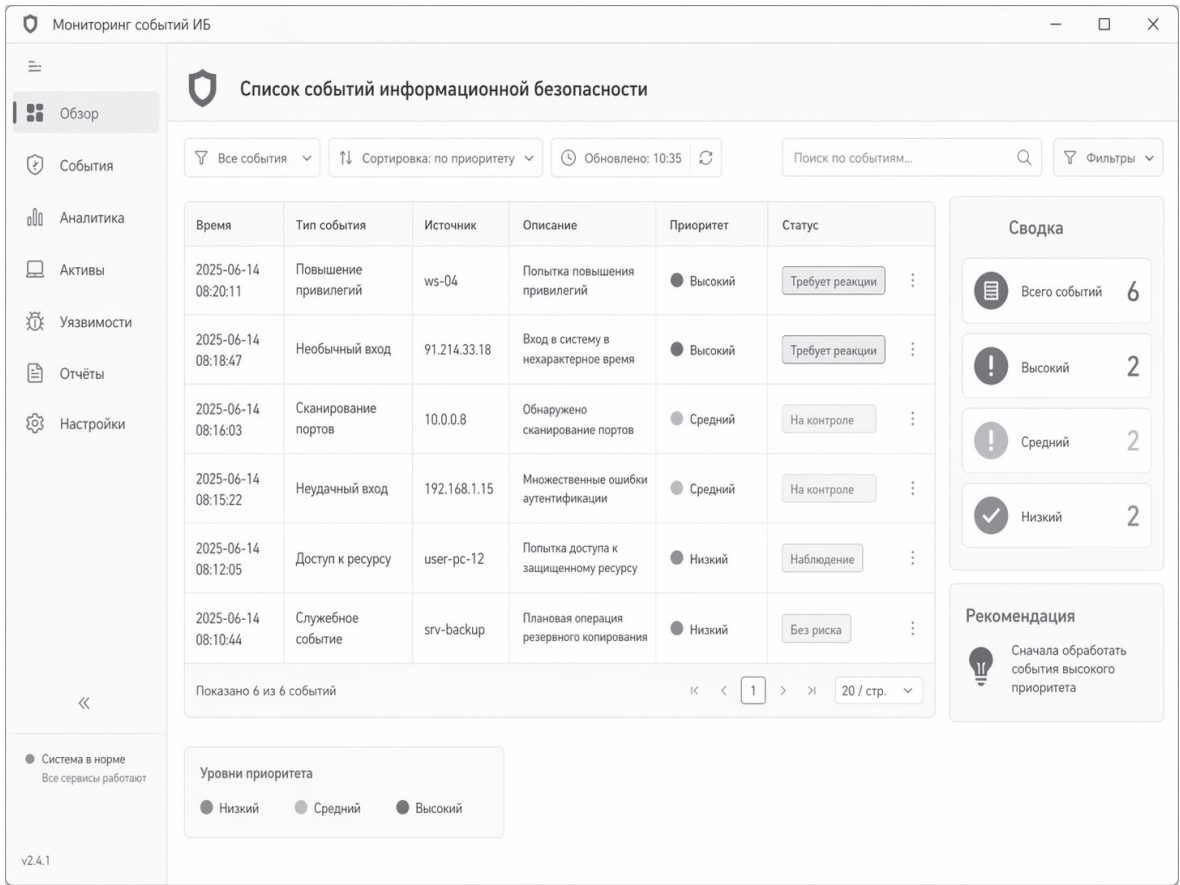


Рис. 3. Пример интерфейса программы с отсортированными событиями

строить хранение истории и провести оценку качества на размеченных событиях. Также важно учитывать, что разные организации могут по-разному определять критичность событий: пороги и веса должны настраиваться под конкретную инфраструктуру.

Дальнейшее развитие системы может быть связано с использованием моделей машинного обучения, обучением на действиях аналитика и добавлением механизма обратной связи. Например, если специалист регулярно изменяет приоритет определенного класса событий, система может учитывать это при последующих расчетах. Такой подход позволит сделать приоритизацию более адаптивной без отказа от базовой объяснимости.

Заключение

В работе рассмотрена проблема обработки большого потока событий информационной безопасности и предложена система их автоматизированной приоритизации.

Литература:

1. Gupta N., Traore I., Quinan P. M. F., Nakkabi Y., Jain A. Automated Event Prioritization for Security Operation Center using Deep Learning // 2019 IEEE International Conference on Big Data (Big Data). 2019. P. 5864–5872. DOI: 10.1109/BigData47090.2019.9006073.

2. Jalalvand F., Chhetri M. B., Nepal S., Paris C. Adaptive alert prioritisation in security operations centres via learning to defer with human feedback // arXiv preprint. 2025. arXiv:2506.18462.

Показано, что применение только жестко заданных правил ограничивает гибкость анализа, а использование интеллектуального модуля без правил может снижать объяснимость результата. Поэтому в статье выбран комбинированный подход.

Описана структура системы, включающая сбор событий, предварительную обработку, выделение признаков, правила анализа, интеллектуальный модуль и блок присвоения приоритета. Разработан программный прототип, который сортирует события по уровням значимости и выводит их в интерфейсе аналитика. На тестовом наборе показано, что система выделяет события высокого и среднего приоритета, оставляя фоновые записи ниже в списке.

Практическая значимость работы заключается в снижении нагрузки на специалиста по информационной безопасности и ускорении первичного реагирования. Полученные результаты могут использоваться как основа для дальнейшей разработки системы мониторинга, подключаемой к реальным журналам и средствам защиты.

3. Микрюков А. А., Бабаш А. В., Сизов В. А. Классификация событий в системах обеспечения информационной безопасности на основе нейросетевых технологий // Открытое образование. 2019. Т. 23, № 1. С. 4–13. DOI: 10.21686/1818-4243-2019-1-4-13.
4. Букин А. В., Самонов А. В. Обнаружение инцидентов информационной безопасности на основе технологии нейронных сетей // Вопросы кибербезопасности. 2022. № 4. С. 60–69.
5. Мещеряков Р. В. Перспективные направления применения технологий искусственного интеллекта при защите информации // Вопросы кибербезопасности. 2024. № 2. С. 6–18.

Исследование методов реализации и сценариев применения ролевой модели доступа в Linux

Пересада Никита Андреевич, студент
Донской государственной технической университет (г. Ростов-на-Дону)

В данной статье представлен комплексный анализ архитектурных механизмов реализации ролевого контроля доступа (RBAC) в операционных системах семейства Linux. Основное внимание уделено трем ключевым подходам: мандатно-ролевой модели на базе SELinux, path-based профилированию через AppArmor и гибридным схемам пользовательского пространства (PAM + sudo + LDAP/FreeIPA). Сильные и слабые стороны каждого метода классифицированы с помощью семи специально разработанных критериев. В конце автор приходит к тому, что эффективная защита требует осознанного комбинирования разных подходов в зависимости от требований безопасности, характеристик инфраструктуры и доступных ресурсов администрирования. Статья содержит практические рекомендации по поэтапному внедрению политик для сценариев контейнеризации, Zero Trust и регулируемых сред.

Введение

Роль механизмов разграничения доступа как фундаментального защитного рубежа в современных распределенных и облачных средах трудно переоценить. Гарантировать устойчивость Linux-инфраструктур к эскалации привилегий, горизонтальному перемещению злоумышленника и инсайдерским угрозам является критически важной задачей. Традиционные дискреционные модели (DAC) давно исчерпали свой потенциал, уступая место принудительному контролю на базе фреймворка Linux Security Modules (LSM). Несмотря на богатый выбор существующих реализаций ролевой логики, идеального «универсального солдата» не существует — ни один подход не демонстрирует одинаковой эффективности для всех типов задач. Этот факт подчеркивает важность детального сравнения актуальных методов с фокусом на выявлении их реальных возможностей и узких мест, а также разработке ситуативных рекомендаций по их использованию. Дополнительным драйвером потребности в гибких решениях служат новые вызовы: повсеместная контейнеризация, переход к архитектуре Zero Trust и ужесточение регуляторных требований (ФСТЭК, ГОСТ, NIST).

Основные методы реализации ролевого контроля, рассматриваемые далее подходы формируют практическую основу для эмуляции RBAC в экосистеме Linux, каждый обладая неповторимым инструментарием и неизбежными компромиссами.

SELinux (Мандатно-ролевая модель): Суть метода: реализация через фреймворк LSM с использованием

контекстов безопасности user:role:type:level. Ядро анализа — строгая доменная изоляция и явные правила переходов (role_transition). Главные преимущества: максимальная гранулярность контроля, встроенная поддержка MLS и разделения обязанностей (SoD), высочайший уровень аудируемости с привязкой к ролям, полное соответствие строгим стандартам. Фундаментальное ограничение: высокий порог входа, сложность отладки политик и умеренные накладные расходы (3–7 % CPU) при интенсивных системных вызовах. Из этого можно с уверенностью сказать, что метод идеален для критически важных систем и регулируемых сред, но требует выделенных экспертов по ИБ.

AppArmor (Path-based профилирование): Суть метода: привязка политик безопасности к абсолютным путям исполняемых файлов. Ядро анализа — читаемые профили на основе glob-выражений и вложенные контексты (hat). Главные преимущества: низкий порог входа, минимальные накладные расходы (<2 %), быстрое развертывание и нативная поддержка контейнерных рантаймов. Фундаментальное ограничение: уязвимость к обходам через символические ссылки и динамическое монтирование, отсутствие явной ролевой иерархии на уровне ядра, ограниченная детализация аудита. Метод оптимален для DevOps-инфраструктур и облачных сред, где скорость и простота важнее формальной строгости.

Гибридные схемы (PAM + sudo + LDAP/FreeIPA): Суть метода: эмуляция RBAC на уровне пользовательского пространства через интеграцию систем аутентификации, управления сессиями и каталогов. Ядро анализа — цен-

трализованные назначение ролей и контроль привилегий через sudoers и PAM. Главные преимущества: нулевой ядерный overhead, знакомый стек администрирования, гибкая интеграция с корпоративными каталогами. Фундаментальное ограничение: отсутствие принудительного контроля на уровне ядра, фрагментация политик и слабая защита от эскалации прав компрометированными процессами. Подходит для legacy-систем и сред с низким уровнем зрелости ИБ-процессов.

Оценочная рамка и результаты сопоставления

Для объективного сравнения методов был введен набор из 7 параметров: гранулярность контроля, производительность, сложность администрирования, совместимость с современными стеками, аудируемость, соответствие регуляторным требованиям, масштабируемость. Итог: безоговорочного лидера нет. SELinux лидирует по безопасности, аудиту и соответствию стандартам (интегральный балл 4.00), AppArmor — по скорости внедрения и экосистемной совместимости (3.71), гибридные схемы — по простоте настройки и нулевому overhead (3.57). Неизбежный вывод: успех требует умелого микса методов под конкретику архитектуры и операционные ресурсы.

Стратегии практического выбора

Какую модель запускать? Решение зависит от контекста.

Регулируемые/критические системы: SELinux в режиме enforcing с обязательным аудитом и интеграцией в SIEM.

Контейнерные и облачные среды (Kubernetes, Docker): AppArmor для изоляции рантаймов + K8s RBAC для оркестрации + seccomp для ограничения syscalls.

Legacy-инфраструктуры и быстрый старт: Гибридные схемы (LDAP + sudo + PAM) с поэтапным переходом к LSM-модулям по мере роста зрелости.

Архитектура Zero Trust: Комбинирование методов. Ядро (LSM) + сеть (микросегментация) + идентификация (IAM/OIDC) формируют многоуровневую защиту (defence-in-depth).

Литература:

1. ГОСТ Р 57580.1–2017. Безопасность финансовых (банковских) операций. Защита информации финансовых организаций... — М.: Стандартинформ, 2017. — Текст: непосредственный.
2. Red Hat Enterprise Linux 9. — Текст: электронный // access.redhat.com: [сайт]. — URL: https://access.redhat.com/documentation/en-us/red_hat_enterprise_linux/9/ (дата обращения: 07.03.2026).
3. AppArmor. — Текст: электронный // ubuntu.com: [сайт]. — URL: <https://help.ubuntu.com/community/AppArmor> (дата обращения: 07.03.2026).
4. Linux Server Security Cheat Sheet. — Текст: электронный // OWASP Cheat Sheet Series: [сайт]. — URL: https://cheatsheetseries.owasp.org/cheatsheets/Linux_Server_Security_Cheat_Sheet.html (дата обращения: 09.03.2026).
5. Selinux. — Текст: электронный // landley.net: [сайт]. — URL: <https://landley.net/kdocs/ols/2001/selinux.pdf> (дата обращения: 02.04.2026).
6. isp_37_2025_2_61.pdf. — Текст: электронный // ispras.ru: [сайт]. — URL: https://www.ispras.ru/proceedings/docs/2025/37/2/isp_37_2025_2_61.pdf (дата обращения: 06.04.2026).

Тренды будущего

Основные инновационные векторы в развитии систем ролевого контроля в Linux сейчас сконцентрированы на нескольких ключевых направлениях. Во-первых, это активное внедрение динамических политик на базе eBPF и KubeArmor, позволяющих верифицируемым образом фильтровать системные вызовы без перезагрузки ядра. Во-вторых, растет роль ИИ-ассистентов, призванных автоматизировать генерацию и оптимизацию ролевых политик на основе анализа поведенческих базисов. В-третьих, критически важной становится бесшовная интеграция LSM-модулей с сервисными сетями (Service Mesh) и оркестраторами контейнеров. В-четвертых, существует острая потребность в адаптации механизмов контроля доступа к требованиям суверенных ИТ-платформ и постквантовым стандартам. Общей стратегической целью всех этих усилий является значительное повышение гибкости, уровня автоматизации и практической ценности средств разграничения прав для эффективного противостояния современным векторам атак.

Заключение

Наше исследование подтверждает: догматичная привязка к одному методу не обеспечит надежной защиты передовых Linux-инфраструктур, особенно под давлением усложняющихся архитектур и регуляторных требований. Оптимальная стратегия — каскад и комplementарность: старт с аудита текущего состояния, переход к мониторингу (permissive/complain), поэтапное включение принудительного контроля и интеграция с CI/CD-пайплайнами. Этот путь экономит ресурсы, минимизирует риски блокировки легитимных операций и максимизирует глубину изоляции. Эволюция подсистем разграничения доступа должна идти в ногу с развитием DevSecOps-практик, делая ставку на адаптивность и интеллектуальную автоматизацию. Синергия комбинированных подходов и их внедрение в практику — ключ к киберустойчивости корпоративных и государственных информационных систем.

Инструменты при реализации процессов взаимодействия с абитуриентами МГТУ «СТАНКИН»

Погосова Жанна Григорьевна, студент магистратуры

Научный руководитель: Гальчич Максим Александрович, кандидат экономических наук, доцент

Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»

В статье рассматриваются инструменты, применяемые при реализации процессов взаимодействия МГТУ «СТАНКИН» с абитуриентами. Выделены основные группы цифровых и организационных инструментов: информационные ресурсы, коммуникационные сервисы, CRM-система, личный кабинет поступающего, инструменты автоматизации уведомлений, аналитики и защиты персональных данных. Обоснована необходимость интеграции данных инструментов в единую модель сопровождения абитуриента на всех этапах приемной кампании.

Ключевые слова: абитуриенты; приемная кампания; CRM-система; личный кабинет абитуриента; цифровые инструменты; коммуникации; персональные данные.

Современная приемная кампания университета представляет собой не только процедуру приема документов, но и комплексный процесс коммуникационного, информационного и организационного сопровождения поступающих. В условиях цифровизации образовательной среды абитуриент ожидает от вуза доступности информации, быстрого ответа на вопросы, прозрачности статусов заявления и возможности взаимодействовать с университетом через привычные цифровые каналы [1]. Для технического университета, ориентированного на подготовку кадров для высокотехнологичных отраслей, качество цифрового взаимодействия становится частью общего образа образовательной организации.

