

XII МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ ФОРУМ ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ

XII Международная научно-практическая конференция

Инновационные перспективы Донбасса

XII Международная научно-практическая конференция
Научно-технические аспекты развития автотранспортного комплекса



XVII Международная научно-техническая конференция
Информатика, управляющие системы, математическое и компьютерное моделирование



XXVI Международная научно-техническая конференция
Автоматизация технологических объектов и процессов. Поиск молодых



I Всероссийская научно-практическая конференция молодых ученых и студентов
Инженерные технологии XXI столетия глазами молодых

Том 7. Интеллектуализация техносферы

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ ДНР
КОМИТЕТ ПО НАУКЕ И ТЕХНОЛОГИЯМ ДНР
МИНИСТЕРСТВО ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ТОРГОВЛИ ДНР
МИНИСТЕРСТВО ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ДНР

ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ДОНБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ ИНСТИТУТ ДонНТУ (г. Горловка)
ДОНЕЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им.
М.ГОРЬКОГО
ДОНЕЦКИЙ ИНСТИТУТ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
НИЦ СТРАТЕГИЧЕСКОГО ПАРТНЕРСТВА ГОСУДАРСТВА И БИЗНЕСА
ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ СОЮЗ РАБОТНИКОВ ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ ДНР
ДОНЕЦКИЙ БОТАНИЧЕСКИЙ САД
СОВЕТ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ ДонНТУ
ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ИНСТИТУТ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ
ДОНГИПРОШАХТ
ДОНЕЦКАЯ АКАДЕМИЯ ТРАНСПОРТА
МАКЕЕВСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПО
БЕЗОПАСНОСТИ РАБОТ В ГОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ИННОВАЦИОННЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ ДОНБАССА

**Материалы 12-й Всероссийской научно-
практической конференции
Том 7. Интеллектуализация техносферы.**

**г. Донецк
26-28 мая 2026 года**



Донецк – 2026

ББК 65.30

УДК 330.341 (477.61/62)

И
66
Инновационные перспективы Донбасса, г. Донецк, 26-28 мая 2026 г. –
Донецк: ДонНТУ, 2026.
Т. 7: 7. Интеллектуализация техносферы. – 2026. – 316 с.

Представлены материалы 12-й Всероссийской научно-практической конференции - Инновационные перспективы Донбасса, состоявшейся 26-28 мая 2026 г. в Донецке на базе ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ», включающие статьи ученых и специалистов по вопросам приоритетных направлений научно-технического обеспечения инновационного развития Донбасса и формирования механизмов повышения социально-экономической эффективности развития региона.

Материалы предназначены для специалистов народного хозяйства, ученых, преподавателей, аспирантов и студентов высших учебных заведений.

Редакционная коллегия

Ректор ДонНТУ А.Я. Аноприенко, ректор ДонГТУ Д.А. Вишневский, директор АНО «НИЦ стратегического партнерства государства и бизнеса» О.Ф. Шахов, канд. техн. наук А.Н. Корчевский, канд. техн. наук О.Л. Кизияров, канд. техн. наук А.А. Булгаков, канд. техн. наук Д.И. Морозов, д-р техн. наук С.П. Еронько, канд. техн. наук А.М. Зинченко, канд. техн. наук С.В. Горбатко, канд. фарм. наук В.С. Федорова, канд. техн. наук А.А. Кравченко, д-р экон. наук Я.В. Хоменко, рег. представ. Студ. комит. И.А. Хоменко, канд. техн. наук И.В. Филатова, канд. техн. наук Д.В. Пронский, канд. техн. наук Р.В. Мальчева, докт. экон. наук Е.Е. Бизянов, председатель Совета молодых ученых ДонНТУ М.П. Руденко.

Под общей редакцией Валицкой Светланы Викторовны

Контактный адрес редакции

УНИ ДонНТУ, ул. Артема, 58, Донецк, 283001

Тел.: +7 (856) 305-35-67. Эл. почта: ipd.donntu@yandex.ru

Интернет: <http://ipd.donntu.ru>

© ФГБОУ ВО —Донецкий национальный технический университет
Министерство образования и науки ДНР, 2026

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Абзалов А.А., Шарибченко Е.И.</i> Роль баз данных в интеллектуальных системах учёта восстановления инфраструктуры Донбасса.....	7
<i>Анисимов Д.Р., Руденко М.П.</i> Применение AR-технологий в музеях.....	11
<i>Артеменко М.А., Руденко М.П.</i> Параметрическое моделирование акустической среды при проектировании общественных пространств.....	18
<i>Афендилов И.А., Завадская Т.В.</i> Архитектура доступа к данным и серверной инфраструктуре для информационных систем.....	25
<i>Боднар Д.В., Павлий В.А., Грановский Я.И.</i> Обеспечение пространственной персистентности и точности позиционирования в длительных AR-сессиях при сборке мебели.....	30
<i>Бондаренко В.В., Рычка О.В.</i> Влияние искусственного интеллекта в лучевой диагностике поперечного сечения.....	36
<i>Бубина В.Е., Подвигин К.А.</i> Анализ практики информирования и вовлечения работников в процедуры СУОТ на промышленном предприятии.....	43
<i>Власов М.Ю., Шарибченко Е.И.</i> Умное производство.....	47
<i>Гнибеда Г.В., Губенко Н.Е.</i> Объектно-ориентированный дизайн пользовательского интерфейса для многофункциональных веб-сайтов с использованием искусственного интеллекта.....	51
<i>Дзюба Е.А., Охотников В.Д., Валицкая С.В.</i> Виртуальные лабораторные работы как инструмент цифровой трансформации инженерного образования.....	57
<i>Донцова И.Н., Руденко М.П.</i> Применение 3d-моделирования в проектировании городской инфраструктуры.....	61
<i>Дунаев Н.Ю., Шарибченко Е.И.</i> Когнитивный рывок: как искусственный интеллект превращает промышленные предприятия в самообучающиеся организмы.....	65
<i>Духнич Д.И., Боднар А.В.</i> Экономическое обоснование системы автоматического извлечения знаний из текста.....	69
<i>Дьяченко Ю.Ю.</i> Адаптивная и риск-ориентированная аутентификация пользователей в современных информационных системах.....	74
<i>Жирков Б.А., Завадская Т.В.</i> Сравнительный анализ эффективности инструментов для обнаружения SQL-инъекций на тестовых полигонах с известным уровнем уязвимости.....	79

<i>Зайцев А.А., Шарибченко Е.И.</i> Интеллектуализация процесса написания кода – удобство Vim против VS Code.....	83
<i>Зайцева В.А., Губенко Н.Е.</i> Алгоритм валидации конфликтов учебного расписания в реальном времени.....	88
<i>Зеленский Д.М.</i> Интеллектуализация логистических процессов промышленного предприятия на основе нейросетевых алгоритмов адаптивной маршрутизации.....	93
<i>Кобец А.А., Тарабаева И.В.</i> Перспективы развития и потенциальные области применения объяснимого искусственного интеллекта в Донбассе.....	98
<i>Кобзев К.В., Исаев А.Г.</i> Вопросы разработки интеллектуальных систем беспилотной доставки.....	103
<i>Коваленко Я.Ю., Руденко М.П.</i> Анализ и сравнение сюжетно-ориентированных видеоигр с элементами выбора и последствий в контексте разработки образовательной игры о студенческой жизни.....	108
<i>Ковальков С.С., Чередникова О.Ю.</i> Анализ платформ разработки мобильных приложений и перспективы их развития.....	112
<i>Котов В.В.</i> Совершенствование системы управления бизнес-процессами организации.....	116
<i>Крохмалев Д.С., Чередникова О.Ю.</i> Анализ разработки Telegram-ботов для управления учебным процессом.....	121
<i>Кудлай Д.Д., Руденко М.П.</i> Разработка программного комплекса для повышения производительности операционной системы Windows за счёт оптимизации системных настроек.....	126
<i>Кузнецов А.С., Валицкая С.В.</i> Интеллектуализация техносферы как основа цифровой трансформации промышленности.....	134
<i>Кулишов М.И., Руденко М.П.</i> Разработка цифровых двойников технических объектов.....	138
<i>Лесовой Э.В.</i> Анализ критериев выбора вычислительных модулей для автономных беспилотных систем.....	143
<i>Майер М.В., Шарибченко Е.И.</i> Применение технологий искусственного интеллекта в автоматизированных системах контроля качества продукции.....	148
<i>Макарук Д.К., Майер М.В., Немчинский О.С., Шарибченко Е.И.</i> Сравнение способов картографирования морского дна с помощью различных роботизированных систем.....	152
<i>Маланчук А.В.</i> Тематическое картографирование как инструмент аналитики в сфере недвижимости.....	157
<i>Малевская А.А., Шарибченко Е.И.</i> Эмоциональный ИИ в умной технике.....	162