МГТУ «СТАНКИН» использует ряд цифровых сервисов, направленных на информирование и сопровождение поступающих. К ним относятся официальный сайт университета, специализированный раздел для поступающих, сайт приемной комиссии, личный кабинет поступающего, электронные формы, телефонные и электронные каналы связи, а также социальные сети и мессенджеры. Однако эффективность этих инструментов определяется не только наличием каждого отдельного сервиса, но и степенью их согласованности, интеграции и управляемости.

Целью настоящей статьи является систематизация инструментов, применяемых при реализации процессов взаимодействия с абитуриентами МГТУ «СТАНКИН», а также определение их роли в повышении качества работы приемной комиссии и уровня информационного сопровождения поступающих.

Под инструментами взаимодействия с абитуриентами следует понимать совокупность цифровых платформ, программных решений, регламентов, каналов коммуникации и аналитических механизмов, обеспечивающих сопровождение поступающего от первого знакомства с университетом до зачисления. В отличие от отдельных технических сервисов, инструментальный подход предполагает рассмотрение каждого решения через его процессную функцию: информирование, консультирование, регистрацию обращения, обработку документов, контроль сроков, уведомление, аналитику и защиту данных.

На первом этапе взаимодействия ключевую роль играют информационные инструменты. Официальный сайт МГТУ «СТАНКИН» и раздел «Поступающим» выполняют функцию базового источника сведений об образовательных программах, правилах приема, вступительных испытаниях, сроках подачи документов, днях открытых дверей и контактах приемной комиссии [1]. Для абитуриента данный инструмент является основной точкой входа в цифровую среду университета. Поэтому особое значение имеют актуальность информации, логичная структура разделов, наличие понятной навигации и возможность быстрого перехода к сервисам подачи документов или консультации.

Вторую группу составляют коммуникационные инструменты. К ним относятся электронная почта приемной комиссии, телефонная связь, формы обратной связи, онлайн-консультации, социальные сети и мессенджеры. Их задача состоит в обеспечении оперативного диалога между вузом и поступающим. Сайт приемной комиссии МГТУ «СТАНКИН» содержит контактные данные, график работы и возможность записи на консультацию, что повышает доступность взаимодействия и снижает барьер обращения для абитуриента [2]. При этом использование нескольких каналов одновременно создает риск дублирования запросов и потери истории коммуникации, если обращения не фиксируются в единой системе.

Третью группу образуют административные инструменты, обеспечивающие сопровождение подачи документов. Личный кабинет поступающего позволяет абитуриенту отслеживать процесс взаимодействия с университетом после принятия комплекта документов [3]. Данный инструмент является важным элементом прозрачности приемной кампании, поскольку абитуриент получает возможность контролировать статус своего обращения без постоянного обращения к сотрудникам приемной комиссии. В перспективе личный кабинет может использоваться не только как средство отображения статусов, но и как персональная среда сопровождения, включающая уведомления, напоминания, индивидуальные рекомендации и доступ к справочной информации.

Особое место среди инструментов занимает CRM-система, которая может выступать интегрирующим ядром цифровой экосистемы приемной комиссии. CRM обеспечивает регистрацию обращений, формирование единого профиля абитуриента, хранение истории коммуникаций, распределение запросов между сотрудниками и контроль сроков их обработки [4]. В рамках взаимодействия с абитуриентами CRM-система позволяет перейти от разрозненной обработки обращений к управляемому процессу, в котором каждое действие фиксируется, имеет ответственного исполнителя и может быть проанализировано.

Для МГТУ «СТАНКИН» применение CRM-инструментов особенно важно в периоды пиковой нагрузки, когда количество обращений возрастает, а время реакции становится одним из факторов доверия к университету. При наличии интеграции с сайтом, электронной почтой, телефонией и формами обратной связи CRM позволяет автоматически создавать карточки обращений, связывать их с профилем абитуриента и формировать задачи для сотрудников. Это снижает вероятность потери запроса, сокращает время ответа и повышает согласованность действий приемной комиссии.

Важным дополнением к CRM являются инструменты открытых линий и контакт-центра. Они позволяют объединять обращения из онлайн-чата, мессенджеров, социальных сетей, электронной почты и телефонных каналов в едином интерфейсе. Для абитуриента это означает возможность выбрать удобный способ коммуникации, а для университета — возможность сохранять историю переписки, распределять обращения, контролировать нагрузку сотрудников и оценивать качество ответов. Такие инструменты особенно полезны для типовых консультаций: уточнения сроков приема, перечня документов, особенностей вступительных испытаний и порядка подачи заявления.

Чат-боты и виртуальные ассистенты могут использоваться как инструмент первичного консультирования. Их применение целесообразно для ответов на часто задаваемые вопросы, навигации по сайту, напоминаний о сроках подачи документов и направления абитуриента к нужному специалисту. Однако чат-бот не должен полностью заменять живое общение. Его функция заключается в разгрузке сотрудников от типовых вопросов и обеспечении доступности базовой информации в круглосуточном режиме. При сложных или индивидуальных запросах обращение должно передаваться сотруднику приемной комиссии.

Инструменты автоматизации уведомлений позволяют повысить дисциплину прохождения абитуриентом ключевых этапов поступления. К ним относятся электронные письма, SMS-уведомления, сообщения в мессенджерах, напоминания в личном кабинете и автоматические рассылки по сегментам абитуриентов. Сегментация может осуществляться по уровню образования, направлению подготовки, форме обучения, статусу заявления или степени готовности комплекта документов. Благо-

даря этому поступающий получает не общую массовую информацию, а сообщения, соответствующие его текущей ситуации.

Аналитические инструменты являются необходимым элементом управления приемной кампанией. Они позволяют оценивать количество обращений по каналам, среднее время ответа, нагрузку на сотрудников, долю повторных запросов, конверсию от обращения к подаче документов, популярность образовательных программ и динамику активности абитуриентов. Аналитика дает возможность не только фиксировать результаты прошедшей приемной кампании, но и оперативно корректировать коммуникационную стратегию в процессе ее реализации.

Для оценки эффективности инструментов взаимодействия с абитуриентами может использоваться система показателей, представленная в таблице 1.

Представленная система показателей позволяет рассматривать инструменты взаимодействия не как набор разрозненных сервисов, а как элементы единого управленческого контура. Например, сайт и формы обратной связи отвечают за привлечение и первичный контакт, CRM — за обработку и контроль обращений, личный кабинет — за прозрачность статусов, а аналитика — за оценку эффективности и принятие решений.

С точки зрения процессного подхода инструменты взаимодействия с абитуриентами МГТУ «СТАНКИН» могут быть объединены в единую модель. На входе модели находятся обращения абитуриентов, персональные данные, документы, результаты консультаций и сведения о выбранных образовательных программах. Далее данные поступают в CRM и связанные информационные системы, где происходит их регистрация, маршрутизация, обработка и хранение. На выходе формируются ответы абитуриентам, уведомления, статусы заявлений, отчеты для руководства и управленческие решения по корректировке приемной кампании.

Схематично модель инструментального обеспечения взаимодействия можно представить следующим образом: информационные каналы формируют первичный интерес; коммуникационные инструменты обеспечивают консультации; административные сервисы сопровождают подачу документов; CRM объединяет данные и процессы; аналитические инструменты оценивают результативность; контур безопасности обеспечивает законность и надежность обработки информации.

Отдельного внимания требует контур информационной безопасности. В процессе приема университет обрабатывает значительный объем персональных данных: сведения о личности абитуриента, документах об образовании, результатах вступительных испытаний, контактных данных и выбранных направлениях подготовки. В связи с этим инструменты взаимодействия должны включать механизмы разграничения прав доступа, журналирования действий сотрудников, контроля согласий на обработку персональных данных и защиты каналов пе-

Таблица 1. Показатели оценки эффективности инструментов взаимодействия с абитуриентами

Группа инструментов	Пример инструмента	Основная функция	Показатель эффективности
Информационные	Сайт, раздел «Поступающим»	Предоставление сведений о программах и правилах приема	Количество посещений, глубина просмотра, доля переходов к подаче документов
Коммуникационные	E-mail, телефон, формы, мессенджеры	Консультирование и обратная связь	Среднее время ответа, доля обработанных обращений
Административные	Личный кабинет поступающего	Отслеживание статусов и сопровождение подачи документов	Доля обращений без повторного уточнения статуса
CRM-инструменты	Карточка абитуриента, задачи, история коммуникаций	Централизованный учет и маршрутизация обращений	Количество обращений на сотрудника, соблюдение регламентов
Аналитические	Отчеты, панели мониторинга, воронка поступления	Оценка эффективности каналов и этапов приемной кампании	Конверсия, нагрузка, повторные обращения
Защитные	Разграничение доступа, аудит действий, согласия	Соблюдение требований по защите персональных данных	Отсутствие нарушений, полнота фиксации действий

Каналы взаимодействия	Консультационные инструменты	Подача документов	CRM-система	Аналитика	Безопасность	Результаты
<ul style="list-style-type: none"> Сайт вуза Соцсети Дни открытых дверей 	<ul style="list-style-type: none"> E-mail Телефон Форма обратной связи Чат-бот 	<ul style="list-style-type: none"> Личный кабинет Электронная подача Статусы заявлений 	<ul style="list-style-type: none"> Профиль абитуриента История обращений Маршрутизация запросов Шаблоны ответов 	<ul style="list-style-type: none"> Отчеты Каналы привлечения Нагрузка сотрудников Конверсия 	<ul style="list-style-type: none"> Защита данных Разграничение доступа Соответствие ФЗ-152 	<ul style="list-style-type: none"> Быстрая обработка Снижение нагрузки Персонализация Прозрачность приема

Рис. 1. Модель инструментального обеспечения процессов взаимодействия с абитуриентами МГТУ «СТАНКИН»

редачи информации. Соблюдение требований законодательства о персональных данных является обязательным условием устойчивой цифровой коммуникации [5].

Реализация инструментального подхода предполагает не только внедрение программных решений, но и изменение организационных процедур. Для эффективной работы необходимо определить ответственных за каждый канал коммуникации, разработать регламенты обработки обращений, установить нормативы времени ответа, сформировать базу типовых вопросов и ответов, обучить сотрудников работе с CRM и аналитическими отчетами. Без организационной настройки даже функционально развитые цифровые инструменты не обеспечат ожидаемого результата.

Практическая значимость предложенного подхода заключается в возможности повышения управляемости приемной кампании. Если каждое обращение абитуриента фиксируется в системе, университет получает объективную картину спроса, проблемных вопросов, информационных дефицитов и нагрузки на сотрудников. Например, рост повторных обращений по одному вопросу может свидетельствовать о недостаточной ясности

информации на сайте, а увеличение времени ответа — о необходимости перераспределения задач или автоматизации типовых консультаций.

Внедрение единого комплекса инструментов также способствует персонализации взаимодействия. Абитуриент, интересующийся конкретным направлением подготовки, может получать релевантные уведомления о сроках, вступительных испытаниях, днях открытых дверей и особенностях образовательной программы. Такой подход повышает качество информационного сопровождения и снижает вероятность того, что поступающий пропустит значимое действие в процессе приема.

Вместе с тем использование цифровых инструментов требует учета ряда ограничений. Во-первых, чрезмерное количество каналов без единой координации может привести к информационной перегруженности и снижению качества коммуникации. Во-вторых, автоматизация должна сохранять возможность персонального общения, поскольку решение о поступлении часто связано с индивидуальными вопросами и ситуациями. В-третьих, необходимо регулярно актуализировать информацию, так как устаревшие сведения о сроках, правилах приема или

документах могут негативно повлиять на доверие к университету.

Таким образом, инструменты реализации процессов взаимодействия с абитуриентами МГТУ «СТАНКИН» должны рассматриваться как взаимосвязанная система, включающая информационные, коммуникационные, административные, CRM-, аналитические и защитные компоненты. Их интеграция позволяет обеспечить прозрачность приемной кампании, повысить скорость обработки обращений, снизить нагрузку на сотрудников и сформировать более устойчивую коммуникацию с поступающими.

В ходе исследования установлено, что ключевым условием эффективности инструментов взаимодействия является их объединение в единую цифровую среду, ориентированную на жизненный цикл абитуриента. Центральным элементом такой среды может выступать CRM-система, связанная с сайтом, личным кабинетом, формами обратной связи, каналами коммуникации и аналитическими отчетами. Для МГТУ «СТАНКИН» данный подход создает основу для дальнейшего развития персонализированных сервисов, повышения качества приемной кампании и укрепления конкурентных позиций университета на рынке образовательных услуг.

Литература:

1. Раздел «Поступающим». — Текст: электронный // Официальный сайт МГТУ «СТАНКИН»: [сайт]. — URL: <https://stankin.ru/postupayushchim/> (дата обращения: 22.04.2026).
2. Приемная комиссия СТАНКИН. — Текст: электронный // МГТУ «СТАНКИН»: [сайт]. — URL: <https://priem.stankin.ru/> (дата обращения: 21.04.2026).
3. Личный кабинет поступающего. — Текст: электронный // МГТУ «СТАНКИН»: [сайт]. — URL: <https://info.stankin.ru/lk> (дата обращения: 22.04.2026).
4. CRM-система. — Текст: электронный // Битрикс24: [сайт]. — URL: <https://www.bitrix24.ru/features/crm/> (дата обращения: 21.04.2026).
5. Федеральный закон от 27.07.2006 № 152-ФЗ «О персональных данных». — Текст: электронный // Официальный интернет-портал правовой информации: [сайт]. — URL: <https://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102108261> (дата обращения: 21.04.2026).
6. Как создать и настроить открытую линию. — Текст: электронный // Поддержка24: [сайт]. — URL: <https://helpdesk.bitrix24.ru/open/25004908/> (дата обращения: 21.04.2026).
7. Погосова, Ж. Г. Особенности взаимодействия с абитуриентами и его автоматизация / Ж. Г. Погосова. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2025. — № 51 (602). — С. 13–16.
8. Бабин, Е. Н. Цифровизация университета: построение интегрированной информационной среды / Е. Н. Бабин. — Текст: непосредственный // Университетское управление: практика и анализ. — 2018. — № 22(6). — С. 44–54.

Analysis of registration of management documents in Belgorod College of Public Catering: current status and recommendations for improvement

Slynko Alena Aleksandrovna, master's student;
Tarasova Natalya Vladimirovna, master's student
Belgorod State National Research University

The article focuses on the analysis of office management in the Belgorod College of Public Catering, highlighting its crucial role in the effective management of an educational institution. The article emphasizes the importance of proper management documents, which ensure prompt decision-making, optimize information flows, and provide legal force to acts. However, the college faces challenges in its office management, such as document loss and duplication, delays in information provision, lack of control, and high costs associated with paper-based document management. The author proposes a step-by-step digitalization approach, taking into account legal requirements, implementing automated systems, and providing training to address these issues and enhance the efficiency of office management.

Keywords: document management, electronic documents, digitalization, electronic signatures.

In modern management, efficient records management is a key factor in the successful operation of educational institutions. Properly prepared documents facilitate prompt decision-making, streamline information flows, and give legal force to administrative acts. At OGAPOU «BTOP», documents

play a key role in planning, staffing, and coordination of activities.

The organization of records management at the technical school requires strict adherence to the standards for the execution of administrative documents, which form the basis for

effective management, strategic planning, and staffing. Documents simplify the processes of collecting, processing, and transmitting important information, especially in the context of advanced digital technology adoption.

The administrative activities of the technical school are based on three main groups of documentation:

1. Organizational and legal: charter, regulations on collegial bodies, internal labor regulations, staffing table, records management instructions, and job descriptions;
2. Administrative (directive): orders, directives, resolutions;
3. Information and reference: minutes (protocols), acts (reports), memos, letters, certificates, telephone messages, etc.

Each document consists of details (requisites), the totality of which determines its formulary. To fulfill its functions, a document must comply with established formatting standards, which directly affects its legal validity. Documents serve as evidence of facts, events, and phenomena, underscoring the importance of their proper execution.

In Russia, the execution of organizational and administrative documents is governed by GOST R 7.0.97–2016 [1]. This standard establishes the rules for detailing requisites, their placement, and requirements for forms.

Proper document execution entails precise compliance with the requirements for the placement and content of details established at the federal level. These standards are uniform for all organizations, regardless of their form of ownership. Conformity with GOST standards ensures the legal force of documents, simplifies their preparation, registration, and retrieval, and facilitates the automation of records management processes. According to GOST R 7.0.97–2016, the list of details includes 30 elements, each corresponding to certain stages of document processing: creation, coordination, signing, approval, and dispatch.

The details not only ensure the legal significance of documents but also perform informational functions by indicating the participants in document flow and the procedures for handling documents. Their formatting must strictly comply with legislative and regulatory acts.

Unification and standardization of documents entail the creation of uniform forms and rules for their execution, which enhances the efficiency of records management. To ensure legal force, documents must comply with GOST R 7.0.97–2016 and the methodological recommendations for its implementation. When working with documents, it is necessary to take into account the norms of legislative acts, many of which are linked to provisions of federal legislation.

In the execution of various administrative documents, as well as in the organization of work with them, the norms of legislative and regulatory acts should be taken into account.

At OGAPOU «BTOP», documents are executed in accordance with GOST R 7.0.97–2016. National Standard of the Russian Federation. System of Standards for Information, Librarianship, and Publishing. Organizational and Administrative Documentation. Requirements for Document Execution.

The document composition at BTOP includes types of documents: orders, directives, letters, minutes, certificates, and others typical of most institutions.

However, current problems caused by outdated approaches and insufficient digitalization hinder process optimization. These include: loss and duplication of documents, delays in providing information, and high costs for printing documents.

At OGAPOU «BTOP», overall, due to the constantly changing regulatory framework, the following problems arise:

1. inability to quickly track the movement of documents;
2. inability to provide the required information within set deadlines;
3. lack of timely control.

These problems are especially noticeable when working with documents where the accumulation of data about employees and students requires reliable storage and fast processing. Paper media cannot cope with modern tasks: they are vulnerable to damage, take up space, and slow down access to information. A mixed document workflow, combining paper and electronic documents, does not solve these problems, while maintaining high costs for printing, copying, and delivery, and not reducing the time for preparing and familiarizing with documents.

Electronic technology makes it easy to identify the author of a document. An electronic signature, in turn, simplifies document identification, accelerates the exchange of documents, reduces costs for paper, copying, and delivery, saves office space and employee time.

Digitalization at the technical school is vitally necessary for managing large volumes of data about employees and students, which require reliable storage and fast processing. Electronic documents speed up records management, but a complete abandonment of paper media is not yet possible due to the need for archiving and fears of data leakage. A mixed document flow does not reduce costs and time, especially in the HR area, where paper documents increase expenses. To transition to a digital format, a secure program capable of storing large amounts of information and providing convenient access is needed. However, a universal system does not yet exist, and implementation requires time, funds, and consideration of risks identified by other users. Digitalization that complies with legislation will reduce document transmission time and increase the efficiency of records management, but it requires a phased approach with risk minimization.

Thus, outdated approaches and insufficient digitalization lead to the loss and duplication of documents, delays in providing information, and high costs for paper-based document flow. Digitalization, including the use of electronic signatures and automated systems, can eliminate these problems, speed up processes, reduce costs, and ensure data security. A complete transition to electronic document flow is currently limited by the need for archival storage and the lack of universal software, but a phased implementation of digital solutions, compliant with legislation, will make it possible to optimize records management, increase efficiency, and strengthen the management culture of the technical school.

The introduction of electronic document turnover at the technical school will solve the greatest number of problems that have arisen. This will have a positive impact on the documentation support of the institution as a whole and all its divisions in particular.

References:

1. ГОСТ Р 7.0.97.2016. Национальный стандарт Российской Федерации. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Организационно-распорядительная документация. Требования к оформлению документов. — Доступ из справочно-правовой системы «КонсультантПлюс».

Программный модуль визуализации оборудования на мнемосхемах

Стригина Анна Владимировна, студент

Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники» (г. Зеленоград)

В статье рассматривается разработка программного модуля визуализации оборудования на мнемосхемах. Обоснована актуальность задачи в условиях цифровизации промышленности и необходимости оперативного контроля состояния технологических процессов. Проведен анализ существующих решений визуализации, выявлены их недостатки. Предложен программный модуль, обеспечивающий отображение состояния оборудования в реальном времени на основе входных данных. Описаны концептуальная модель, архитектура и алгоритмы функционирования системы. Показано, что разработанное решение позволяет повысить наглядность представления информации, снизить вероятность ошибок разработчика и снизить затраты временных ресурсов на создание мнемосхем.

Ключевые слова: мнемосхема, визуализация, оборудование, SCADA, программный модуль, мониторинг, данные в реальном времени.

1. Анализ предметной области

В современных промышленных системах управления технологическими процессами (АСУ ТП) широко применяются средства визуализации состояния оборудования, обеспечивающие оперативный контроль и диагностику. Одним из ключевых элементов таких систем являются мнемосхемы — графические представления технологических объектов и оборудования, используемые для мониторинга и управления.

Мнемосхемы позволяют оператору получать информацию о состоянии системы в графической форме, обеспечивающей быстрый анализ состояния системы. На них отображаются основные элементы оборудования (насосы, клапаны, датчики), а также их текущее состояние, параметры и аварийные сигналы.

Основные проблемы, связанные с визуализацией оборудования:

- ограниченная гибкость настройки интерфейса;
- высокая трудоёмкость создания и сопровождения мнемосхем;
- сложность масштабирования системы;
- отсутствие универсальных решений для разных типов оборудования;
- задержки при обновлении отображаемых данных.

Особенно остро данные проблемы проявляются в системах с большим количеством объектов, где требуется оперативная реакция на изменения. В таких условиях возрастает вероятность ошибок оператора.

Таким образом, актуальной является задача разработки программного модуля, обеспечивающего автоматизированную визуализацию оборудования на мнемосхемах

в реальном времени с обеспечением автоматической синхронизации данных.

2. Обзор существующих решений

В настоящее время существует ряд программных средств, предназначенных для визуализации технологического оборудования и построения мнемосхем. Данные решения можно классифицировать на следующие категории:

- универсальные графические библиотеки визуализации;
- специализированные библиотеки для разработки HMI-интерфейсов;
- SCADA-системы со встроенными средствами построения мнемосхем.

К наиболее распространённым решениям относятся GLG Toolkit, Open Automation Software WPF HMI.NET, InfinityHMI, SCADA Simp Light.

Анализ показал, что существующие программные средства имеют следующие ограничения:

- зависимость от конкретных SCADA-платформ;
- ограниченные возможности интеграции с нестандартными технологическими узлами;
- недостаточная гибкость при расширении библиотеки графических компонентов;
- отсутствие или ограниченность русскоязычной локализации;
- ограниченная адаптация под специфические требования предметной области.

Универсальные графические библиотеки обеспечивают независимость от платформы и возможность расши-

рения, однако требуют значительных трудозатрат на реализацию логики взаимодействия с оборудованием.

Специализированные библиотеки обеспечивают более удобную интеграцию в пользовательские приложения, однако часто ориентированы на ограниченный набор протоколов и источников данных.

SCADA-системы предоставляют широкий набор готовых компонентов и средств визуализации, но функционируют в рамках собственной среды и не предназначены для использования в виде встраиваемых модулей.

Таким образом, выявлена необходимость разработки универсального программного модуля визуализации оборудования, обеспечивающего независимость от платформы, расширяемость и поддержку нестандартных источников данных.

3. Концептуальная модель

На основе анализа предметной области и функциональных требований разработана концептуальная модель программного модуля визуализации оборудования на мнемосхемах (ПМ ВОР). Для визуализации границ системы и сценариев взаимодействия с внешним окружением использованы диаграммы UML.

ПМ ВОР представляет собой независимый программный компонент, предназначенный для формирования и отображения графических элементов, связанных с данными внешних источников. Модуль интегрируется во внешние программные системы и используется при построении пользовательского интерфейса.

Разработчик — пользователь системы, который осуществляет интеграцию программного модуля во внешнее приложение, формирует мнемосхему и настраивает параметры отображения графических элементов.

Концептуальная модель ПМ ВОР включает следующие ключевые сценарии:

- размещение графических компонентов — разработчик выбирает элементы визуализации и размещает их в рабочей области пользовательского интерфейса;
- привязка к источникам данных — для каждого элемента настраивается связь с внешним источником данных;
- отображение состояния оборудования — графические компоненты изменяют своё визуальное состояние в зависимости от входных данных;
- обновление данных в реальном времени — при поступлении новых значений происходит автоматическое обновление отображения;
- настройка параметров отображения — разработчик изменяет визуальные характеристики элементов (цвет, форма, размеры и др.).

Структура взаимодействия компонентов системы включает пользовательский интерфейс, программный модуль визуализации, графические элементы и источник данных. Графические компоненты получают данные из внешнего источника и обеспечивают их визуальное представление в интерфейсе.

Для описания динамики взаимодействия элементов используется диаграмма последовательности, отражающая процесс передачи данных от источника к графическому компоненту и последующего обновления пользовательского интерфейса.

Проиллюстрируем это на рис. 1.

Структура программного модуля представлена в виде набора переиспользуемых графических компонентов, объединённых в единый контейнер. Компоненты взаимодействуют с источником данных и обновляют своё состояние при изменении входных параметров. Архитектура модуля допускает расширение за счёт добавления новых элементов без изменения его общей структуры.

4. Стек технологий

В стек используемых технологий для разработки программного модуля визуализации оборудования на мнемосхемах (ПМ ВОР) включены современные инструменты и библиотеки, обеспечивающие формирование графических элементов, обработку данных и их отображение в пользовательском интерфейсе. Подробнее про каждый из компонентов:

- язык программирования C#;
- платформа.NET;
- технология WPF (Windows Presentation Foundation) для построения пользовательского интерфейса;
- XAML — язык разметки, используемый для описания структуры и визуального представления графических компонентов;
- пользовательские элементы управления (UserControl), реализующие визуальные компоненты оборудования;
- механизм DependencyProperty для хранения и управления параметрами компонентов и обеспечения привязки данных;
- механизм Data Binding для связи графических элементов с источниками данных;
- интерфейс INotifyPropertyChanged для реализации обновления данных в интерфейсе;
- библиотека System.Windows.Media для работы с графикой и цветами;
- использование векторной графики (Path, Rectangle и др.) для построения масштабируемых элементов мнемосхем.

Использование указанных технологий позволяет обеспечить гибкость разработки, расширяемость модуля и его интеграцию во внешние программные системы.

5. Алгоритм функционирования

Работа программного модуля визуализации оборудования на мнемосхемах начинается с инициализации и загрузки графических компонентов в пользовательский интерфейс. После добавления элемента в рабочую область мнемосхемы выполняется его начальная настройка,

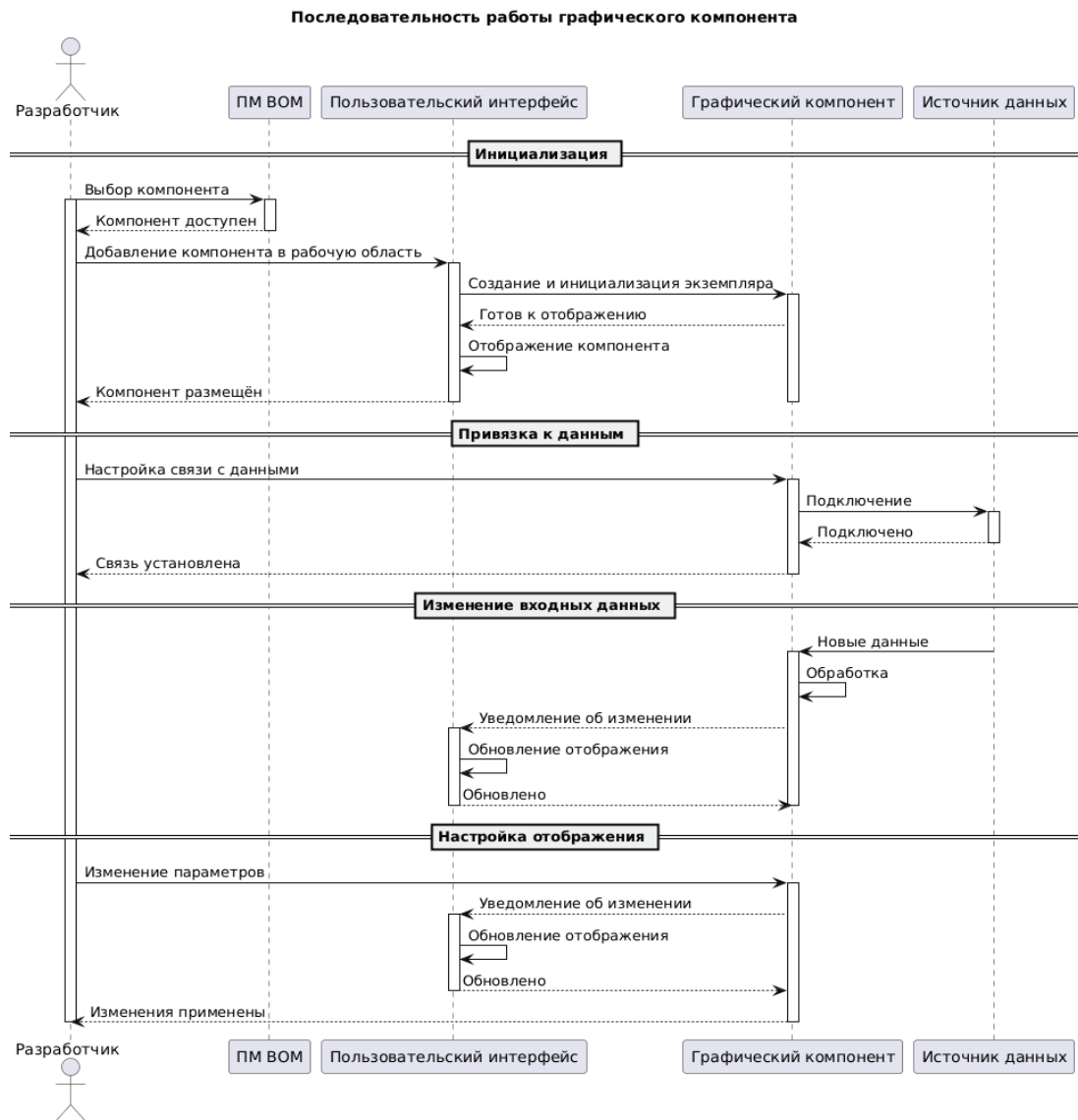


Рис. 1. Диаграмма последовательности ПМ ВОР

включающая создание визуального представления и регистрацию свойств.

В процессе инициализации формируется структура компонента, задаются базовые параметры отображения и устанавливаются значения свойств по умолчанию. Далее выполняется привязка свойств компонента к источникам данных, что обеспечивает автоматическое обновление визуального состояния при изменении входных параметров.