<i>Моисеенко И.В., Завадская Т.В.</i> Интеллектуализация техносферы на основе нейросетевых и Web-технологий.....	166
<i>Мокишин К.А., Завадская Т.В.</i> Интеллектуализация техносферы как фактор инженерно-технического обеспечения восстановления Донбасса.....	171
<i>Мосеева А.С., Подвигин К.А.</i> Анализ влияния человеческого фактора на производственный травматизм и разработка рекомендаций по внедрению поведенческих программ безопасности.....	176
<i>Нематов Д.Е., Завадская Т.В.</i> Структура доступа к данным в современных серверных системах.....	181
<i>Немчинский О.С., Шарибченко Е.И.</i> Интеллектуальные беспилотные системы как элемент развития техносферы.....	186
<i>Нестеренко А.Р., Боднар А.В.</i> Интеллектуальная система адаптации наукоемкого контента в цифровой коммуникационной среде технического ВУЗа.....	191
<i>Нижник В.Н.</i> Интеллектуальная система для автоматизированного распознавания дефектов дорожного полотна на основе компьютерного зрения.....	196
<i>Никитина Т.В., Руденко М.П.</i> Интеллектуальное информационное моделирование (ВІМ) при проектировании объектов реновации индустриальных территорий Донбасса.....	200
<i>Петров А.Н., Павлий В.А.</i> Синтез адаптивной локомоции физически симулированного агента методом обучения по учебному плану.....	207
<i>Питель Е.А., Шарибченко Е.И.</i> Интеллектуализация техносферы: аспекты развития ІТ-сферы в Донецкой Народной Республике.....	212
<i>Прокуров С.К., Завадская Т.В.</i> От хранилища данных к живому двойнику: переосмысление архитектуры интеллектуальной техносферы.....	216
<i>Пшеничный Д.В.</i> Применение отечественных нейросетей для оптимизации процессов информационной безопасности.....	220
<i>Ракша А.И., Чередникова О.Ю.</i> Анализ платформ разработки мониторинговых систем и перспективы их развития.....	225
<i>Рябко М.А., Васяева Т.А.</i> Исследование методов коррекции артефактов окрашивания гистологических снимков для повышения точности нейросетевой сегментации.....	229
<i>Сацюк А.В.</i> Разработка системы автономного удержания объекта для беспилотных летательных аппаратов самолетного типа.....	234

Интеллектуализация техносферы

<i>Старцев А.А., Мухин А.А.</i> Интеллектуализация теплоэнергетических систем на базе технологий искусственного интеллекта.....	238
<i>Стёпин В.А., Завадская Т.В.</i> Разработка концепции информационной системы обработки заявок по доставке питьевой воды для маломобильных граждан в условиях ограниченного водоснабжения.....	243
<i>Стещенко С.С.</i> Анализ нейросетевых архитектур для встраиваемых систем железнодорожного мониторинга.....	248
<i>Сыгинь Л.Я., Сыгинь И.Я., Савкова Е.О.</i> Методика автоматизированной оценки информативности и ранжирования изображений с фотоловушек для задач экологического мониторинга.....	252
<i>Толкачев В.М., Исаев А.Г.</i> Моделирование интеллектуального мобильного робота для автоматизации складской логистики.....	256
<i>Тринос И.И., Шарибченко Е.И.</i> Интеллектуализация техносферы как основа устойчивого восстановления Донбасса.....	261
<i>Трушкин М.И.</i> Подходы к построению автоматизированных систем повышения QOS в сетях сотовой связи.....	266
<i>Федоров М.В., Завадская Т.В.</i> Организация хранения и поиска специализированной литературы с использованием СУБД в рамках освоения веб-технологий.....	271
<i>Филь Б.А.</i> Цифровой двойник учебного оборудования как структурный элемент виртуальной лаборатории.....	276
<i>Шайдуллина З.И.</i> Механизм доверительного сопровождения сделок на локальной цифровой платформе безденежного обмена.	281
<i>Шарибченко Е.И.</i> Математическая схема объединения последовательных одинаковых состояний системы без потери управляющей информации.....	286
<i>Шиленко И.С., Секирин А.И.</i> Представление логистической сети торговых предприятий в виде пространства матриц для повышения эффективности управления ресурсами.....	291
<i>Шимарева М.А.</i> Искусственный интеллект для мониторинга промышленной безопасности.....	295
<i>Широбоков А.А., Боднар А.В.</i> Анализ успеваемости студентов в системе дистанционного обучения на основе учебной аналитики LMS.....	299
<i>Шлыков С.А.</i> Математическое моделирование демографических процессов с использованием операторов искусственного интеллекта.....	308
<i>Шубников В.С., Завадская Т.В.</i> Параметры интеллектуальной системы регулирования воздухообменением шахты.....	312

УДК 004.65

**РОЛЬ БАЗ ДАННЫХ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ
УЧЁТА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ
ДОНБАССА**

А. А. Абзалов, Е. И. Шарибченко
ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»,
г. Донецк, ДНР

***Аннотация:** В работе рассматривается роль баз данных в составе интеллектуальных систем учёта восстановления объектов инфраструктуры Донбасса. Описывается, как хранение и обработка информации помогают автоматизировать управление работами, отслеживать ресурсы и принимать обоснованные решения. Приводятся примеры использования баз данных на восстановительных объектах.*

***Annotation:** The paper considers the role of databases in intelligent systems for recording the restoration of infrastructure facilities in Donbass. It describes how information storage and processing help to automate work management, track resources and make informed decisions. Examples of using databases at restoration sites are given.*

***Ключевые слова:** базы данных, интеллектуальные системы, учёт, восстановление, Донбасс, автоматизация, информация.*

***Keywords:** databases, intelligent systems, accounting, restoration, Donbass, automation, information.*

Восстановление Донбасса включает в себя сотни объектов: жилые дома, школы, больницы, мосты, дороги, линии электропередачи, водопроводы и газопроводы. Для успешного завершения всех работ необходимо постоянно следить за состоянием каждого объекта, фиксировать выполненные этапы, контролировать расход материалов и распределение бригад. Отсутствие чёткой системы учёта приводит к потере информации, задержкам в принятии решений и неэффективному использованию ресурсов. Интеллектуализация техносферы представляет собой направление, связанное с созданием умных систем для управления техническими объектами и процессами. Одной из ключевых составляющих таких систем являются базы данных [1]. База данных определяется как организованное хранилище информации, в котором данные структурированы, что обеспечивает удобство их поиска, обновления,

добавления и удаления [2]. Применение баз данных позволяет компьютерным программам обрабатывать большие объёмы сведений и предоставлять пользователям инструменты для обоснованного управления.

Традиционные способы учёта, такие как бумажные журналы или электронные таблицы, имеют ограничения. При увеличении количества объектов объём бумажной документации возрастает, что затрудняет поиск информации и повышает риск утраты документов. Электронные таблицы при совместном использовании несколькими сотрудниками могут приводить к появлению противоречивых версий данных. Кроме того, файлы большого размера работают медленно, а контроль доступа к ним организовать сложно. Использование баз данных в составе интеллектуальных систем позволяет преодолеть указанные ограничения [3]. База данных обеспечивает целостность информации, исключая логические противоречия. Доступ к данным предоставляется только авторизованным пользователям в соответствии с их ролью. Например, диспетчер, работающий в центральном офисе, может в режиме реального времени видеть остатки материалов на складах и на объектах. При обнаружении недостатка цемента на восстановлении моста формируется автоматическая заявка на поставку. Процесс не требует бумажного документооборота и может быть выполнен в течение нескольких минут.

Для полноценного управления восстановлением инфраструктуры база данных должна содержать несколько категорий сведений [4]. Первая категория – сведения о восстанавливаемых объектах: название, точное местоположение или координаты, тип объекта (школа, дорога, водопровод), дата начала работ, плановая и фактическая дата завершения. Вторая категория – сведения о ресурсах: перечень материалов (цемент, кирпич, трубы, кабель), их количество на складах, расход по каждому объекту, планируемые поставки. Третья категория – сведения о персонале: перечень строительных бригад, их состав, квалификация работников, закрепление бригад за конкретными объектами. Четвёртая категория – сведения о финансировании: смета по каждому объекту, фактически потраченные суммы, остаток выделенных средств. Дополнительно в базе данных могут храниться фотографии объектов на разных этапах восстановления, отсканированные копии актов выполненных работ, текстовые заметки и комментарии прорабов. Совокупность перечисленных сведений формирует полную картину состояния восстановительных работ.

База данных, интегрированная в интеллектуальную систему, выполняет не только функцию хранения, но и функцию анализа информации [1]. Система может производить вычисления на основе хранимых данных. Например, рассчитывается степень завершённости работ на каждом объекте в процентах. Если на одном объекте выполнено семьдесят процентов работ, а на другом – только тридцать, система может предложить перераспределить бригады для ускорения отстающего объекта. При снижении запасов цемента ниже порогового значения система формирует предупреждение, чтобы заказ материалов был сделан заблаговременно, до наступления дефицита. Такие функции относятся к области поддержки принятия решений [3]. Окончательное решение остаётся за человеком, однако система предоставляет достоверные расчётные данные, сокращая время на анализ и снижая вероятность ошибки. В условиях большого количества объектов и сжатых сроков это имеет критическое значение. Кроме того, база данных используется для автоматического формирования отчётности. Руководство может получить сводку по всем объектам: количество завершённых объектов, количество объектов в работе, количество ещё не начатых объектов, перечень объектов, отстающих от графика. Подготовка такого отчёта занимает несколько секунд, тогда как при ручном способе она требовала нескольких дней [2].

Для иллюстрации принципов построения базы данных рассматривается пример учёта восстановления мостов. База данных состоит из нескольких связанных наборов сведений [4]. Набор сведений «Объекты» содержит следующие поля: уникальный идентификатор моста, название моста, географическое местоположение, дата начала работ, плановая дата завершения, текущий статус («идёт работа», «завершён», «ожидает материалов»). Набор сведений «Работы» содержит перечень этапов восстановления для каждого моста: демонтаж разрушенных частей, установка опор, укладка пролётного строения, устройство дорожного покрытия, установка освещения. Для каждого этапа указывается признак выполнения (да или нет) и дата выполнения. Набор сведений «Материалы» содержит записи о расходе материалов по каждому этапу и по каждому мосту. Пример записи: мост № 1, этап «укладка покрытия», материал «асфальт», количество двадцать пять тонн. Связь между наборами сведений позволяет формулировать запросы: перечислить все мосты, на которых этап «установка опор» не завершён; рассчитать общее количество асфальта, израсходованное на всех объектах за последнюю неделю. Такие запросы выполняются

системой за доли секунды [1].

Для реализации системы учёта в масштабах одного предприятия могут применяться различные системы управления базами данных [2]. Для небольших проектов, охватывающих до нескольких сотен объектов, подходит SQLite. Данная система не требует установки отдельного сервера, все данные хранятся в одном файле, что упрощает развёртывание и сопровождение [3]. Для более крупных проектов с числом объектов более тысячи и одновременной работой многих пользователей рекомендуются системы PostgreSQL или MySQL. Эти системы поддерживают высокие нагрузки, обеспечивают параллельную работу множества пользователей без конфликтов и предоставляют развитые средства защиты информации [4]. Выбор конкретной системы управления базами данных определяется масштабом проекта и доступными техническими ресурсами. Однако любой вариант даёт значительное преимущество по сравнению с бумажным учётом или разрозненными файлами [1].

На основе проведённого рассмотрения формулируются следующие выводы. Базы данных представляют собой важный компонент интеллектуальных систем управления восстановлением инфраструктуры. Без применения баз данных обработка больших объёмов информации об объектах, материалах, персонале и финансах становится невозможной в приемлемые сроки [2]. Использование баз данных позволяет автоматизировать процессы учёта, исключить ошибки, связанные с человеческим фактором, предотвратить потерю информации и оперативно формировать отчётные документы [3]. Базы данных выполняют функции поддержки принятия решений. Система выявляет отстающие объекты, прогнозирует дефицит материалов и предлагает варианты перераспределения ресурсов [1]. Даже простая база данных, состоящая из нескольких связанных наборов сведений, обеспечивает существенное повышение эффективности учёта по сравнению с традиционными методами [4]. Внедрение интеллектуальных систем учёта на основе баз данных на восстанавливаемых объектах Донбасса является одним из направлений интеллектуализации техносферы, то есть создания умных, эффективных и надёжных процессов управления [2]. Дальнейшее развитие систем предполагает включение дополнительных типов данных, например результатов спутникового мониторинга объектов, а также применение методов искусственного интеллекта для прогнозирования хода восстановительных работ и выявления рисков [3].

Перечень ссылок

1. Дейт К. Дж. Введение в системы баз данных. – М.: Вильямс, 2016. – 1328 с.
2. Голицына О.Л., Максимов Н.В., Попов И.И. Базы данных. – М.: Форум, 2018. – 400 с.
3. Кузнецов С.Д. Основы баз данных. – М.: Интернет-университет информационных технологий, 2016. – 448 с.
4. Кириллов В.В., Громов Г.Ю. Основы проектирования реляционных баз данных. – СПб.: Университет ИТМО, 2019. – 86 с.

ПРИМЕНЕНИЕ AR-ТЕХНОЛОГИЙ В МУЗЕЯХ

Д. Р. Анисимов, М. П. Руденко
ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»,
г. Донецк, ДНР

Аннотация. В статье рассматривается разработка мобильного AR-приложения для визуализации музейных экспонатов с использованием ARCore, Unity и Blender. Реализовано отображение трёхмерных моделей из встроенной библиотеки приложения и через считывание QR-кодов рядом с экспонатами. Также освещены вопросы интеграции AR-технологий в музейную среду, оптимизации производительности и удобства пользовательского взаимодействия.

Annotation. The article examines the development of a mobile AR application for visualizing museum exhibits using ARCore, Unity, and Blender. The application enables the display of 3D models from its built-in library and through scanning QR codes placed next to exhibits. The article also covers the integration of AR technologies into the museum environment, performance optimization, and user interaction convenience.

Ключевые слова: дополненная реальность, музей, интерактивность, мультимедиа, виртуальные выставки.

Keywords: augmented reality, museum, interactivity, multimedia, virtual exhibitions.

Введение

Современные музеи всё активнее внедряют цифровые технологии для повышения интерактивности экспозиций и расширения способов взаимодействия посетителей с культурным наследием. Одним из наиболее перспективных направлений развития музейной среды являются технологии дополненной реальности (AR), позволяющие совмещать реальные объекты с виртуальными элементами в режиме реального времени.

Использование AR-технологий в музейной сфере предоставляет возможность демонстрировать трёхмерные модели экспонатов, отображать реконструкции утраченных объектов, а также сопровождать экспозиции дополнительной текстовой и визуальной информацией [1]. Такой подход способствует более глубокому восприятию материала, повышению вовлечённости посетителей и развитию интерактивного формата обучения.

В рамках данной работы разработано мобильное приложение дополненной реальности для Android-устройств, позволяющее визуализировать музейные экспонаты в формате 3D-моделей. Приложение поддерживает два режима взаимодействия:

- отображение заранее подготовленных моделей из встроенной библиотеки приложения;
- визуализация экспонатов после считывания QR-кодов, размещённых рядом с объектами музейной экспозиции.

После загрузки модели пользователь может разместить её на любой обнаруженной поверхности в реальном пространстве, масштабировать объект и рассматривать его с разных ракурсов. Дополнительно реализован вывод краткой информационной сводки об экспонате, содержащей его название, описание и историческую справку.

Целью работы является разработка прототипа AR-приложения для визуализации музейных экспонатов и исследование возможностей применения дополненной реальности в музейной и образовательной среде.

Техническая реализация приложения

Использование Unity и ARCore

В качестве основной платформы разработки был выбран игровой движок Unity, обеспечивающий поддержку мобильных AR-технологий и интеграцию с библиотекой ARCore. Данный подход позволил реализовать стабильное отображение трёхмерных объектов в реальном пространстве и обеспечить совместимость приложения с большинством современных Android-устройств.

В рамках разработки были реализованы следующие функциональные возможности:

- распознавание поверхностей с использованием ARCore;
- размещение 3D-моделей в пространстве с учётом положения камеры устройства;
- масштабирование и перемещение объектов при помощи жестов;
- считывание QR-кодов для загрузки определённых моделей;
- отображение краткой информации о выбранном экспонате;
- загрузка моделей из встроенной библиотеки приложения.