Система функционирует в рамках событийно-ориентированной модели, при которой обновление отображения осуществляется без использования механизма периодического опроса состояния. Изменения данных или параметров инициируют соответствующие обработчики, обеспечивающие актуализацию визуального представления.

В зависимости от типа события возможны следующие сценарии:

- изменение состояния элемента — выполняется обновление состояния и соответствующее изменение визуальных характеристик (например, цвета);

- изменение числовых и текстовых параметров — осуществляется проверка наличия соответствующих свойств, после чего выполняется форматирование и обновление отображаемых значений;

- изменение параметров отображения — применяются новые визуальные настройки элемента (цвет, размеры, толщина линий и др.);

- удаление графического элемента из рабочей области — происходит завершение работы компонента и его удаление из пользовательского интерфейса.

Обработка событий выполняется автоматически за счёт механизмов привязки данных и обработки изменений свойств, что обеспечивает синхронизацию визуального состояния элементов с текущими значениями параметров.

Таким образом, каждый графический компонент функционирует как независимый элемент, обеспечивающий корректное и актуальное отображение состояния оборудования на мнемосхеме.

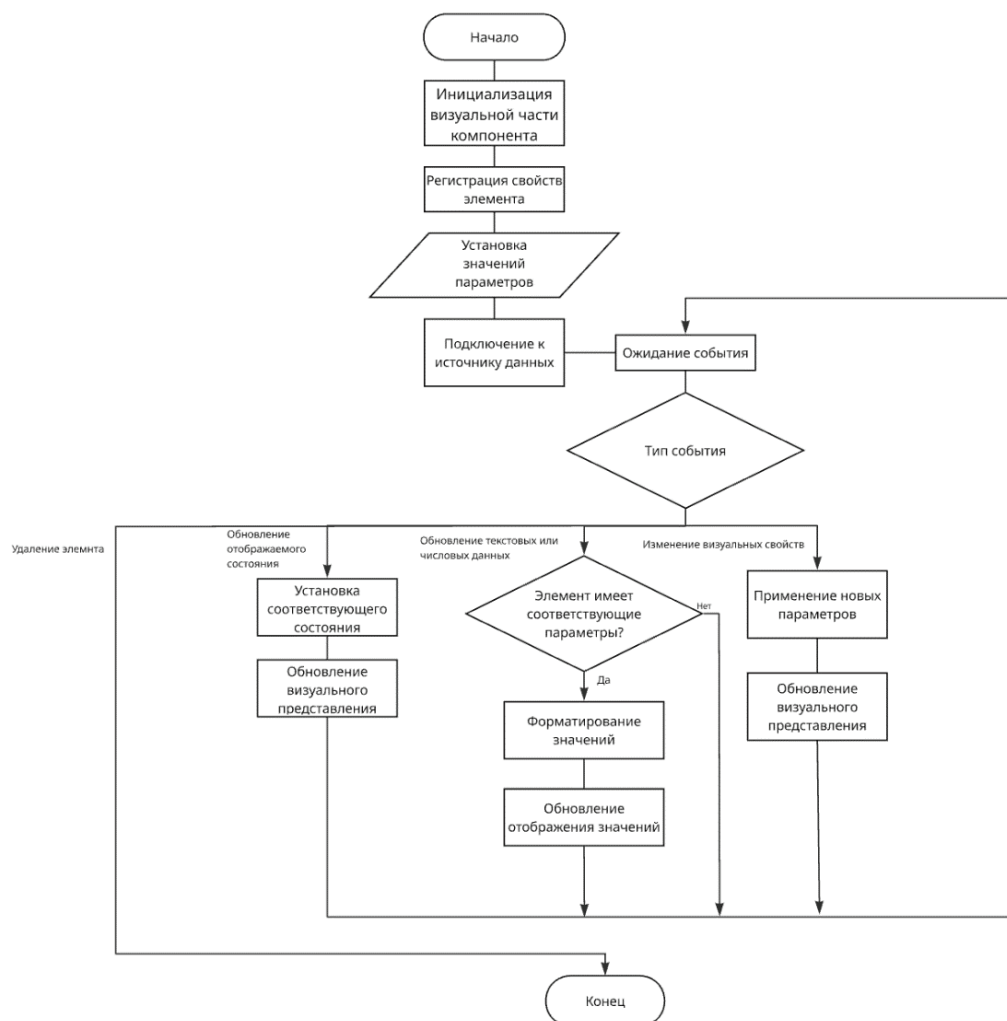


Рис. 2. Схема алгоритма работы ПМ ВОМ

Схема алгоритма работы программного модуля представлена на рис. 2.

6. Результаты

Разработанный программный модуль обеспечивает построение и динамическое обновление мнемосхем оборудования с возможностью отображения состояния элементов и обновления данных в реальном времени. Реализована поддержка переиспользуемых графических компонентов, интегрируемых во внешние программные системы.

Экспериментально подтверждена корректность отображения состояния элементов при изменении входных данных, а также стабильность работы модуля в рамках событийно-ориентированной модели.

Использование разработанного решения позволяет повысить информативность представления данных, сократить трудозатраты на разработку интерфейсов и обеспечить гибкость при расширении набора графических компонентов.

Перспективы: расширение библиотеки визуальных элементов, интеграция с промышленными протоколами обмена и совершенствование пользовательского интерфейса.

Литература:

1. Microsoft. Windows Presentation Foundation (WPF) Documentation. — URL: <https://learn.microsoft.com/en-us/dotnet/desktop/wpf/>
2. Microsoft..NET Documentation. — URL: <https://learn.microsoft.com/en-us/dotnet/>
3. Microsoft. Data Binding Overview (WPF). — URL: <https://learn.microsoft.com/en-us/dotnet/desktop/wpf/data/>
4. Inductive Automation. What is SCADA? — URL: <https://inductiveautomation.com/resources/article/what-is-scada>
5. Мак-Дональд М. WPF: Windows Presentation Foundation в.NET 4.5 с примерами на C# 5.0 для профессионалов. — СПб.: Питер, 2015.
6. Freeman A. Pro WPF in C# with.NET. — 4th ed. — New York: Apress, 2019.

Программная эмуляция распределённой сенсорной сети для обнаружения беспилотных летательных аппаратов

Терешкин Владимир Павлович, студент;

Мелихов Николай Романович, студент;

Морозов Роман Денисович, студент;

Мохов Тимофей Сергеевич, студент

Научный руководитель: Беляева Юлия Александровна, кандидат технических наук, доцент

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)

В статье представлена программная эмуляция распределённой сенсорной сети (РСС) для обнаружения и сопровождения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Предложена многоэшелонная концентрическая топология размещения пассивных RF-датчиков, ориентированная на покрытие зоны радиусом до 35 км. Для повышения достоверности измерений реализованы фильтр Калмана, Z-score фильтрация выбросов и детектор аномалий на основе скользящего среднего с адаптивными порогами. Позиционирование БПЛА выполняется методом взвешенных наименьших квадратов (WLS) по пеленгам не менее трёх датчиков одновременно. Исследованы два режима обработки данных: централизованный (CENTRAL) и распределённый с предобработкой на узлах (EDGE). Результаты моделирования подтверждают, что режим EDGE обеспечивает снижение объёма передаваемого трафика на 44,7 % при средней ошибке позиционирования 0,87 км. Первое обнаружение цели фиксируется за 15,8 мин. до её подлёта к защищаемому объекту. Разработанный эмулятор реализован на языке Python (NumPy, SciPy) с визуализацией в среде Octave/MATLAB.

Ключевые слова: распределённая сенсорная сеть, обнаружение БПЛА, edge computing, триангуляция, фильтр Калмана, программная эмуляция, Z-score фильтрация.

1. Введение

Расширение применения беспилотных летательных аппаратов в гражданской и военной сферах сопровождается ростом числа инцидентов, связанных с несанкционированными полётами над охраняемой инфраструктурой: аэропортами, промышленными объектами, объектами энергетики. Традиционные радиолокационные станции (РЛС) обеспечивают высокую дальность обнаружения, однако их высокая стоимость, ограниченная масштабируемость и сложность развёртывания существенно сужают область применения для охраны гражданских объектов [1, 2].

Импульсно-доплеровские РЛС, широко применяемые в системах ПВО, имеют принципиальное ограничение: цели, скорость которых не превышает порог фильтрации неподвижных помех (clutter), подавляются вместе с отражениями от земли. Тактические БПЛА с крейсерской скоростью 100–200 км/ч нередко оказываются ниже этого порога. Если при этом корпус аппарата выполнен из радиопрозрачных материалов, его эффективная отражающая поверхность (ЭПР) становится пренебрежимо малой, и для большинства РЛС такая цель фактически невидима [2]. Именно это объясняет случаи, когда тактические БПЛА беспрепятственно действуют над позициями зенитных ракетных комплексов.

Альтернативный подход — построение распределённых сенсорных сетей (РСС) на основе малогабаритных пассивных RF-датчиков. Пассивный приём не требует собственного мощного передатчика: датчик регистрирует сигналы управления БПЛА в диапазонах 433 МГц, 868 МГц, 2,4 ГГц и 5,8 ГГц, определяет направление на источник (пеленг) и, при наличии нескольких пространственно разнесённых узлов, обеспечивает триангуляцию положения цели [3]. Важно, что для отражения радиоволны от объекта физические размеры этого объекта должны быть сопоставимы с длиной волны: работа в дециметровом и сантиметровом диапазонах допускает обнаружение малоразмерных БПЛА, тогда как длинноволновые РЛС для таких целей непригодны. Ключевыми требованиями к РСС являются: отказоустойчивость при отказе отдельных узлов, энергоэффективность, работа в условиях ограниченного канала связи и поддержка масштабирования до 100 и более узлов [3, 5].

Верификация алгоритмов обработки данных РСС в натурных условиях требует значительных временных и финансовых ресурсов: развёртывание полноценного испытательного стенда занимает от нескольких месяцев до года. В связи с этим подход виртуального прототипирования — программной эмуляции полного жизненного цикла данных РСС без физического оборудования — приобретает особую актуальность [4].

Цель настоящей работы — разработка и исследование программного эмулятора многоэшелонной РСС для обнаружения и сопровождения БПЛА с поддержкой двух режимов обработки данных (EDGE и CENTRAL), реализацией алгоритмов фильтрации сигналов и позиционирования цели по угловым измерениям.

2. Обзор подходов к обработке данных в распределённых сенсорных сетях

В задачах обнаружения БПЛА сложились два основных подхода к обработке данных. При централизованной обработке (CENTRAL) все узлы передают сырые измерения на единый сервер, где выполняются фильтрация и позициони-

рование. Достоинством подхода является доступность полного набора данных для анализа; недостатком — высокая нагрузка на канал связи и зависимость системы от работоспособности центрального узла [3, 5].

Концепция edge computing предполагает перенос первичной обработки непосредственно на сенсорные узлы (EDGE). Каждый узел самостоятельно выполняет фильтрацию выбросов и передаёт на сервер только предобработанные данные или события. Это позволяет существенно сократить объём передаваемого трафика, обеспечить мгновенную реакцию узла на аномалии и сохранить работоспособность системы при потере связи с отдельными узлами [5, 6].

Для позиционирования БПЛА по угловым измерениям наиболее распространён метод взвешенных наименьших квадратов (WLS) по пеленгам от нескольких датчиков. Метод позволяет учитывать неодинаковое качество измерений разных датчиков через весовые коэффициенты, обратно пропорциональные ошибке пеленгования. Для сглаживания оценок положения применяется фильтр Калмана [1, 4].

3. Постановка задачи

Требуется построить программный эмулятор РСС, включающий следующие подсистемы:

- генератор траектории БПЛА с прямолинейным движением с постоянной скоростью;
- модель многоэшелонной сети пассивных RF-датчиков с реалистичными моделями шума и вероятностного обнаружения;
- алгоритмы предобработки сигналов (Z-score фильтрация, детекция аномалий, фильтр Калмана);
- алгоритм позиционирования WLS по угловым измерениям;
- механизм переключения между режимами EDGE и CENTRAL;
- визуализацию и количественную оценку метрик системы.

Ключевые показатели эффективности (KPI):

- снижение объёма трафика в режиме EDGE на 40–60 % по сравнению с CENTRAL;
- обнаружение БПЛА не менее чем за 15 мин до достижения защищаемого объекта;
- средняя ошибка позиционирования не более 1,5 км.

4. Описание модели системы

4.1. Топология сети. В рамках исследования принята концентрическая многоэшелонная топология: датчики равномерно распределены по четырём кольцевым эшелонам с радиусами 5,5; 11,0; 16,5 и 22,0 км от защищаемого объекта. Число узлов в эшелонах составляет 9, 18, 27 и 36 соответственно (итого 90 датчиков). Для предотвращения систематических мёртвых зон каждый эшелон имеет случайный угловой сдвиг $\varphi_0 \sim U(0, 2\pi/n)$, где n — число датчиков в эшелоне.

Выбор числа датчиков в каждом эшелоне обусловлен геометрическим условием надёжной триангуляции: БПЛА должен одновременно наблюдаться не менее чем тремя датчиками с угловым разносом не менее 30° . Соблюдение этого условия гарантирует невырожденность матрицы в алгоритме WLS.

4.2. Модель датчика. В качестве типового датчика принят пассивный RF-сканер с параметрами: радиус обнаружения 10 км, угол обзора 360° , энергопотребление до 120 Вт, одновременное сопровождение до 8 целей. Универсальность модели обеспечивается структурой конфигурационного класса Config: для замены типа датчика достаточно изменить параметры SENSOR_RANGES и SENSOR_NOISE без модификации алгоритмического ядра системы.

Модель измерения датчика включает два канала. Первый — пеленг (азимут) с аддитивным гауссовским шумом: $\tilde{\theta} = \theta + \varepsilon_\theta$, где $\varepsilon_\theta \sim N(0, \sigma_{\text{noise}} \cdot d)$, d — расстояние до цели. Второй — дальность: $\tilde{d} = d + \varepsilon_d$, $\varepsilon_d \sim N(0, \sigma_{\text{noise}} \cdot d)$. Вероятность обнаружения убывает с расстоянием, что соответствует реалистичной зависимости чувствительности пассивного приёмника от ЭМ-обстановки.

4.3. Модель движения БПЛА. БПЛА движется по прямолинейной траектории с постоянной скоростью 120 км/ч от начальной точки (–45; 25) км до защищаемого объекта (0; 0) км. Шаг дискретизации составляет $\Delta t = 0,5$ с.

5. Математический аппарат

5.1. Z-score фильтрация выбросов. Для каждого датчика вычисляется стандартизованное отклонение измерения x от скользящего среднего $\bar{\mu}$ по окну $W = 25$ отсчётов:

$$z = |x - \bar{\mu}| / \bar{\sigma},$$

где $\bar{\sigma}$ — стандартное отклонение по окну. Измерение отбрасывается при $z > 2,3$. Дополнительный δ -фильтр исключает скачки между соседними отсчётами: $|x_k - x_{k-1}| > 0,8 \cdot \bar{\sigma}$.

5.2. Фильтр Калмана. Для сглаживания последовательности оценок положения применяется одномерный фильтр Калмана. Уравнения прогноза и коррекции имеют стандартный вид:

$$\hat{x}_k|k-1 = F \cdot \hat{x}_{k-1}|k-1, P_k|k-1 = F \cdot P_{k-1}|k-1 \cdot F^T + Q,$$

$K_k = P_k|k-1 \cdot H^T (H \cdot P_k|k-1 \cdot H^T + R)^{-1},$
 $\hat{x}_k|k = \hat{x}_k|k-1 + K_k (z_k - H \cdot \hat{x}_k|k-1),$
где F — матрица перехода состояния, H — матрица наблюдения, Q и R — ковариации шумов процесса и измерений соответственно.

5.3. Алгоритм WLS-триангуляции. По пеленгам θ_i от датчиков с координатами (x_i, y_i) формируется переопределённая система линейных уравнений. Каждая строка системы соответствует уравнению прямой визирования:

$\sin(\theta_i) \cdot X - \cos(\theta_i) \cdot Y = \sin(\theta_i) \cdot x_i - \cos(\theta_i) \cdot y_i.$
В матричном виде система имеет вид $A \cdot r = b$, где $A \in R^{n \times 2}$, $r = (X, Y)^T$ — искомые координаты. Весовая матрица $W = \text{diag}(w_i)$ формируется по правилу $w_i = 1 / \max(d_i^2, 0,01)$, что соответствует обратно-квадратичной зависимости веса от расстояния. Решение получается как:

$\hat{r} = (A^T W A + \lambda I)^{-1} A^T W b,$
где $\lambda = 10^{-4}$ — параметр ридж-регуляризации, обеспечивающей устойчивость при вырожденной геометрии. Итоговая оценка вычисляется скользящим усреднением по последним 5 решениям.

5.4. Модель сетевого трафика. В режиме CENTRAL число пакетов за шаг равно числу датчиков, зафиксировавших цель. В режиме EDGE каждый узел передаёт пакет, только если измерение прошло локальную фильтрацию ($z \leq 2,3$ и $|\Delta| \leq 0,8\sigma$) либо попало в случайную выборку с вероятностью $p_{\text{rnd}} = 0,06$. Снижение трафика вычисляется как:

$$\Delta T = 1 - N_{\text{edge}} / N_{\text{central}}.$$

6. Программная реализация

Эмулятор реализован на языке Python 3 с применением библиотек NumPy и SciPy. Программный комплекс организован в виде модулей: Config — централизованные параметры; SensorNetwork — топология и модель датчиков; Drone-Model — генератор траектории; EdgeFilter — EDGE-предобработка; Triangulation — WLS-позиционирование; Metrics — регистрация метрик; Visualization — графическое отображение.

Визуализация динамики симуляции выполнена в среде GNU Octave (совместимость с MATLAB): анимированная карта эшелонов, траектории БПЛА и зон обнаружения активных датчиков. Такое разделение обязанностей позволяет использовать Python для вычислительно ёмких задач (фильтрация, WLS), а Octave — для пошагового отображения сцены.

Эмулятор поддерживает масштабирование от 10 до 100+ узлов без изменения логики алгоритмов: число эшелонов и датчиков задаётся через конфигурационный класс. Случайный начальный сдвиг каждого эшелона воспроизводим через фиксированный seed генератора (seed = 42).

Таблица 1. Сравнение режимов обработки EDGE и CENTRAL

Параметр	EDGE	CENTRAL
Сетевой трафик	−44,7 % (фильтруется локально)	100 % (сырые данные)
Задержка реакции	Мгновенная	Зависит от канала
Автономность узла	Полная	Нет
Нагрузка на сервер	Только обработанные данные	Все измерения
Отказоустойчивость	Высокая	Зависит от канала связи

7. Результаты моделирования

Симуляция проводилась для сценария: БПЛА движется из точки (−45; 25) км к центру защищаемого объекта со скоростью 120 км/ч, шаг дискретизации 0,5 с, длительность около 26 мин. Сеть состоит из 90 датчиков, развёрнутых в четырёх эшелонах.

Первое обнаружение зафиксировано на отметке $t = 10,0$ мин с расстояния 31,5 км, что обеспечивает 15,8 мин до достижения объекта — выполнение KPI по раннему предупреждению. На всём интервале после обнаружения число одновременно наблюдающих датчиков превышает три, что гарантирует постоянную работоспособность WLS-триангуляции.

Средняя ошибка WLS-позиционирования составила 0,87 км при установленном пороге 1,5 км. Максимальный выброс ошибки (до 5 км) наблюдался в первые секунды после первого обнаружения, когда число активных датчиков минимально; по мере приближения БПЛА ошибка убывает ниже 1 км и стабилизируется.

Сравнение режимов обработки: в режиме CENTRAL среднее число пакетов на шаг составляло 5,6; в режиме EDGE — 3,1, что соответствует снижению трафика на 44,7 % при практически идентичной точности позиционирования. Доля аномальных измерений, выявленных локальной фильтрацией, составила 8,3 % от общего потока.

Эксперименты по масштабированию (от 10 до 100 узлов) показали, что задержки сети и нагрузка на центральный сервер соответствуют теоретическим предсказаниям линейной зависимости от числа узлов. Оптимальное число узлов, обеспечивающее покрытие при выполнении всех KPI, определено равным 90.

Таблица 2. Итоговые метрики симуляции

Метрика	Значение
Время первого обнаружения	10,0 мин
Дистанция при первом обнаружении	31,5 км
Время до цели на момент обнаружения	15,8 мин
Снижение трафика (EDGE vs CENTRAL)	44,7 %
Средняя ошибка позиционирования (WLS)	0,87 км
Среднее число видимых датчиков	> 3 на протяжении всего полёта
Оптимальное число узлов (найдено эксп.)	90

8. Выводы

В статье представлен программный эмулятор многоэшелонной распределённой сенсорной сети для обнаружения БПЛА. Разработанный комплекс воспроизводит полный жизненный цикл данных РСС: генерацию измерений, передачу по каналу с реалистичными моделями задержек и потерь, предобработку сигналов и позиционирование цели.

Показано, что режим EDGE обеспечивает снижение сетевого трафика на 44,7 % по сравнению с централизованной схемой при сохранении средней ошибки позиционирования 0,87 км, что является почти в два раза лучше установленного порога 1,5 км.

Предложенная концентрическая четырёхэшелонная топология с 90 датчиками обеспечивает обнаружение цели за 15,8 мин до подлёта к защищаемому объекту с дистанции 31,5 км.

Эмулятор обладает открытой модульной архитектурой: тип датчика, число и конфигурация эшелонов, алгоритмы фильтрации и протоколы обмена данными заменяются без изменения алгоритмического ядра. Система масштабируется до 100 и более узлов. Разработанный прототип представляет собой основу для ускоренной верификации алгоритмов перед натурными испытаниями.

Литература:

1. Янковский Л. В., Кириллов С. Н. Методы пассивной пеленгации источников радиоизлучения в системах мониторинга БПЛА // Радиотехника. — 2022. — № 4. — С. 45–53.
2. Зубарев Ю. Б., Дворников С. В. Распределённые системы радиомониторинга: принципы построения и алгоритмы обработки. — М.: Горячая линия — Телеком, 2020. — 312 с.
3. Varshney P. K. Distributed Detection and Data Fusion. — New York: Springer, 1997. — 286 p.
4. Bar-Shalom Y., Li X. R., Kirubarajan T. Estimation with Applications to Tracking and Navigation. — New York: Wiley, 2001. — 584 p.
5. Shi W., Cao J., Zhang Q., Li Y., Xu L. Edge Computing: Vision and Challenges // IEEE Internet of Things Journal. — 2016. — Vol. 3, № 5. — P. 637–646.
6. Akyildiz I. F., Su W., Sankarasubramaniam Y., Cayirci E. Wireless Sensor Networks: A Survey // Computer Networks. — 2002. — Vol. 38, № 4. — P. 393–422.
7. Welch G., Bishop G. An Introduction to the Kalman Filter // UNC-Chapel Hill, TR 95–041. — 2006. — 16 p.
8. Чернышёв А. Б., Костин А. Г. Алгоритмы многосенсорной обработки информации в задачах обнаружения малоразмерных БПЛА // Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана. Сер. «Приборостроение». — 2021. — № 3. — С. 18–29.

Исследование и разработка системы автоматизированного управления сборочной линией на базе программируемого логического контроллера

Хлызов Артем Викторович, студент магистратуры
Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»

В работе рассматриваются вопросы автоматизации сборочной линии дискретного производства на базе программируемого логического контроллера и SCADA/HMI-системы. Проведен анализ структуры автоматизированной системы управления, режимов работы линии и требований к безопасности. Предложен подход к построению алгоритмов управления на основе конечного автомата состояний, обеспечивающий надежную работу оборудования, обработку аварийных ситуаций и диагностику технологического процесса.

Ключевые слова: сборочная линия, ПЛК, SCADA, HMI, автоматизация, дискретное производство, диагностика, конечный автомат.

Введение

Современные производственные предприятия стремятся повышать эффективность технологических процессов за счет внедрения автоматизированных систем управления. Сборочные линии являются типовыми объектами дискретного производства и характеризуются наличием транспортных механизмов, исполнительных устройств и большого количества дискретных сигналов от датчиков.

Для реализации надежного управления в промышленности широко применяются программируемые логические контроллеры (ПЛК), обеспечивающие детерминированное выполнение алгоритмов. Дополнительно используются SCADA/HMI-системы, позволяющие реализовать визуализацию технологического процесса, диагностику и регистрацию событий.

Структура автоматизированной системы управления

Типовая структура системы автоматизации сборочной линии включает полевой уровень, уровень управления и уровень визуализации. На полевом уровне располагаются датчики и исполнительные механизмы. Управление осуществляется программируемым логическим контроллером, а отображение параметров реализуется средствами SCADA/HMI (рис. 1).



Рис. 1. Структура автоматизированной системы управления сборочной линией на базе ПЛК и SCADA/HMI-системы

Для оценки эффективности применения SCADA/HMI выполнено сравнение различных вариантов организации управления сборочной линией.

Таблица 1. Сравнительный анализ вариантов управления

Критерий	Ручное управление	ПЛК	ПЛК + SCADA/HMI	Эффект внедрения
Диагностика	Низкая	Средняя	Высокая	Сокращение простоев
Контроль аварий	Ограниченный	Базовый	Расширенный	Повышение безопасности
Ведение журналов	Отсутствует	Частично	Полное	Удобство анализа
Скорость реакции	Низкая	Средняя	Высокая	Снижение времени простоя
Информативность	Минимальная	Средняя	Высокая	Удобство оператора

Алгоритмы управления и режимы работы

В системе предусматриваются режимы AUTO, MANUAL, READY, STOP и ALARM. Автоматический режим обеспечивает последовательное выполнение операций согласно циклограмме, а ручной режим используется для наладки и обслуживания.

Для реализации логики управления используется модель конечного автомата (FSM), позволяющая описать систему в виде набора состояний и переходов. Такой подход упрощает диагностику, расширение функционала и контроль последовательности технологических операций.

Преимущества использования SCADA/HMI

Использование SCADA/HMI позволяет реализовать централизованное управление сборочной линией, отображение состояния оборудования, индикацию аварий и хранение статистики технологического процесса.

Оператор получает возможность отслеживать работу линии в режиме реального времени, анализировать причины простоев и быстро реагировать на нештатные ситуации. Дополнительно SCADA-система может использоваться для формирования отчетов и анализа эффективности оборудования.

Заключение

В работе рассмотрены особенности автоматизации сборочной линии на базе ПЛК и SCADA/HMI-системы. Предложен подход к построению алгоритмов управления на основе конечного автомата состояний. Использование SCADA/HMI обеспечивает повышение информативности системы, сокращение времени реакции оператора и повышение надежности производственного процесса.

Литература:

1. ГОСТ Р МЭК 61131-3-2016. Контроллеры программируемые. Часть 3. Языки программирования.
2. Шишов О. В. Программируемые логические контроллеры: учебник. — М.: ИНФРА-М, 2020.
3. Кангин В. В., Ямолдинов Д. Н. SCADA-системы: разработка и внедрение. — М.: Инфра-Инженерия, 2019.
4. ГОСТ МЭК 60204-1-2002. Безопасность машин. Электрооборудование машин и механизмов.
5. ISA-95. Enterprise-Control System Integration. International Society of Automation, 2010.

Применение микросервисной архитектуры при разработке CRM-систем для автоматизации бизнес-процессов в сфере услуг

Шумахер Марк Евгеньевич, студент
МИРЭА — Российский технологический университет (г. Москва)

В статье исследуется применение микросервисной архитектуры как подхода к проектированию CRM-систем для автоматизации операционных бизнес-процессов в сфере услуг. На основе анализа ограничений универсальных платформ онлайн-бронирования обоснована целесообразность разработки специализированных систем, учитывающих отраслевую специфику. Рассмотрены принципы функциональной декомпозиции на независимые модули, требования к технологическому стеку и инфраструктурному уровню системы, а также механизмы обеспечения отказоустойчивости через паттерны изоляции сбоев Circuit Breaker, Retry, Timeout и автоматического контроля работоспособности компонентов. Описаны ролевая модель взаимодействия пользователей с системой и особенности проектирования схемы хранения данных, обеспечивающей целостность и эффективность аналитических операций. Показана универсальность предложенного архитектурного подхода и определены перспективные направления развития подобных систем.

Ключевые слова: микросервисная архитектура, CRM-система, автоматизация бизнес-процессов, онлайн-бронирование, сфера услуг, отказоустойчивость, контейнеризация, ролевая модель доступа, проектирование информационных систем.

Цифровая трансформация предприятий малого и среднего бизнеса в сфере услуг остаётся одной из ключевых тем в современных исследованиях по информационным технологиям и управлению. Сервисные предприятия — фотостудии, салоны красоты, учебные центры, медицинские кабинеты, спортивные студии — управляют схожим набором операционных процессов: приём заявок и бронирований, учёт посещений, планирование работы персонала, контроль оплаты и формирование финансовой отчётности. Традиционный подход к ведению этих процессов, основанный на бумажных журналах, электронных таблицах или разрозненных мессенджерах, характеризуется высокой долей ручного труда, риском потери данных, отсутствием оперативной аналитики и сложностью масштабирования при росте клиентской базы. В условиях роста конкуренции и повышения потребительских ожиданий автоматизация подобных процессов посредством специализированных CRM-систем становится не опциональным улучшением, а необходимым условием устойчивого развития бизнеса [1].

CRM-система (Customer Relationship Management) в контексте сервисного предприятия представляет собой программную платформу, обеспечивающую сквозную автоматизацию взаимодействия с клиентом: от первичной записи через онлайн-интерфейс до фиксации факта визита, регистрации оплаты и формирования аналитики за произвольный период. Исследования показывают, что внедрение CRM-систем в сервисном секторе позволяет снизить долю ручных операций при обработке заявок на 40–60 %, сократить количество дублирующихся и потерянных записей, а также повысить удовлетворённость клиентов за счёт прозрачности процесса бронирования [2]. Тем не менее на рынке преобладают универсальные решения, ориентированные на широкий спектр отраслей и не учитывающие специфику конкретного типа предприятий. Так, анализ популярных платформ онлайн-бро-

нирования — Reservio, SimplyBook.me, Cue — показывает, что ни одна из них не предусматривает управления сменами персонала, посменной отчётности и аналитики загрузки ресурсов в совокупности, что является критически важным для ряда нишевых сервисов. Это обуславливает высокий интерес к разработке специализированных систем, ориентированных на конкретную предметную область.

При проектировании подобных систем возникает вопрос выбора архитектурного подхода, обеспечивающего масштабируемость, надёжность и гибкость дальнейшего развития. Монолитная архитектура, при которой весь функционал приложения сосредоточен в одном процессе, проста в разработке на начальном этапе, однако при росте функциональной сложности обеспечивает высокую связанность компонентов, затрудняет независимое тестирование модулей и требует полного развёртывания системы даже при изменении одного небольшого компонента. В противовес этому микросервисная архитектура предполагает декомпозицию приложения на независимо развёртываемые функциональные компоненты с чётко определёнными интерфейсами взаимодействия [3], что соответствует требованиям ГОСТ Р 70860–2023 [4] в части организации облачных и распределённых вычислительных систем. Каждый микросервис инкапсулирует собственную бизнес-логику и данные, взаимодействуя с остальными компонентами посредством HTTP-запросов или очередей сообщений, что снижает связанность системы. Применительно к CRM-системе сервисного предприятия такая декомпозиция выглядит органично: аутентификация и управление профилями, модуль бронирования, управление сменами персонала, отчётность и аналитика представляют собой логически изолированные области ответственности, которые могут развиваться независимо друг от друга и масштабироваться отдельно в зависимости от нагрузки.