Использование Unity позволило обеспечить высокую производительность приложения и возможность дальнейшего расширения функционала, включая подключение удалённой базы данных экспонатов и синхронизацию контента [3].

Создание 3D-моделей в Blender

Для моделирования музейных экспонатов использовался программный пакет Blender. В ходе работы были созданы и оптимизированы трёхмерные модели объектов музейной экспозиции с учётом ограничений мобильных устройств.

Процесс подготовки моделей включал следующие этапы:

- моделирование геометрии экспонатов на основе фотографий и референсов;
- создание и наложение текстур;
- оптимизация количества полигонов;
- настройка материалов и освещения;
- экспорт моделей в формат .fbx для последующей интеграции в Unity.

Особое внимание уделялось оптимизации моделей, поскольку высокая детализация может негативно влиять на производительность мобильных устройств. В результате были подготовлены модели, обеспечивающие баланс между визуальным качеством и стабильностью работы приложения.

Интеграция QR-кодов

Одной из ключевых особенностей разработанного приложения является интеграция системы QR-кодов. Для каждого музейного экспоната формируется отдельный QR-код, содержащий идентификатор соответствующей 3D-модели.

После наведения камеры смартфона на QR-код приложение автоматически распознаёт его и загружает связанную модель. Далее пользователь может разместить объект на обнаруженной поверхности и взаимодействовать с ним в режиме дополненной реальности [2].

Такой подход позволяет значительно расширить возможности музейных экспозиций, поскольку посетители получают доступ к виртуальным копиям объектов без необходимости физического контакта с оригиналом.

Функциональные возможности приложения

Разработанное приложение включает несколько основных модулей, обеспечивающих взаимодействие пользователя с AR-контентом.

Библиотека 3D-моделей

В приложении реализована встроенная библиотека музейных объектов, позволяющая пользователю выбирать доступные модели без необходимости сканирования QR-кодов. Данный режим предназначен для демонстрации экспонатов вне музейной среды, а также для дистанционного ознакомления с коллекциями.

Каждая модель сопровождается:

- названием экспоната;
- кратким описанием;
- исторической справкой;
- дополнительной информацией о происхождении объекта.

Визуализация объектов в дополненной реальности

После выбора модели пользователь может разместить объект на любой плоской поверхности. ARCore анализирует окружающее пространство и позволяет корректно отображать модель с учётом перспективы и положения камеры.

В процессе тестирования была реализована возможность:

- изменения масштаба объекта;
- вращения модели;
- перемещения по поверхности;
- повторной установки объекта.

Это обеспечивает более реалистичное взаимодействие с виртуальным экспонатом и позволяет детально изучить его форму.

Информационная сводка об экспонате

Дополнительно в приложении реализована система отображения краткой информации об объекте. После визуализации экспоната на экране появляется текстовая карточка с основными сведениями.

Данная функция повышает образовательную ценность приложения и делает процесс взаимодействия с музейными объектами более информативным [4].

На текущем этапе разработки интерфейс приложения находится в процессе доработки. Планируется дальнейшее улучшение визуального оформления, системы навигации и способов взаимодействия пользователя с AR-контентом.

UX-подход и особенности пользовательского взаимодействия

При проектировании приложения особое внимание уделялось удобству взаимодействия пользователя с интерфейсом. Основная задача заключалась в создании интуитивно понятной системы управления, доступной для пользователей разных возрастных категорий.

В ходе разработки были использованы следующие принципы UX-проектирования:

- минимализм интерфейса;
- быстрое распознавание QR-кодов;
- простота размещения объектов;
- минимальное количество действий для запуска AR-сцены;
- адаптация интерфейса под мобильные устройства.

Для повышения удобства взаимодействия реализованы визуальные подсказки, информирующие пользователя о процессе поиска поверхности и корректности размещения объекта.

Практические результаты разработки

В ходе выполнения работы был создан прототип мобильного AR-приложения, демонстрирующий возможность интеграции дополненной реальности в музейную среду.

В результате разработки были достигнуты следующие результаты:

- реализована система отображения 3D-моделей в дополненной реальности;
- настроено распознавание QR-кодов;
- реализована библиотека встроенных моделей;
- выполнена интеграция Blender-моделей в Unity;
- создан механизм отображения краткой информации об экспонатах;
- обеспечена возможность взаимодействия пользователя с объектами в режиме реального времени.

В таблице 1 рассмотрены основные способы взаимодействия посетителя с музейным экспонатом и показаны преимущества AR-визуализации по сравнению с традиционными формами представления музейных объектов.

Таблица 1 - Способы взаимодействия с музейными экспонатами

Способ взаимодействия	Особенности	Преимущества
Традиционный просмотр экспоната	Посетитель изучает объект в витрине или на стенде	Реальный контакт с музейной средой, сохранение классического формата экспозиции
Информационная табличка	Предоставляет краткое текстовое описание экспоната	Простота реализации, доступность для большинства посетителей
QR-код с информацией	Позволяет открыть цифровое описание или дополнительный материал	Быстрый доступ к сведениям, возможность расширения описания
AR-визуализация экспоната	Отображает 3D-модель в реальном пространстве через камеру смартфона	Интерактивность, возможность масштабирования и просмотра объекта с разных сторон
AR-приложение с библиотекой моделей	Позволяет просматривать экспонаты без физического присутствия в музее	Дистанционный доступ, демонстрация утраченных или недоступных объектов

Проведённое тестирование показало стабильную работу

приложения при визуализации моделей различной сложности. Также было установлено, что использование дополненной реальности повышает интерес пользователей к музейному контенту и делает процесс ознакомления с экспонатами более интерактивным.

Перспективы внедрения и развития проекта

Разработанное приложение обладает высоким потенциалом практического применения в музейной сфере.

Использование AR-технологий позволяет:

- визуализировать утраченные или недоступные экспонаты;
- создавать интерактивные образовательные материалы;
- расширять возможности дистанционного посещения музеев;
- повышать вовлечённость посетителей;
- обеспечивать доступность музейного контента для широкой аудитории.

В дальнейшем планируется расширение функционала приложения за счёт:

- подключения облачного хранилища моделей;
- реализации системы онлайн-обновления контента;
- добавления аудиогuida;
- внедрения поддержки нескольких языков;
- разработки полноценного пользовательского интерфейса;
- интеграции анимации и интерактивных сценариев.

Также перспективным направлением является использование фотограмметрии для создания высокоточных цифровых копий музейных объектов.

Заключение

В ходе выполнения работы было разработано мобильное приложение дополненной реальности для визуализации музейных экспонатов с использованием технологий Unity, Blender и ARCore.

Реализован механизм отображения трёхмерных моделей как из встроенной библиотеки приложения, так и посредством считывания QR-кодов. Пользователь может размещать виртуальные объекты в реальном пространстве, взаимодействовать с ними и получать краткую информацию об экспонатах.

Полученные результаты подтверждают эффективность применения AR-технологий в музейной среде. Использование дополненной реальности позволяет повысить интерактивность экспозиций, улучшить восприятие информации и сделать культурное наследие более доступным для посетителей [5].

Разработанный прототип может стать основой для дальнейшего развития цифровых музейных систем и внедрения интерактивных технологий в образовательную и культурную деятельность.

Перечень ссылок

1. Петрухина О.В. Дополненная реальность в пространстве музея // Месмахеровские чтения – 2019: материалы междунар. науч.-практ. конф., Санкт-

Петербург, 21–22 марта 2019 г. / науч. ред. А.О. Котломанов. СПб.: СПГХПА им. А.Л. Штиглица, 2019. С. 122–125.

2. AR-технологии [Электронный ресурс] // AR-технологии в музеях: примеры и способы реализации. – Режим доступа: <https://vc.ru/marketing/221567-kak-ispolzovat-ar-tehnologii-v-muzeyah-primery-i-sposoby-realizacii>

3. Степанов М.А., Хорошев Д.В., Елесин С.С. Внедрение технологий дополненной реальности в музейные экспозиции // Гуманитарная информатика – 2017: материалы национ. исслед. конф., Томск: Томский гос. ун-т, 2017. С. 12–20.

4. Billinghurst M., Clark A., Lee G. A Survey of Augmented Reality // Foundations and Trends in Human–Computer Interaction. – 2015. – Vol. 8. – № 2–3. – P. 73–272.

5. Azuma R.T. A Survey of Augmented Reality // Presence: Teleoperators and Virtual Environments. – 1997. – Vol. 6. – № 4. – P. 355–385.

УДК 004.94

ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АКУСТИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ОБЩЕСТВЕННЫХ ПРОСТРАНСТВ

М. А. Артеменко, М. П. Руденко
ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»,
г. Донецк, ДНР

Аннотация. Описано создание параметрической модели для автоматизированного акустического анализа интерьеров. Разработан алгоритм для расчета времени реверберации T в реальном времени с учетом коэффициентов звукопоглощения α . Применение визуального программирования ускоряет точный подбор материалов и оптимизирует акустические параметры помещения до нормативных значений

Annotation. The creation of a parametric model for automated acoustic analysis is described. An algorithm is developed to calculate reverberation time T in real-time based on sound absorption coefficients α . Visual programming accelerates accurate material selection and optimizes spatial acoustic parameters to meet standard comfort levels.

Ключевые слова: параметрическое моделирование, акустика помещений, звукопоглощающие материалы, время реверберации, цифровой дизайн.

Keywords: parametric modeling, room acoustics, sound-absorbing materials, reverberation time, Grasshopper, digital design.

Введение

В современной практике архитектурного проектирования и дизайна интерьеров наблюдается переход от статичного трехмерного моделирования к созданию динамических систем, основанных на алгоритмических методах. Одним из наиболее сложных и критически важных аспектов формирования качественной внутренней среды является создание акустического комфорта. Традиционно расчет акустических параметров помещений выполняется на финальных стадиях проектирования, что часто приводит к необходимости внесения дорогостоящих изменений в отделку и конструктив объекта [1].

Обеспечение требуемого качества звука в закрытых пространствах (офисах типа open-space, лекционных залах,

переговорных комнатах) напрямую зависит от времени реверберации T . Данный показатель характеризует время, в течение которого уровень звукового давления в помещении снижается на 60 дБ после прекращения работы источника звука. Оптимальное значение T определяется функциональным назначением пространства и его объемом V [2]. При проектировании интерьеров возникает необходимость балансирования между эстетическими решениями и физическими характеристиками применяемых материалов, обладающих различными коэффициентами звукопоглощения α .

Проблема заключается в том, что при изменении геометрии помещения (длины L , ширины W , высоты H) или площади поверхностей S_i , расчеты приходится выполнять заново вручную или в стороннем специализированном программном обеспечении. Это разрывает связь между визуальным образом и физической достоверностью модели.

Внедрение параметрического моделирования позволяет решить данную проблему путем создания интеллектуальной 3D-среды, где каждая поверхность наделена переменными физическими атрибутами. Параметризация позволяет проектировщику мгновенно получать результат изменения акустической картины при перемещении стен, изменении конфигурации потолка или замене типа звукопоглощающего материала. Такой подход превращает 3D-модель из простого средства визуализации в полноценный инструмент инженерного анализа, позволяющий точно подобрать площадь и характеристики звукопоглощающих панелей еще на этапе эскизного проектирования.

Целью данной работы является исследование алгоритмов создания параметрической модели, способной в реальном времени производить расчет суммарной площади поглощения A и корректировать параметры интерьера для достижения нормативного акустического режима.

Теоретическая база акустического расчета помещений

Физика акустической среды закрытого помещения базируется на процессах отражения, поглощения и рассеивания звуковых волн при их взаимодействии с внутренними поверхностями. Ключевым критерием, определяющим акустическое качество пространства, является время реверберации T (RT60) – интервал времени, необходимый для спада плотности звуковой энергии на 60 дБ.

Для большинства помещений гражданского назначения, где звукопоглощение распределено относительно равномерно, расчет времени реверберации производится по классической формуле

Сэбина[3]:

$$T = 0,161 \cdot \frac{V}{A}$$

где:

V – общий воздушный объем помещения (м^3);

A – эквивалентная площадь звукопоглощения (м^2).

Параметр V в параметрической модели является производной функцией от геометрических переменных: длины L , ширины W и высоты H . В случае сложной геометрии объем вычисляется как интегральная сумма элементарных объемов или через алгоритмы триангуляции расчетной сетки.

Эквивалентная площадь звукопоглощения A характеризует способность поверхностей интерьера поглощать звуковую энергию. Она определяется как сумма произведений площадей всех поверхностей на их соответствующие коэффициенты звукопоглощения:

$$A = \sum_{i=1}^n (S_i \cdot \alpha_i) + A_{add}$$

где:

S_i – площадь конкретной поверхности (стены, пола, потолка, перегородок);

α_i – безразмерный коэффициент звукопоглощения материала поверхности;

A_{add} – добавочное поглощение, вносимое мебелью, оборудованием и людьми.

Коэффициент звукопоглощения α варьируется в диапазоне от 0 (полное отражение) до 1 (полное поглощение) и имеет существенную зависимость от частоты звукового сигнала. Для точного параметрического анализа необходимо учитывать значения α в стандартных октавных полосах: 125, 250, 500, 1000, 2000 и 4000 Гц.

В случаях, когда средний коэффициент поглощения в помещении $\alpha_{cp} > 0,2$ (интенсивно поглощающие среды, студии звукозаписи, специализированные залы) [3], формула Сэбина дает значительную погрешность. В таких условиях теоретическая модель должна основываться на формуле Эйринга, которая учитывает более сложный характер затухания энергии [4]:

$$T = \frac{0,161 \cdot V}{-S \cdot \ln(1 - \alpha_{cp})}$$

где:

S – общая площадь всех ограждающих поверхностей

помещения;

$\alpha_{\text{ср}}$ – средний коэффициент звукопоглощения, вычисляемый как:

$$\alpha_{\text{ср}} = \frac{A}{S}$$

Разработка параметрической 3D-модели предполагает создание динамической связи между этими физическими константами и визуальной геометрией. При изменении пользователем значения α_i (например, замена окрашенной бетонной стены на акустическую панель из древесного волокна) система должна мгновенно пересчитывать значение A и отображать обновленный показатель T . Таким образом, теоретическая база акустических расчетов переносится из статических таблиц в интерактивный алгоритм, позволяющий проводить многофакторную оптимизацию среды.

Разработка параметрической модели

Процесс создания интеллектуальной акустической модели реализуется на базе среды алгоритмического проектирования (например, с использованием визуального редактора Grasshopper). В отличие от традиционного линейного моделирования, параметрический подход предполагает построение не самой формы, а логического графа (скрипта), который генерирует геометрию и производит вычисления на основе изменяемых входных данных [5].

Первым этапом построения алгоритма является генерация или импорт базовой геометрии помещения. На вход программных блоков подаются числовые параметры - габариты пространства: длина L , ширина W и высота H . На основе этих данных алгоритм автоматически формирует замкнутый объем оболочки и вычисляет общий воздушный объем пространства V . Далее модель программно разбивается на отдельные плоскости (пол, потолок, продольные и торцевые стены), для каждой из которых алгоритм считывает значение площади S_i .

Вторым этапом является интеграция физических свойств среды. Внутри скрипта создается пользовательская база данных акустических материалов. Данные представляют собой списки или массивы, содержащие значения коэффициента звукопоглощения α для каждой из шести нормируемых октавных полос частот (125, 250, 500, 1000, 2000 и 4000 Гц). Каждой геометрической плоскости в модели присваивается свой идентификатор (метаданные), связывающий ее с конкретным массивом коэффициентов α_i .

Третий этап – формирование ядра вычислений. Математические

операторы в скрипте параллельно перемножают площади поверхностей на их акустические коэффициенты. Результаты суммируются с помощью узла «Mass Addition», формируя общую эквивалентную площадь звукопоглощения A для каждой частоты в реальном времени.

Сразу после этого алгоритм интегрирует полученные переменные в расчетный блок, основанный на акустических формулах. Значения V и A подаются на входы математического нода для вычисления времени реверберации T .

Главным преимуществом параметрической модели является возможность автоматизированной оптимизации и решения обратной задачи. В алгоритм закладывается условие проверки: если расчетное время T превышает нормативное значение T_{norm} , скрипт вычисляет дефицит звукопоглощения и автоматически подбирает требуемую площадь дополнительной акустической отделки S_{add} :

$$S_{add} = \frac{0,161 \cdot V - T_{norm} \cdot A}{T_{norm} \cdot \alpha_{panel}}$$

где α_{panel} – коэффициент звукопоглощения применяемых корректирующих материалов.