Выбор технологического стека при реализации микросервисной CRM-системы определяется рядом архитектурных требований: производительностью при высокой нагрузке, возможностью независимой контейнеризации каждого сервиса и разграничением доступа на уровне межсервисного взаимодействия. В части серверной разработки предпочтительны компилируемые языки со встроенной поддержкой конкурентной модели исполнения, позволяющие эффективно обслуживать множество одновременных HTTP-соединений при минимальном потреблении ресурсов. Клиентский уровень в системах с ролевой моделью целесообразно строить на основе компонентных UI-фреймворков, обеспечивающих декларативное управление представлением и разграничение отображаемого интерфейса в зависимости от прав аутентифицированного пользователя. Аутентификация и авторизация в распределённых системах, как правило, реализуются через механизм токенов на основе стандарта JSON Web Token: каждый микросервис независимо верифицирует токен, что исключает необходимость централизованного хранения сессий и обеспечивает горизонтальную масштабируемость.

Инфраструктурный уровень микросервисной системы требует решения задач воспроизводимости окружения и динамической маршрутизации запросов между сервисами. Контейнеризация устраняет зависимость от конфигурации конкретного сервера и обеспечивает идентичность среды исполнения на всех стадиях жизненного цикла — от локальной разработки до промышленного развёртывания. Маршрутизация входящего трафика к соответствующим микросервисам решается через API-шлюз, выполняющий функции единой точки входа: он принимает внешние запросы и перенаправляет их к нужному компоненту по правилам, основанным на пути URL или заголовках запроса. Использование шлюзов с поддержкой динамического обнаружения сервисов существенно снижает операционные издержки при масштабировании системы, поскольку добавление нового микросервиса не требует ручного изменения конфигурации маршрутизатора. Для систем онлайн-бронирования, где недоступность сервиса непосредственно влечёт потерю клиентских заявок, подобная гибкость инфраструктуры и обеспечение непрерывной доступности приобретают принципиальное значение.

Преимуществом микросервисной архитектуры является возможность построения отказоустойчивой системы, в которой сбой одного компонента не приводит к полной деградации сервиса. В распределённых системах отказы отдельных узлов являются ожидаемым явлением, требующим архитектурной проработки. Для управления такими ситуациями применяется ряд устоявшихся паттернов изоляции сбоев. Паттерн Circuit Breaker отслеживает долю неудачных вызовов к зависимому сервису и при превышении порогового значения временно переключает систему в режим «разомкнутой цепи», возвращая клиенту заранее определённый резервный ответ вместо ожидания таймаута — тем самым предотвращая каскадное распро-

странение отказа [5]. Паттерны Retry и Timeout дополняют его: первый обеспечивает повторные попытки запроса при транзитных сбоях сети, второй — жёсткое ограничение времени ожидания ответа, исключающее блокировку ресурсов [6]. На уровне Docker-инфраструктуры механизм Health Check реализует периодическую проверку работоспособности каждого контейнера; при обнаружении отказа политика перезапуска restart: on-failure обеспечивает автоматическое восстановление сервиса без вмешательства оператора. Совокупное применение этих механизмов позволяет системе сохранять частичную работоспособность при недоступности отдельных модулей: например, временный сбой сервиса отчётности не блокирует процесс онлайн-бронирования и аутентификации пользователей.

Автоматизация управления бизнес-процессами в сервисном предприятии посредством CRM-системы затрагивает несколько взаимосвязанных ролевых сценариев. Клиент взаимодействует с публичным интерфейсом: регистрируется, просматривает доступные ресурсы (залы, временные слоты) и создаёт бронирование, не требующее ручной обработки со стороны персонала. Администратор получает инструменты для управления своим рабочим расписанием, фиксации факта посещения клиентов и регистрации оплаты — наличной или безналичной — непосредственно в системе, что исключает ведение параллельных бумажных или табличных журналов. Владелец бизнеса имеет доступ к агрегированной аналитике: загрузке залов за период, выручке по дням и администраторам, динамике числа бронирований. Такая ролевая модель, реализованная через механизм разграничения прав доступа на основе JWT-токенов с полем роли, позволяет обеспечить принцип минимальных привилегий согласно ГОСТ 34.602–2020 и одновременно создать единую цифровую среду взаимодействия для всех участников процесса [7].

Важным фактором проектирования CRM-системы выступает архитектура хранения данных. Реляционная модель обеспечивает целостность данных через механизм внешних ключей и транзакционную обработку операций, исключающую возникновение аномалий при параллельной работе нескольких пользователей. Правильное проектирование индексной структуры определяет производительность аналитических запросов на реальных объёмах данных — особенно в части выборок по временным диапазонам и агрегации показателей. Применение паттерна Database-per-service, при котором каждый микросервис обращается только к собственной схеме данных, повышает автономность компонентов и упрощает их независимое развёртывание, однако требует тщательного проектирования на этапе анализа: пересечения данных между сервисами должны разрешаться через межсервисные вызовы API, а не через прямые запросы к чужим таблицам.

Таким образом, микросервисная архитектура представляет собой обоснованный и практически применимый подход к проектированию CRM-систем для пред-

приятий сферы услуг, обеспечивающий баланс между гибкостью разработки, масштабируемостью и эксплуатационной надёжностью. Принципы декомпозиции бизнес-логики по функциональным доменам, ролевого разграничения доступа и изоляции сбоев через паттерны отказоустойчивости носят универсальный характер и не привязаны к конкретному технологическому стеку: они применимы при проектировании аналогичных систем для широкого класса нишевых сервисных предприятий — салонов красоты, спортивных студий, медицинских ка-

бинетов, образовательных центров, фотостудий. Перспективными направлениями развития подобных систем являются интеграция с платёжными шлюзами и системами push-уведомлений через мессенджеры, подключение платежных шлюзов, а также внедрение модулей прогностической аналитики на основе накопленных исторических данных о бронированиях и загрузке ресурсов — что открывает возможности для перехода от реактивного управления к опережающему планированию операционной деятельности.

Литература:

1. CRM-системы как инструмент для управления бизнес-процессами [Электронный ресурс] // Elibrary.ru. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=76988135> (дата обращения: 01.03.2026).
2. Бизнес-процессы в CRM-системе: что можно автоматизировать [Электронный ресурс] // Bitrix24 Журнал. — 18.12.2022. — URL: <https://www.bitrix24.ru/journal/biznes-processy-v-crm-sisteme/> (дата обращения: 01.03.2026).
3. Микросервисная архитектура, ее паттерны проектирования и особенности [Электронный ресурс] // Хабр. — 2022. — URL: <https://habr.com/ru/companies/serverspace/articles/692916/> (дата обращения: 01.03.2026).
4. ГОСТ Р 70860–2023 [Электронный ресурс] URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/80856/> (дата обращения: 23.02.2026).
5. Resilience patterns: circuit breaker, retry, timeout [Электронный ресурс] // Microsoft Learn. — URL: <https://learn.microsoft.com/en-us/azure/architecture/patterns/> (дата обращения: 01.03.2026).
6. Timeout Strategies in Microservices Architecture [Электронный ресурс] // GeeksforGeeks. — 17.09.2024. — URL: <https://www.geeksforgeeks.org/system-design/timeout-strategies-in-microservices-architecture/> (дата обращения: 01.03.2026).
7. ГОСТ 34.602–2020. Техническое задание на создание автоматизированной системы [Электронный ресурс]. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200172362> (дата обращения: 01.03.2026).

ЭКОЛОГИЯ

Шумовое загрязнение мегаполиса: как городской шум влияет на наше здоровье

Береговая Дарья Владимировна, студент

Научный руководитель: Пигилова Роза Наилевна, старший преподаватель

Казанский государственный энергетический университет

В статье исследуется шумовое загрязнение мегаполиса как комплексный экологический и гигиенический фактор, а также его многоплановое влияние на здоровье человека.

Ключевые слова: шумовое загрязнение, урбанизированная среда, здоровье населения, сердечно-сосудистая система, нейросенсорная тугоухость, санитарные нормы, предельно допустимый уровень шума.

Интенсивная урбанизация, охватившая большинство регионов мира в последние десятилетия, привела к формированию на территории крупных городов принципиально новой акустической среды. Шумовое загрязнение, понимаемое как превышение естественного уровня шумового фона и ненормативное изменение звуковых характеристик среды, в настоящее время признается одним из наиболее значимых факторов, оказывающих негативное влияние на здоровье населения. По оценкам Всемирной организации здравоохранения, шум является второй по значимости экологической причиной ухудшения здоровья после загрязнения атмосферного воздуха, а ежегодные потери от шумового воздействия в странах Западной Европы исчисляются миллионами лет здоровой жизни, утраченных вследствие связанных с шумом заболеваний и преждевременной смертности [1].

Транспортные потоки, промышленные объекты, строительные работы, системы вентиляции и кондиционирования — все эти неотъемлемые компоненты городской инфраструктуры выступают источниками акустического загрязнения. Специфика шума как вредного фактора состоит в том, что его действие не оставляет видимых следов и зачастую воспринимается населением как неизбежное обстоятельство городской жизни. Однако данное восприятие является ошибочным: многолетние эпидемиологические исследования убедительно демонстрируют, что хроническое воздействие даже умеренного шума запускает патофизиологические механизмы, приводящие к развитию стойких нарушений со стороны сердечно-сосудистой, нервной и эндокринной систем [2].

С физической точки зрения шум определяется как совокупность аperiодических звуковых колебаний различной интенсивности и частоты. Для санитарно-гигиенической оценки шума используется несколько нормируемых пара-

метров, ключевым из которых является уровень звукового давления, измеряемый в децибелах. На практике применяется частотно-корректированная шкала А, дающая уровень звука в дБА и приближающая характеристику прибора к субъективному восприятию звука человеком. Для непостоянного шума, преобладающего в городской среде, важнейшей характеристикой является эквивалентный уровень звука, представляющий собой усредненный по энергии уровень за определенный промежуток времени [3]. Санитарные правила и нормы, действующие на территории Российской Федерации, устанавливают предельно допустимые уровни шума дифференцированно в зависимости от времени суток и назначения помещений. Для жилых комнат квартир эквивалентный уровень звука не должен превышать 40 дБА в дневное время и 30 дБА в ночное, при этом максимальные уровни ограничиваются значениями 55 и 45 дБА соответственно. На территории жилой застройки допустимые значения составляют 55 дБА днем и 45 дБА ночью. Вместе с тем инструментальные замеры, выполненные в различных городах, свидетельствуют о систематическом превышении указанных нормативов, особенно в зонах, прилегающих к транспортным магистралям.

Структура источников шума в современном мегаполисе характеризуется выраженным доминированием транспортной компоненты. На долю автомобильного, рельсового и авиационного транспорта приходится до 70–80 процентов суммарной акустической нагрузки на городское население [4]. Легковые и грузовые автомобили генерируют шум, источником которого служат двигатель внутреннего сгорания, система выпуска отработавших газов и аэродинамические эффекты, а на скоростях выше 60 километров в час преобладающим становится шум от взаимодействия шин с дорожным покрытием. Желез-

нодорожный транспорт создает характерный прерывистый шум с высокими пиковыми значениями, который по степени раздражающего действия превосходит равномерный шум автомобильного потока. Авиационный шум, хотя и носит эпизодический характер, отличается исключительно высокими уровнями звукового давления, достигающими вблизи аэропортов 100 дБА и более.

Наиболее изученным и доказанным последствием длительного шумового воздействия является повышение риска сердечно-сосудистой патологии. Многочисленные когортные исследования и мета-анализы демонстрируют наличие устойчивой положительной связи между уровнем транспортного шума в месте проживания и заболеваемостью артериальной гипертензией, ишемической болезнью сердца и частотой острых нарушений мозгового кровообращения. Установлено, что каждое повышение эквивалентного уровня шума на 10 дБА ассоциировано с ростом относительного риска инфаркта миокарда на 6–8 процентов [5].

Вторым по значимости клиническим исходом является нейросенсорная тугоухость — стойкое снижение слуха, обусловленное поражением звуковоспринимающего аппарата. Профессиональная тугоухость, развивающаяся у работников шумных производств, является классическим примером специфического действия шума, однако в последние годы увеличивается число исследований, свидетельствующих о росте распространенности нарушений слуха и среди населения, не занятого на шумных производствах, но проживающего в условиях хронического транспортного шума.

Управление рисками для здоровья, связанными с шумовым загрязнением, требует комплексного подхода, включающего технологические, архитектурно-планировочные и организационные мероприятия. Технологические методы направлены на подавление шума в источнике

и предусматривают совершенствование конструкций транспортных средств, применение малошумных дорожных покрытий, установку шумозащитных экранов вдоль магистралей и использование глушителей на промышленном оборудовании. Архитектурно-планировочные методы включают рациональное зонирование городской территории с вынесением шумных производств за пределы селитебной зоны, создание санитарно-защитных разрывов, а также применение специальных приемов шумозащитной застройки, таких как ориентация жилых зданий торцом к источнику шума и размещение в первом эшелоне зданий нежилого назначения. Организационные мероприятия включают регулирование транспортных потоков, ограничение движения грузового транспорта в ночное время, контроль соблюдения допустимых уровней шума на строительных площадках и вблизи жилой застройки, а также гигиеническое воспитание населения. Составление карт шума городской территории позволяет выявлять зоны акустического дискомфорта и обоснованно планировать очередность шумозащитных мероприятий.

Хроническое воздействие транспортного и коммунального шума, даже на уровнях, не вызывающих немедленного дискомфорта, инициирует каскад патофизиологических реакций, клиническими исходами которых являются повышение заболеваемости артериальной гипертензией и ишемической болезнью сердца, развитие нейросенсорной тугоухости, нарушения когнитивных функций у детей и рост распространенности тревожно-депрессивных расстройств. Эффективное решение проблемы возможно лишь на пути сочетания технологических инноваций в области шумоподавления, грамотного градостроительного планирования и последовательной просветительской работы с населением.

Литература:

1. Environmental Noise Guidelines for the European Region / World Health Organization. — Copenhagen: WHO Regional Office for Europe, 2018. — 160 p. — ISBN 978-92-890-5356-3.
2. Панкова, В. Б. Профессиональная тугоухость: современные аспекты диагностики и экспертизы / В. Б. Панкова, И. Н. Федина // Вестник оториноларингологии. — 2019. — Т. 84, № 2. — С. 62–67. — DOI 10.17116/otorino20198402162.
3. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и безвредности для человека факторов среды обитания: СанПиН 1.2.3685–21: утв. постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28.01.2021 № 2. — Текст: электронный // КонсультантПлюс: справочная правовая система. — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_375839/
4. Basner, M. Auditory and non-auditory effects of noise on health / M. Basner, W. Babisch, A. Davis // The Lancet. — 2014. — Vol. 383, No. 9925. — P. 1325–1332. — DOI 10.1016/S0140-6736(13)61613-X.
5. Hahad, O. Environmental noise and the cardiovascular system / O. Hahad, S. Kroller-Schon, A. Daiber, T. Munzel // Journal of the American College of Cardiology. — 2018. — Vol. 71, No. 6. — P. 688–697. — DOI 10.1016/j.jacc.2017.12.015.