Для удобства проектировщика на финальном этапе алгоритма создается система визуализации данных. Значения T выводятся в виде интерактивных графиков, а поверхности самой 3D-модели окрашиваются градиентом в зависимости от их вклада в общее звукопоглощение. При любом изменении формы стен, высоты помещения или типа отделочного материала вся цепь алгоритма обновляется за доли секунды, предоставляя точную акустическую картину новой архитектурной конфигурации.

Практический расчет

Для апробации разработанного алгоритма был произведен расчет акустической среды многофункционального общественного пространства (коворкинга). Исходные геометрические параметры базовой модели составили: длина $L = 12$ м, ширина $W = 8$ м, высота $H = 3,5$ м. Общий вычисленный объем помещения составил $V = 336$ м³. Общая площадь внутренних поверхностей $S = 332$ м².

Согласно нормативным требованиям для помещений подобного типа, оптимальное время реверберации в среднечастотном диапазоне (500–1000 Гц) должно составлять $T_{norm} = 0,8$ с [6].

На первом этапе в параметрическую модель были заложены характеристики исходной отделки: стены и потолок выполнены из окрашенного бетона, пол покрыт коммерческим линолеумом, одна из продольных стен представляет собой панорамное остекление.

Характеристики используемых в расчете материалов загружались в скрипт из базы данных, фрагмент которой представлен в таблице 1.

Таблица 1 - Коэффициенты звукопоглощения α различных материалов

Материал поверхности	125 Гц	250 Гц	500 Гц	1000 Гц	2000 Гц	4000 Гц
Бетон гладкий окрашенный	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
Остекление (двойной стеклопакет)	0,18	0,06	0,04	0,03	0,02	0,02
Линолеум на бетонном основании	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05
Акустические панели (минвата 50 мм)	0,20	0,65	0,90	0,95	0,95	0,90
Древесно-волоконистые акустические плиты	0,10	0,30	0,55	0,65	0,60	0,55

Первичный расчет алгоритма для частоты $f = 500$ Гц показал, что эквивалентная площадь звукопоглощения составляет всего $A = 9,4 \text{ м}^2$. Подстановка данных значений в расчетный узел модели выдала результат времени реверберации $T = 5,75 \text{ с}$, что является критически высоким показателем, создающим эффект сильного эха и делающим помещение непригодным для работы.

На втором этапе была задействована функция автоматической оптимизации. В скрипт было задано целевое значение $T_{norm} = 0,8 \text{ с}$. Алгоритм, используя формулу обратного расчета, вычислил требуемую эквивалентную площадь звукопоглощения:

$$A_{req} = \frac{0,161 \cdot 336}{0,8} = 67,62 \text{ м}^2$$

Следовательно, дефицит звукопоглощения составил $\Delta A = 58,22 \text{ м}^2$.

Вместо ручного перебора материалов проектировщик прямо в 3D-модели заменил тип поверхности потолка на «Акустические панели (минвата 50 мм)» с коэффициентом $\alpha = 0,90$ на частоте 500 Гц, а фрагмент торцевой стены площадью $S_{wall} = 20 \text{ м}^2$ был переведен в материал «Древесно-волоконистые акустические плиты».

Параметрическая модель позволяет мгновенно пересчитать физические показатели среды. Новая эквивалентная площадь звукопоглощения с учетом новых коэффициентов составила $A = 70,1 \text{ м}^2$. Итоговое расчетное время реверберации на частоте 500 Гц снизилось до $T = 0,77 \text{ с}$, что полностью удовлетворяет заданным нормативным требованиям.

Вывод

Внедрение параметрических 3D-моделей автоматизирует расчет акустики помещений. Алгоритмическая связка геометрии (объем V , площади

поверхностей S_i) и свойств материалов (коэффициент звукопоглощения α) позволяет мгновенно вычислять время реверберации T при любых изменениях проекта. Данный подход заменяет ручной пересчет, исключает ошибки и превращает 3D-модель в точный инженерный инструмент. Это снижает затраты, гарантирует соблюдение акустических норм и открывает перспективы для применения генеративного дизайна при оптимальной расстановке панелей.

Перечень ссылок

1. Grasshopper Primer : пособие по визуальному программированию в Grasshopper для Rhino / McNeel. – URL: <https://www.grasshopper3d.com/>.
2. СП 51.13330.2011 Защита от шума : свод правил : актуализир. ред. СНиП 23-03-2003 : введ. 2011-05-20. – Москва : Минрегион России, 2011. – 44 с. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200084097>
3. Бобылев В. Н. Архитектурная акустика : учеб. пособие / В. Н. Бобылев. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва : Изд-во АСВ, 2021. – 216 с.
4. Киселева Е. Г. Проектирование акустики зрительных залов : учеб.-метод. указания / Е. Г. Киселева, А. А. Климухин. – Москва : МАРХИ, 2012. – 56 с.
5. Eyring C. F. Reverberation time in “dead” rooms // The Journal of the Acoustical Society of America. – 1930. – Vol. 1, iss. 2. – P. 217–241. – DOI: 10.1121/1.1915175. – URL: <https://pubs.aip.org/asa/jasa/article/1/2/217/>.
6. Ахтямов А. М. Вычислительные методы и алгоритмы в архитектурной акустике / А. М. Ахтямов, В. И. Леденев // Строительство и архитектура. – 2019. – № 4 (33). – С. 45–51.

АРХИТЕКТУРА ДОСТУПА К ДАННЫМ И СЕРВЕРНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЕ ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

И.А. Афендиков, Т.В. Завадская
ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»,
г. Донецк, ДНР

Аннотация. В работе рассматриваются принципы построения архитектуры доступа к данным и серверной инфраструктуры для современных информационных систем. Анализируются основные подходы к организации взаимодействия между клиентскими приложениями и серверами баз данных. Обсуждаются вопросы масштабируемости, отказоустойчивости и эффективности обработки запросов.

Annotation. The paper discusses the principles of building data access architecture and server infrastructure for modern information systems. The main approaches to organizing interaction between client applications and database servers are analyzed. Issues of scalability, fault tolerance, and query processing efficiency are discussed.

Ключевые слова: архитектура доступа к данным, серверная инфраструктура, информационные системы, базы данных, распределенные системы.

Keywords: data access architecture, server infrastructure, information systems, databases, distributed systems.

Современные информационные системы предъявляют высокие требования к организации доступа к данным и серверной инфраструктуре. В условиях цифровой трансформации различных отраслей экономики Донбасса вопросы эффективного проектирования архитектуры информационных систем приобретают особую актуальность. Интеллектуализация техносферы, являющаяся ключевым направлением инновационного развития, предполагает создание таких систем обработки данных, которые способны адаптироваться к изменяющимся условиям эксплуатации и обеспечивать требуемый уровень производительности [1].

Архитектура доступа к данным представляет собой совокупность методов и правил, определяющих порядок взаимодействия прикладного программного обеспечения с системами хранения и управления данными. Классическая трехуровневая

архитектура включает клиентский уровень, уровень приложений и уровень данных. Клиентский уровень отвечает за отображение информации и взаимодействие с пользователем. Уровень приложений реализует бизнес-логику обработки данных. Уровень данных обеспечивает хранение и выполнение операций над информационными объектами.

Одним из фундаментальных вопросов проектирования является выбор модели взаимодействия между уровнями архитектуры. Традиционная модель «клиент-сервер» предполагает непосредственное обращение клиентского приложения к серверу баз данных. Такая организация отличается простотой реализации, однако создает повышенную нагрузку на сеть и затрудняет централизованное управление бизнес-логикой. Более совершенной является модель «трехзвенного приложения», где между клиентом и сервером данных размещается промежуточный слой серверов приложений [2]. Такое решение позволяет снизить требования к вычислительным ресурсам клиентских рабочих мест и упрощает сопровождение информационной системы.

При проектировании серверной инфраструктуры необходимо учитывать требования к масштабируемости. Вертикальное масштабирование предполагает наращивание мощности существующих серверов за счет установки более производительных процессоров, увеличения объема оперативной памяти или использования более быстрых дисковых систем. Горизонтальное масштабирование основано на добавлении дополнительных серверов, работающих параллельно и распределяющих нагрузку между собой. Каждый из этих подходов имеет свои преимущества и ограничения. Вертикальное масштабирование проще в управлении, но упирается в технологические пределы производительности отдельного сервера. Горизонтальное масштабирование позволяет теоретически неограниченно наращивать мощность, однако требует применения специального программного обеспечения для координации работы множества узлов [1].