Исследование сезонных и суточных колебаний показателей качества воды в небольшом искусственном озере

Ганзориг Оргил, студент;
Амаржаргал Мэнджаргал, студент магистратуры
Научный руководитель: Бат-Эрдэнэ Ариунсанаа, PhD, доцент
Монгольский государственный университет (г. Улан-Батор)

В 2022–2023 гг. нами было проведено исследование по определению показателей качества воды (ПКВ) озера Булан, представляющее собой небольшие искусственный водоём, расположенного в городе Дархан (аймак Дархан-Уул аймаг). С целью определения пространственной изменчивости качества воды были выбраны три равномерно распределённые по поверхности точки, в которых проводились измерения. Кроме того, для озёра был построен вертикальный профиль, при котором показатели качества воды измерялись с шагом 1 метр от поверхности до дна. Анализ зимней и летней профилей показал, что в озёре Булан под влиянием ледяного покрова формируется термо-химическая стратификация. В озере Булан, высокая мутность, а также ограниченное образование кислорода в зимний период под воздействием ледяного покрова способствуют накоплению биогенных загрязнений в придонных слоях. В результате этого на глубине 7–8 м наблюдаются резкие изменения показателей качества воды. Летом также образуется устойчивая толстая стратификация в озере, что может сильно повлиять на биогеохимический процесс и на качество воды озера.

Ключевые слова: вертикальное распределение качества воды, небольшое искусственное озеро, растворенный кислород.

В Монголии исследования сезонных термических режимов, вертикального распределения физико-химических параметров и содержания питательных веществ проводились в крупных глубоких озерах, таких как озеро Хувсгул [1] и озеро Увс [2], а также в солёных озерах западной части, таких как Тэлмэн, оз. Ойгон [3], оз. Цэгээн и оз.Хагийн-Хар [4]. Согласно имеющимся данным, 83,7 % всех озёр Монголии составляют небольшие озёра с площадью водной поверхности менее 1 км² [5]. Учёные под руководством Тао сообщили, что в период с 1980 по 2010 годы число небольших озёр на Монгольском плато быстро сокращается [6]. В частности, значительно уменьшилось количество озёр с площадью от 1 до 10 км², при этом полностью высохли 58 озёр общей площадью 220,2 км². Небольшие озёра, расположенные вблизи городских поселений, играют важную роль в экосистеме, обеспечивая возможности для отдыха, бытового водоснабжения, орошения сельскохозяйственных угодий, а также эстетического восприятия окружающей среды, оказывая значительное положительное влияние [7].

Несмотря на то, что эти небольшие озёра и водоёмы подвержены значительному воздействию загрязнения и повышенной нагрузке биогенных веществ, обусловленных антропогенной деятельностью, они до настоящего времени остаются недостаточно изученными [8]. Показатели качества воды (WQP) озёр, особенно вертикальное распределение растворённого кислорода, являются од-

ними из ключевых данных для понимания биогеохимических циклов и изменений содержания питательных веществ в водоёме. В этой связи исследование современных показателей качества воды, и особенностей их вертикального распределения в небольших искусственных озёрах, расположенных вблизи городов, имеет важное значение для понимания будущих тенденций развития озёрных экосистем и их охраны. Целью настоящего исследования является определение суточное и сезонное изменения показателей качества воды озера и их вертикальные распределения.

Метод и материалы исследования

Местоположение: Озеро Булан, расположенное в 3-м районе Баг Дархан-Уульского аймака, находится в 0,6 км от песчано-гравийного карьера. ширина 1,1 км. Это озеро площадью 44,96 гектара [9]. Это озеро расположено в 650 м к западу от Центральной очистной станции в городе Дархан, на восточной стороне реки Хараа. Основным источником питания воды озера являются грунтовые воды и осадки в долине реки Хараа [8].

Методология: Полевые исследования и измерения показателей для оценки качества воды в озере Булан проводились 26 августа 2022 года и 28 февраля 2023 года. В летних и осенних полевых исследованиях использовались небольшая лодка. Показатели качества воды, такие

Таблица 1. Географическое положение озера Булан

№	Точки измерения ПКВ	Географические координаты	
		СШ	ВД
1	Булан-1	49°31'50 "	105°54'49"
2	Булан-2	49°30'52"	105°54'47"
3	Булан-3	49°30'42"	105°54'47"

как pH, температура, мутность (NTU), солёность (%), растворенный кислород (DO) и электропроводность (EC), определялись в выбранных точках озера с помощью мно-

гопараметрического прибора для измерения качества воды (Toadkk, WQC-24, Япония) с интервалом в 1 метр (рис. 1).

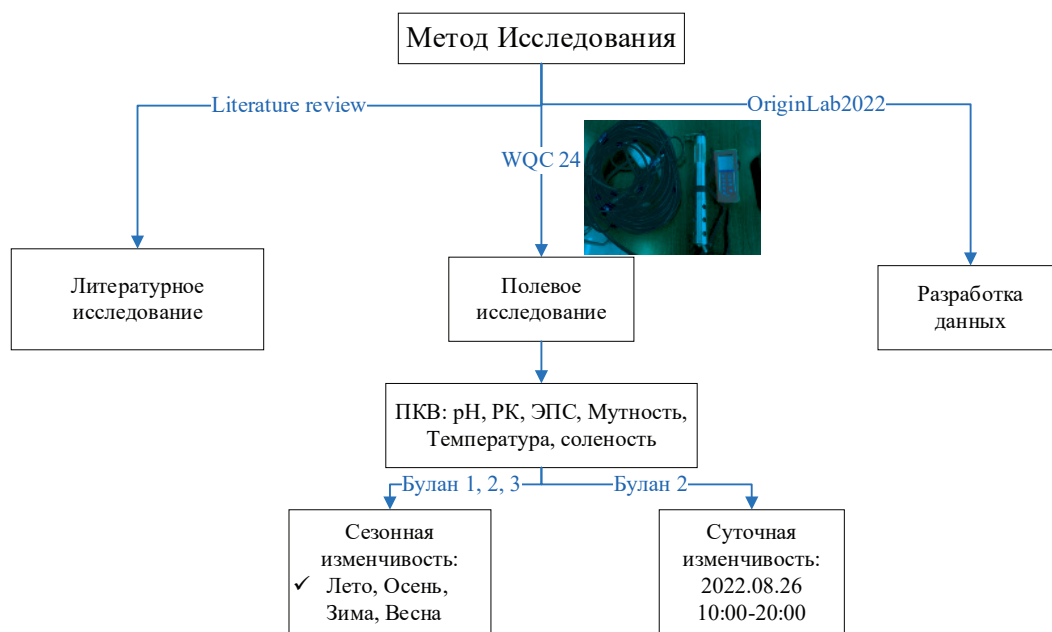


Рис. 1. Метод исследования

Для определения суточной динамики изменений качества воды в озере измерения проводились в центральной части озера, на точке Булан- 2, с 10:00 до 20:00 с двухчасовыми интервалами. Глубина воды в этом точке составляла более 9 м, а параметры качества воды измерялись с интервалом в 1 м от поверхности до дна воды. Калибровка прибора всегда проверялась в лабораторных условиях перед началом полевых работ (рис. 1).

Результат исследования

Суточное изменение показателей качества воды в озере Булан. На точке Булан-2 был проведён детальный анализ суточной динамики показателей качества воды. В 10 часов утра показатель минерализации воды (pH) варьировал от поверхности до глубины 8 м в пределах 7.73 ± 0.63 , тогда как к 12 часам наблюдалось резкое увеличение — от поверхности к глубине значения достигали 8.92 ± 1.55 . Показатель солёности (Salinity) распределялся равномерно и оставался стабильным по всей глубине. Температура воды озера оставалась относительно стабильной до глубины 7 м, однако в интервале 7–8 м наблюдалось резкое снижение температуры с 17.6°C до 16.1°C . Показатель мутности (NTU) на поверхности колебался в пределах 19.3 ± 3.6 , а с увеличением глубины возрастал до 37.5 ± 17 . По профилю растворённого кислорода (DO) в летний период наблюдалась весьма интересная картина. В 10 часов утра содержание растворённого кислорода до глубины 6 м оставалось относительно стабильным и составляло 6.12 ± 0.67 , однако в слое 6–8 м резко снижалось с 5.45 до

0.65 мг/л. В вечернее время, в 20 часов, от поверхности до глубины 3 м содержание растворённого кислорода сохранялось стабильным на уровне 7.37 ± 0.16 мг/л, тогда как в интервале 3–8 м происходило резкое снижение показателя с 7.21 до 2.04 мг/л. Концентрация растворённого кислорода зависит от температуры воды, давления, уровня солёности, а также биологической активности. Водные растения, животные и аэробные бактерии используют кислород в процессе жизнедеятельности. Кроме того, химические процессы окисления также приводят к снижению содержания кислорода (Дорж и др., 2005). При уменьшении содержания растворённого кислорода и повышении температуры воды усиливается метаболическая активность водных растений, вследствие чего возрастает их биохимическая потребность в кислороде. Низкое содержание растворённого кислорода ослабляет водные организмы и делает их более уязвимыми к различным заболеваниям, паразитам и другим видам загрязнения [9].

Суточное изменение показателей качества воды озера Булан вертикальный Профиль был создан с помощью программного обеспечения Origin Pro 2022 (Рис. 2).

Сезонное изменение показатели качества воды в озере Булан

Результаты полевых исследований показали, что pH водной среды находится в пределах 6.21–9.1, что соответствует нейтральной и щелочной среде. Содержание растворённого кислорода в весенний, летний и осенний периоды составляло 2.38–18.5 мг/л, тогда как зимой на-

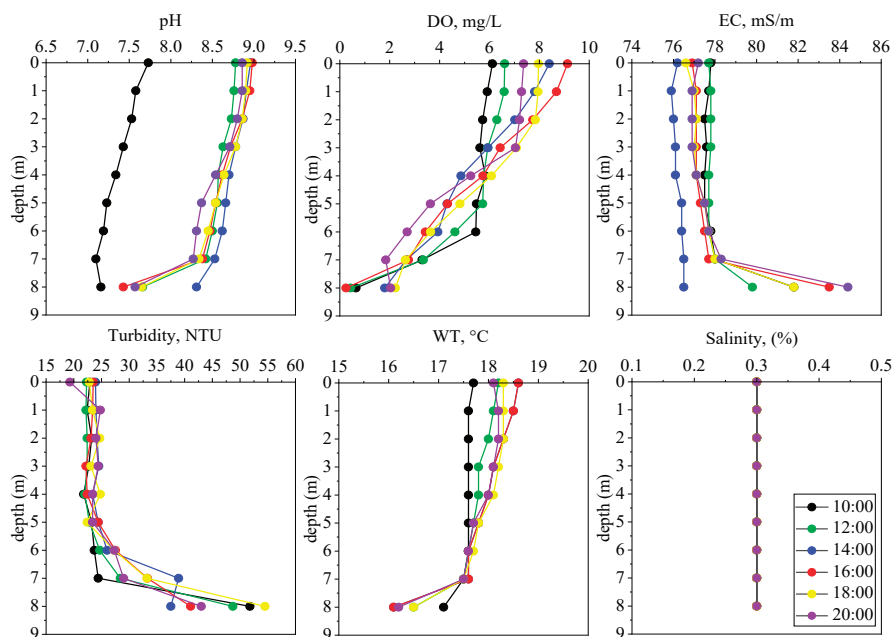


Рис. 2. Озеро Булан. Суточное изменение показателей качества воды, их вертикальный профиль.

Описание: WT — температура воды, ЕС — электропроводность, DO — растворенный кислород, NTU — мутность, Salinity — соленость

блюдались сравнительно низкие значения — 0.98–4.50 мг/л. Эти показатели ниже нормативов для поверхностных вод и характеризуются снижением концентрации кислорода с увеличением глубины. Снижение содержания кислорода, вероятно, связано с потреблением его живыми организмами в придонных слоях, а также с процессами разложения отмерших водных растений, что приводит к уменьшению уровня кислорода в воде. Данный процесс отрицательно влияет на жизненные стадии водных растений и может представлять угрозу гибели рыб [9]. Кроме того, в зимний период из-за недостаточного проникновения солнечной радиации под лёд процессы фотосинтеза ослабевают либо полностью прекращаются. Это может приводить к дефициту кислорода, вследствие чего мелководные озёра становятся бескислородными, а в конце зимы возрастает риск массовой гибели рыбы. Некоторые исследователи также установили, что мелководные озёра, особенно придонные слои воды под ледяным покровом, подвержены кислородному дефициту [10].

Анализ зимнего профиля (рис.3.а) показателей качества воды показывает, что в озере Булан под воздействием ледяного покрова формируется стратификация водной толщи. В результате элементы, биогенные вещества и другие химические соединения в озере становятся малоподвижными и не могут окисляться при контакте с атмосферным воздухом. Вследствие этого в придонных слоях и вблизи донных отложений наблюдается увеличение уровня биогенного загрязнения. Температура воды на глубине составляет около 4°C, что является достаточным условием для разложения органических веществ [11], однако для полного протекания процессов разложения от-

сутствует необходимое количество растворённого кислорода (O_2). Поскольку образование нового кислорода в этих условиях невозможно, концентрация биогенных загрязняющих веществ продолжает возрастать. Весной (рис.3. б) на точке Булан-1 показатель pH водной среды от поверхности до глубины 2 м составлял 8.1 ± 0.2 , тогда как ниже 3 м колебался до 8.9, что соответствует щелочной среде. На точках Булан-2 и Булан-3 измеренные значения находились в пределах 7.5 ± 0.5 . Показатели электропроводности и солёности оставались относительно стабильными по всей глубине. Мутность воды на поверхности составляла 12.1 ± 0.8 NTU, а с увеличением глубины возрастала до 15 ± 1.4 NTU. По сравнению с зимним периодом данный показатель увеличился примерно в 4 раза. Основными факторами, повышающими мутность воды, являются эрозия почв, увеличение содержания питательных веществ вследствие цветения водорослей, сточные воды, а также активность донных организмов, приводящая к перемешиванию донных отложений. Повышенная мутность уменьшает проникновение солнечного света в толщу воды, вследствие чего снижается интенсивность фотосинтеза и уменьшается количество кислорода, вырабатываемого водными растениями [11]. Кроме того, наиболее высокая температура воды на поверхности достигала 10.2°C, что, вероятно, связано с влиянием температуры окружающей среды в момент проведения измерений. Ниже глубины 1 м температура воды озера оставалась относительно стабильной в пределах 6.3–7.6°C, что свидетельствует о недавнем завершении процесса весенней циркуляции (перемешивания) водной массы озера. Содержание растворённого кислорода по сравнению с зимним пе-

риодом резко увеличилось и составило 13.6–18.5 мг/л. Это связано с полным таянием ледяного покрова и активизацией фотосинтетических процессов, сопровождающихся

выделением кислорода. Вместе с тем существует вероятность проникновения талых и грунтовых вод в озеро вследствие сезонного оттаивания почвы.