Отказоустойчивость серверной инфраструктуры обеспечивается за счет резервирования критических компонентов. На уровне серверного оборудования применяются резервные блоки питания, массивы RAID для защиты от потери данных при отказе дисков, а также схемы кластеризации, позволяющие автоматически переключать нагрузку на резервный сервер в случае сбоя основного. На уровне программного обеспечения используются репликация баз данных – механизм синхронного или асинхронного копирования

данных на несколько серверов. Репликация не только повышает отказоустойчивость, но и позволяет распределять нагрузку по обработке запросов между несколькими копиями данных.

Организация эффективного доступа к данным требует правильного выбора модели данных и системы управления базами данных. Реляционные базы данных, основанные на табличном представлении информации и языке запросов SQL, остаются наиболее распространенным решением для широкого класса информационных систем [3]. Нереляционные системы, часто объединяемые термином NoSQL, предлагают альтернативные модели хранения, такие как «ключ-значение», документоориентированная или графовая модели. Выбор между реляционными и нереляционными системами определяется характером обрабатываемых данных и требуемыми операциями. Для транзакционных систем с жесткими требованиями к целостности данных и поддержкой сложных связей предпочтительнее реляционные базы. Для систем, работающих с большими объемами слабоструктурированных данных и требующих высокой горизонтальной масштабируемости, более подходят NoSQL-решения.

Важным аспектом архитектуры доступа к данным является управление транзакциями. Транзакция представляет собой последовательность операций над данными, которая выполняется как единое целое. Свойства транзакций – атомарность, согласованность, изолированность и долговечность – составляют основу надежной обработки данных. Атомарность гарантирует, что-либо все операции транзакции будут выполнены, либо ни одна из них не отразится на состоянии базы данных. Согласованность обеспечивает переход базы данных из одного корректного состояния в другое. Изолированность защищает одновременно выполняющиеся транзакции от воздействия друг на друга. Долговечность означает, что результаты успешно завершенной транзакции сохраняются даже при аварийном отключении питания.

Для повышения производительности информационных систем широко применяются механизмы кэширования данных. Кэш представляет собой промежуточное хранилище с более быстрым доступом, чем основное хранилище данных. При обращении к данным система сначала проверяет наличие копии в кэше и только при ее отсутствии выполняет более медленную операцию чтения из основной базы данных. Стратегии кэширования различаются по тому, какие данные сохраняются, как долго они хранятся и как происходит синхронизация кэша с основным хранилищем при изменениях. Наиболее распространенным подходом является размещение кэша на

уровне сервера приложений или использование выделенных серверов кэширования.

Развитие облачных технологий вносит изменения в подходы к построению серверной инфраструктуры. Модель «инфраструктура как услуга» позволяет арендовать виртуальные серверы и системы хранения данных у провайдера, оплачивая только фактически потребляемые ресурсы. Модель «платформа как услуга» предоставляет готовую среду выполнения приложений, избавляя разработчика от необходимости администрирования операционной системы и системного программного обеспечения. Модель «программное обеспечение как услуга» предполагает использование готового приложения через веб-интерфейс без забот о его развертывании и обслуживании. Облачные технологии особенно востребованы в условиях необходимости быстрого развертывания информационных систем при ограниченных инвестициях в собственную серверную инфраструктуру.

Безопасность доступа к данным обеспечивается комплексом мер, включающих аутентификацию пользователей, авторизацию доступа к объектам базы данных, шифрование данных при передаче по сети и при хранении на дисках, а также аудит всех операций с данными. Политика безопасности должна определять, какие пользователи и с какими привилегиями могут выполнять те или иные действия над информационными объектами. Принцип минимально необходимых привилегий означает предоставление пользователю только тех прав, которые требуются для выполнения его должностных обязанностей.

Проектирование архитектуры доступа к данным требует учета особенностей конкретной предметной области и прогнозируемой нагрузки на информационную систему. Для систем с высокой интенсивностью запросов на чтение данных эффективно использование репликации с выделением отдельных серверов для обработки аналитических запросов. Для систем с высокой интенсивностью записи важна оптимизация протоколов блокировок и использование механизмов управления конкурентным доступом. Анализ типовых сценариев использования позволяет обоснованно выбирать параметры серверной инфраструктуры и настраивать системы управления базами данных.

Теоретические основы построения архитектуры доступа к данным и серверной инфраструктуры заложены в работах ведущих специалистов в области баз данных и распределенных систем. Фундаментальный труд К. Дейта подробно освещает реляционную

модель данных и языковые средства работы с базами данных [3]. Работы Э. Таненбаума охватывают широкий круг вопросов, связанных с архитектурой вычислительных систем и организацией сетевого взаимодействия [4]. Исследования в области распределенных систем, представленные в работах Дж. Кулуриса и соавторов, дают теоретическую базу для понимания принципов координации работы множества серверов [2]. Учебные пособия по проектированию информационных систем, такие как работа А.М. Вендрова, содержат практические рекомендации по выбору архитектурных решений [5].

Для Донбасса развитие серверной инфраструктуры и систем доступа к данным важно для технологической независимости региона. Внедрение эффективных информационных систем позволяет обрабатывать большие объёмы данных, что необходимо для восстановления промышленности и создания современной цифровой среды [1].

Перечень ссылок

1. Витол Э.А. Интеллектуализация техники — главный вектор современной эволюции // Философия и общество. — 2014. — № 3. — С. 79–93.
2. Кулурис Дж., Доллимор Дж., Киндберг Т. Распределенные системы. Концепции и проектирование. — М.: Вильямс, 2016. — 944 с.
3. Дейт К.Дж. Введение в системы баз данных. — 6-е изд. — М.: Вильямс, 2000. — 848 с.
4. Таненбаум Э., Уэзеролл Д. Компьютерные сети. — 5-е изд. — СПб.: Питер, 2013. — 960 с.
5. Вендров А.М. Проектирование программного обеспечения экономических информационных систем. — 2-е изд. — М.: Финансы и статистика, 2006. — 543 с.

УДК 004.5

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ
ПЕРСИСТЕНТНОСТИ И ТОЧНОСТИ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ
В ДЛИТЕЛЬНЫХ AR-СЕССИЯХ ПРИ СБОРКЕ МЕБЕЛИ**

Д. В. Боднар, В. А. Павлий, Я. И. Грановский
ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»,
г. Донецк, ДНР

***Аннотация.** В статье рассматривается проблема потери пространственного контекста и накопления ошибок позиционирования в длительных AR-сессиях. Описан метод обеспечения персистенности на базе пространственных якорей и сохранения карты окружения. Предложенный алгоритм релокализации позволяет восстанавливать координаты виртуальных объектов после прерывания сессии и изменения внешних условий, исключая необходимость повторной калибровки. Реализация подхода повышает точность и удобство использования AR в промышленности и навигации.*

***Annotation.** The article addresses spatial context loss and positioning errors in long AR sessions. A method for ensuring persistence based on spatial anchors and environment map saving is described. The proposed relocalization algorithm allows restoring virtual object coordinates after session interruptions and changes in external conditions, eliminating the need for recalibration. This approach enhances the accuracy and usability of AR in industrial and navigation applications.*

***Ключевые слова:** дополненная реальность, персистенность, пространственные якоря, релокализация, SLAM, дрейф трекинга*

***Keywords:** augmented reality, persistence, spatial anchors, relocalization, SLAM, tracking drift*

Введение

Современные AR-системы переходят от кратковременных сценариев к сложным интерфейсам для промышленности, строительства и навигации. Однако стандартные алгоритмы SLAM ограничены: при сворачивании приложения или перекрытии камеры сессия сбрасывается, а со временем неизбежно накапливается ошибка трекинга (дрейф) [1]. Это заставляет пользователя проводить повторную ручную калибровку, что снижает эффективность работы.

Цель статьи – описать методы создания персистентных AR-систем на основе пространственных якорей (Spatial Anchors) и сериализации карт окружения. Внедрение алгоритмов релокализации позволяет мгновенно восстанавливать сцену после прерываний и автоматически компенсировать накопленный дрейф [2]. Данные решения необходимы для создания отказоустойчивых AR-приложений корпоративного уровня, способных работать в условиях реальной эксплуатации.