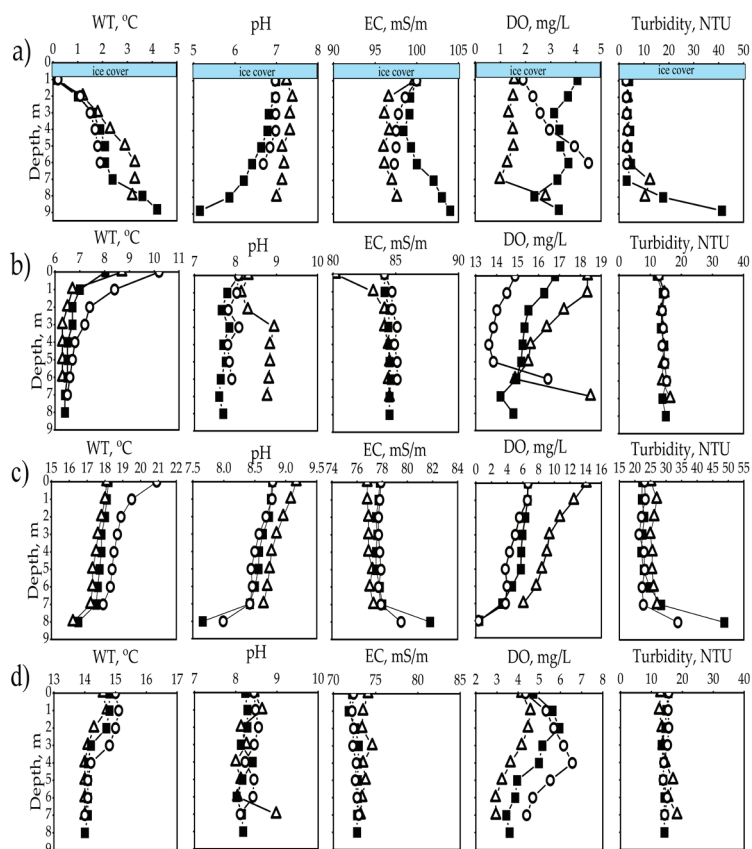


Рис. 3. Вертикальный профиль сезонных изменений показателей качества воды озера Булан. Примечание:

(а) зима (25.02.2022), (b) весна (30.04.2022), (c) лето (27.08.2022) и (d) осень (26.09.2021);

WT — температура воды, EC — электропроводность, DO — растворенный кислород,

NTU — мутность; открытый треугольник — Булан-1, закрытый квадрат — Булан-2,

открытый круг — Булан-3. Источник: [8]; Обновлено 27.08.2022

В летний период (рис.3. c) значения pH воды озера Булан на поверхности колебались в пределах 8.79–9.17. Осеннее состояние озера характеризовалось относительно стабильными показателями, что обусловлено процессами циркуляции воды в озере. Значения pH составляли 8.04 ± 0.94 , температура воды — $12.5\text{--}15.6^\circ\text{C}$, а содержание растворённого кислорода — $2.93\text{--}6.13$ мг/л [12].

Термическая стратификация воды, их толщина.

В природных небольших и мелководных озёрах воздействие ветра может охватывать всю толщу воды, поэтому вода постоянно перемешивается, и устойчивая термическая стратификация обычно не формируется. Однако это не означает, что все небольшие озёра полностью лишены стратификации. Если озеро достаточно глубокое, защищено от ветра или в летний период подвергается сильному прогреву, может возникать временная температурная стратификация. Так как озеро Булан образовалось в гравийном карьере, сравнительно глубокое и узкое озеро. Дж. Падисаз и другие определили формулу под-

счета глубину образования термическую стратификацию в небольших озерах с площадью 0,5–7,5 км.

Установлено, что в мелких и неглубоких озёрах существует тесная взаимосвязь между эпилимнионным слоем и другими показателями качества воды. На толщину эпилимниона в озёрах влияют такие факторы, как температура воды и ветровое воздействие [13]. С увеличением средней ветровой нагрузки на поверхность озера возрастает толщина эпилимнионного слоя. При этом наблюдается сильная зависимость между формой и размерами озера и глубиной эпилимниона. Данная зависимость может быть рассчитана с использованием уравнения (1). Это уравнение применимо для озёр с длиной и шириной в диапазоне 0,5–7,5 км, поэтому его можно использовать для озера Булан.

$$E = 4.4 * \sqrt{\frac{l_{\text{eff}} + w_{\text{eff}}}{2}} \quad \text{Озеро Булан} \quad (1)$$

E (m) = глубина Эпилимниона

Leff (км) = длина водяного зеркала озера

$$W_{eff} \text{ (км)} = \text{ширина водяного зеркала озера. } E = 4.4 * \sqrt{\frac{1.1+0.6}{2}} = 4.05 \text{ м}$$

Согласно расчётам, глубина эпилимниона озера Булан составляет 4–5 м, что хорошо согласуется с результатами проведённых нами измерений. Это свидетельствует о том, что в озере Булан сезонная термическая стратификация формируется дважды в год: зимой и летом.

Вывод. Согласно предыдущим исследованиям, проведенным на озере Булан, загрязнение питательными веществами усиливается зимой и летом и сильно накапливается на дне. В результате на северо-западе озера Булан наблюдается резкое изменение глубины на 7–8 метров. Хотя влияние зимней и летней стратификации воды на физико-химический и биологический цикл весенне-осеннего озера, являющееся основной характеристикой озер, расположенных в северном полушарии, неизбежно, необходимо детально изучить влияние все более коротких зим и более ранней и продолжительной летней стратификации, обусловленных изменением климата.

Литература:

1. E. Tarasova and E. A. Mamontova, “The spatial and time change ability of chemical composition of water of Lake Hovsgol (Mongolia),” *Environmental Chemistry*, vol. 26 (2), no. January, pp. 87–100, 2017.
2. M. Paul, “Limnological aspects of the Uvs Nuur Basin in northwest,” *Technische Universitat Dresden*, 2012.
3. B. Enkhee, B. Chuluun, B. Baatar, S. Nyamdorj, S.-L. Tang, and B. Oyuntsetseg, “Vertical Profile of Water and Sediment in Lake Oigon,” 2021.
4. B. Baatar, B. Chuluun, S. L. Tang, O. Bayanjargal, and B. Oyuntsetseg, “Vertical distribution of physical–chemical features of water and bottom sediments in four saline lakes of the Khangai mountain region, Western Mongolia,” *Environ. Earth Sci.*, vol. 76, no. 3, Feb. 2017, doi: 10.1007/s12665–017–6447–6.
5. “Ж.Цэрэнсодном -Монгол орны нуурын каталог(цэс) УБ2000 — ГЗЦНЦ2022”.
6. S. Tao et al., “Rapid loss of lakes on the Mongolian Plateau,” *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.*, vol. 112, no. 7, pp. 2281–2286, Feb. 2015, doi: 10.1073/pnas.1411748112.
7. M. T. Dokulil and K. Teubner, “Eutrophication and restoration of shallow lakes-the concept of stable equilibria revisited,” 2003.
8. A. Baterdene et al., “Seasonal Variation and Vertical Distribution of Inorganic Nutrients in a Small Artificial Lake, Lake Bulan, in Mongolia,” *Water (Switzerland)*, vol. 14, no. 12, Jun. 2022, doi: 10.3390/w14121916.
9. B. Bayarsaikhan et al., “Study of pond fish, viruses, parasites, bacteria disease,” *Ulaanbaatar, Mongolia*, 2018.
10. “vertikalnaya-stratifikatsiya-vodnyh-mass-v-malyh-ozerah-lesostepnogo-povolzhya”.
11. Жавзан.Ч., Орхон голын сав газрын гидрохими. Шинжлэх ухааны академи. Геоэкологийн хүрээлэн. Улаанбаатар, Монгол: Мөнхийн үсэг ХХК, 2011.
12. З. Баасанжав, “Дархан — уул аймаг дахь булан нуурын усны экологийн төлөв байдлын дархан — уул аймаг дахь булан нуурын усны экологийн төлөв байдлын физик — химийн үнэлгээ,” МУИС, Улаанбаатар, 2022.
13. S. Massé, M. Botrel, D. A. Walsh, and R. Maranger, “Annual nitrification dynamics in a seasonally ice-covered lake,” *PLoS One*, vol. 14, no. 3, Mar. 2019, doi: 10.1371/journal.pone.0213748.

Экологическая ситуация вокруг птицефабрик Оренбургской области

Козловский Николай Сергеевич, аспирант

Научный руководитель: Гамм Тамара Алексеевна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Оренбургский государственный университет имени В. А. Бондаренко

В статье рассмотрены основные экологические проблемы, связанные с деятельностью птицефабрик: загрязнение атмосферного воздуха, водных объектов и почвы, а также влияние на биоразнообразие. Проанализированы источники выбросов и сбросов, выделены ключевые риски для окружающей среды и здоровья населения. Предложены меры по снижению негативного воздействия, включая современные технологии очистки, переработку отходов и организацию санитарно-защитных зон.

Ключевые слова: экология, птицефабрика, загрязнение окружающей среды, экологический мониторинг, экологическая безопасность.

В Оренбургской области вопросы экологии, связанные с деятельностью птицефабрик, вызывают общественный резонанс. Яркий пример — ситуация вокруг

предприятия «Уральский бройлер», которое стало источником жалоб жителей на неприятный запах в жилых районах Оренбурга.

Основные факты:

— Жалобы жителей: В августе жители Северо-Восточного района и посёлка Степной неоднократно сообщали о резком неприятном запахе, особенно в ночное время. Зафиксировано более 70 жалоб.

— Экологические нарушения: По данным Министерства природных ресурсов и экологии, на птицефабрике выявлены нарушения природоохранного законодательства. Внеплановая проверка продолжается, но уже известно о превышении предельно допустимых концентраций (ПДК) по аммиаку в 1,5–2 раза.

— Реакция властей: Губернатор области поручил разобраться в причинах и принять меры. Организованы за-

меры воздуха, приглашены СМИ для контроля ситуации. По итогам проверки виновные будут привлечены к ответственности.

— Общественное недовольство: В связи с ситуацией жители планируют митинг, чтобы привлечь внимание к проблеме загрязнения воздуха и потребовать решения экологических вопросов.

Оренбургская область в целом характеризуется сложной экологической ситуацией. Основные источники загрязнения — промышленные предприятия, транспорт, а также объекты сельского хозяйства. Вклад птицефабрик в локальное загрязнение атмосферы и почвы становится заметным именно вблизи крупных производств и населённых пунктов.

Таблица 1. Основные экологические проблемы вокруг птицефабрик

Проблема	Последствия	Меры контроля
Выбросы аммиака и других газов	Неприятный запах, жалобы	Внеплановые проверки, замеры
Нарушение утилизации отходов	Загрязнение почвы и воды	Контроль Минприроды
Общественные протесты	Привлечение внимания СМИ	Рабочие совещания, митинги

Основные проблемы связаны с отходами производства, такими как помёт птиц, отходы кормов и остатки продуктов переработки птицы. Эти вещества содержат большое количество азота, фосфора и органических соединений, которые при неправильном обращении могут попадать в почву и водоёмы, вызывая эвтрофикацию водоёмов и ухудшение качества питьевой воды.

Промышленные зоны вокруг птицефабрик характеризуются снижением видового разнообразия растений и животных, деградацией почвенного покрова, нарушением естественных экосистем.

Кроме того, птицеводческие комплексы являются источником неприятных запахов, шумового загрязнения и выбросов вредных веществ в атмосферу. Это негативно сказывается на качестве жизни населения близлежащих районов.

Современные технологии позволяют значительно снизить ущерб окружающей среде от деятельности предприятий агропромышленного комплекса. Например, современные очистительные системы помогают минимизировать выбросы вредных газов и пыли в воздух. Компостирование отходов позволяет перерабатывать органику в удобрение, которое можно использовать на полях для повышения урожайности сельскохозяйственных культур.

Для защиты водных ресурсов важно правильно организовать систему стоков и водоподготовки. Использование замкнутых циклов водоснабжения и современных фильтров снижает риск попадания загрязнённых сточных вод в реки и озёра.

Только комплексный подход к управлению отходами и контролю выбросов позволит минимизировать негативное воздействие на окружающую среду и обеспечить устойчивое развитие агропромышленного комплекса.

Экологически чистые методы ведения хозяйства становятся всё более популярными среди производителей мяса птицы. Компании внедряют новые технологии, позволяющие сократить потребление энергии и уменьшить углеродный след своего бизнеса. Всё больше внимания уделяется устойчивым методам управления ресурсами и снижению нагрузки на экосистемы.

Поддерживая принципы устойчивого развития, производители создают благоприятные условия для сохранения природы и здоровья жителей ближайших территорий. Важно продолжать развивать эти направления и поддерживать инициативы, направленные на защиту окружающей среды.

Таким образом, несмотря на существующие риски, современное птицеводство способно стать частью решения глобальных экологических проблем благодаря внедрению инновационных технологий и ответственному подходу к природоохранной деятельности.

Экологическая обстановка вокруг птицефабрик в Оренбургской области требует постоянного мониторинга и ужесточения контроля за соблюдением природоохранных норм. Только комплексные меры — от проверок до внедрения современных технологий утилизации отходов — позволят снизить негативное влияние на окружающую среду и здоровье жителей региона.

Литература:

1. Результаты проверки показали, что «Уральский бройлер» все же отравлял воздух. — Текст: электронный // Вести.Ru: [сайт]. — URL: <https://www.vesti.ru/article/3012975> (дата обращения: 10.05.2026).

2. Состояние экосистем в условиях загрязнения окружающей среды предприятиями агропромышленного комплекса. — Текст: электронный // CyberLeninka: [сайт]. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sostoyanie-ekosistem-v-usloviyah-zagryazneniya-okruzhayuschey-sredy-predpriyatiyami-agropromyshlennogo-kompleksa> (дата обращения: 10.05.2026).
3. Трухачев, В. И. О снижении выбросов загрязняющих веществ птицефабрик путем внедрения наилучших доступных технологий / В. И. Трухачев, О. В. Иванова, Е. А. Селиванов. — Текст: непосредственный // Зоотехния. — 2024. — № 2. — С. 35.
4. Прокуратура, С. р. Прокуратура информирует о проверке ООО «Уральский бройлер» / С. р. Прокуратура. — Текст: электронный // xn—7sbgbmcbujipd9atrecv9ok.xn—p1ai: [сайт]. — URL: <https://xn—7sbgbmcbujipd9atrecv9ok.xn—p1ai/news/prokuratura-informiruet-46> (дата обращения: 10.05.2026).
5. Наилучшие доступные технологии в птицеводстве. — Текст: непосредственный // Красноярский НИИ сельского хозяйства. —, 2024. — С. 170–173.
6. ИТС 42–2023. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям «Интенсивное разведение сельскохозяйственной птицы». — М.: Бюро НДТ, 2024. — Текст: непосредственный.
7. Получение органоминерального удобрения из отходов птицепрома / Л. А. Старыгин, Б. Н. Дрикер, С. В. Залесов, Ю. А. Горбатенко. — Текст: непосредственный // Вестник Кузбасского государственного технического университета. — 2025. — № 1. — С. 46–53.

Молодой ученый

Международный научный журнал

№ 19 (622) / 2026

Выпускающий редактор Г. А. Письменная
Ответственные редакторы Е. И. Осянина, О. А. Шульга, З. А. Огурцова
Художник Е. А. Шишков
Подготовка оригинал-макета П. Я. Бурьянов, М. В. Голубцов, О. В. Майер

За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы.
Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов.
При перепечатке ссылка на журнал обязательна.
Материалы публикуются в авторской редакции.

Журнал размещается и индексируется на портале eLIBRARY.RU, на момент выхода номера в свет журнал не входит в РИНЦ.

Свидетельство о регистрации СМИ ПИ № ФС77-38059 от 11 ноября 2009 г., выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).

ISSN-L 2072-0297

ISSN 2077-8295 (Online)

Учредитель и издатель: ООО «Издательство Молодой ученый». 420029, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.

Номер подписан в печать 20.05.2026. Дата выхода в свет: 27.05.2026.

Формат 60×90/8. Тираж 500 экз. Цена свободная.

Почтовый адрес редакции: 420140, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Юлиуса Фучика, д. 94А, а/я 121.

Фактический адрес редакции: 420029, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.

E-mail: info@moluch.ru; <https://moluch.ru/>

Отпечатано в типографии издательства «Молодой ученый», 420029, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.