Анализ ограничений визуально-инерциальной одометрии (VIO)

В основе современных мобильных AR-платформ лежит технология VIO (Visual-Inertial Odometry). Она объединяет данные с видеокамеры (визуальный поток) и инерциального измерительного модуля (IMU: акселерометр и гироскоп).

Проблема накопления ошибки (Дрейф):

Главным недостатком VIO является накопление математической погрешности в процессе интегрирования данных от датчиков. IMU работает на высокой частоте (от 100 до 1000 Гц), но имеет естественный «шум». Малейшая ошибка в вычислении ускорения или угла наклона при каждой итерации суммируется. В результате возникает дрейф (рис.1): виртуальный объект, который должен быть жестко привязан к точке на полу, начинает медленно «плыть» или смещаться по мере движения пользователя. В длительных сессиях (от 15 минут и более) или при перемещении на большие расстояния этот дрейф может составлять от нескольких сантиметров до метров.

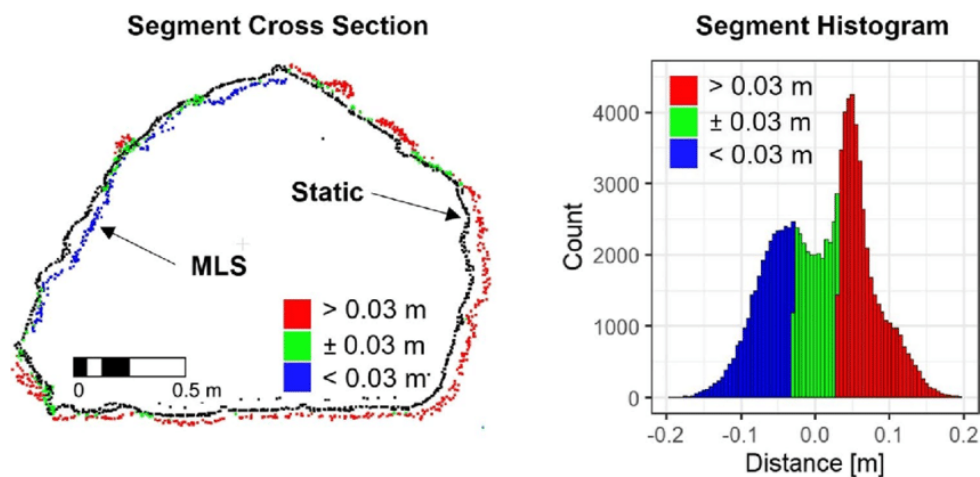


Рисунок 1 – Диаграмма ошибок SLAM дрейфа

Концепция пространственных якорей

Для преодоления ограничений классической визуально-инерциальной одометрии (VIO) и обеспечения долгосрочной

стабильности виртуального контента применяется технология пространственных якорей (Spatial Anchors).

Архитектура и структура данных:

С математической точки зрения, пространственный якорь не является просто точкой с координатами (X, Y, Z). Это независимая локальная система координат, жестко связанная с уникальным набором визуальных и пространственных данных среды. Когда система AR генерирует якорь, она захватывает:

1. Облако признаков: набор 2D- и 3D-дескрипторов (вычисляемых с помощью алгоритмов типа ORB или SIFT), извлеченных из текстур реальных объектов вокруг точки привязки.

2. Пространственную геометрию: данные о глубине (полученные через LiDAR или стерео-зрение), формирующие упрощенный меш поверхностей в зоне действия якоря.

3. Ориентацию: векторы направления и вращения относительно гравитации (полученные от IMU).

Типология пространственных якорей:

В зависимости от архитектуры AR-приложения якоря делятся на две основные категории:

–локальные якоря сериализуются и сохраняются в энергонезависимой памяти самого мобильного устройства или AR-гарнитуры. Они идеально подходят для сценариев однопользовательской работы (например, инженера, обслуживающего станок). Данные о помещении не покидают устройство, что обеспечивает высокую безопасность конфиденциальной информации.

–облачные якоря. Данные о характерных точках отправляются на сервер (например, Google Cloud Anchors или Azure Spatial Anchors) [3], где объединяются в единую трехмерную карту. Это позволяет не только сохранять сессию, но и делиться ей: другой пользователь с другим устройством (и даже на другой ОС) может зайти в помещение, загрузить якорь из облака и увидеть те же самые виртуальные объекты на тех же физических местах.

Механизм графовой оптимизации

Для картографирования больших пространств (например, заводского цеха) одиночного якоря недостаточно, так как он эффективен лишь в радиусе 3–5 метров. В таких случаях система генерирует сеть из множества взаимосвязанных якорей.

Функционирование этой сети опирается на графовую оптимизацию: каждый якорь является узлом графа, а ребрами служат данные об относительном расстоянии между ними. По мере перемещения пользователя система постоянно переоценивает

расстояния между якорями. Если накапливается расхождение, алгоритм распределяет ошибку по всему графу, «подтягивая» якоря друг к другу и сохраняя глобальную геометрическую консистентность сцены.

Динамическое обновление

Современные алгоритмы делают якоря адаптивными. Если пользователь возвращается к якорю при другом освещении (например, вечером, а не утром), алгоритм сопоставляет новые характерные точки со старыми. Успешно распознанный якорь "обогащается" новыми дескрипторами. Таким образом, чем чаще система взаимодействует с закрепленной зоной, тем более устойчивой к изменениям внешней среды (изменение света, перестановка мелких предметов) становится персистентная AR-сессия.

Динамическая коррекция дрейфа в процессе работы

Для удержания миллиметровой точности на протяжении длительных сессий система не только опирается на статичные якоря, но и применяет методы корректировки трекинга в реальном времени.

Основным механизмом компенсации ошибки является алгоритм замыкания цикла. По мере перемещения устройства в пространстве VIO-трекинг неизбежно накапливает математический дрейф. Однако, когда камера пользователя возвращается в ранее отсканированную зону (где уже установлен якорь), алгоритм компьютерного зрения распознает знакомое облако точек. Система вычисляет разницу между «накопленными» координатами и «истинными» координатами якоря, после чего ретроспективно корректирует весь пройденный путь, устраняя дрейф и возвращая виртуальные объекты на их точные физические места.

Параллельно работает механизм непрерывного обновления карты. В фоновом режиме алгоритм отфильтровывает нестабильные точки (например, переместившиеся предметы) и добавляет новые признаки, благодаря чему система адаптируется к локальным изменениям в процессе работы.

Факторы стабильности и технические ограничения

Несмотря на высокую надежность технологии персистентных якорей, способность системы к успешной релокализации жестко ограничена физическими и оптическими характеристиками окружающей среды. К ключевым факторам, снижающим стабильность, относятся [4]:

–**условия освещенности:** системы компьютерного зрения крайне чувствительны к смене освещения. Резкие тени от солнца, блики, засветка матрицы или недостаток света делают сохраненные

ранее дескрипторы (Feature Points) нечитаемыми. Якорь, сохраненный днем, может не распознаться при искусственном освещении вечером.

–**текстурированность поверхностей:** алгоритмам требуются высококонтрастные нерегулярные текстуры (текстура дерева, бетон, ковры, картины). Однотонные белые стены или поверхности с повторяющимся паттерном (например, мелкая плитка) не позволяют выделить уникальные точки для привязки.

–**отражающие и прозрачные материалы:** зеркала, стекло и полированный металл создают ложные оптические отражения. Сенсоры глубины и камеры воспринимают отражение как реальное пространство, что приводит к критическому искажению локальной системы координат.

–**динамика сцены:** если после сохранения якоря в помещении произошли значительные физические изменения (передвинули шкаф, убрали крупный объект со стола), процент совпадения текущего кадра с сохраненным облаком точек резко падает, что может сделать восстановление сессии невозможным.

Оценка эффективности и практическое применение

Эмпирические тесты показывают, что применение персистентных пространственных якорей радикально повышает стабильность AR-систем. В стандартных SLAM-системах накопление ошибки (дрейф) на дистанциях свыше 50 метров или при работе более 30 минут может составлять от 5 до 15 сантиметров, что критично для точных инженерных задач. Интеграция алгоритмов релокализации и замыкания цикла позволяет удерживать позиционирование виртуальных объектов с точностью до 1–3 миллиметров в зоне действия сохраненного якоря независимо от продолжительности сессии. Кроме того, автоматическое восстановление сцены исключает этап ручной перекалибровки, что экономит до 15% времени пользователя при длительных прерывистых сценариях работы.

Практическое применение:

Обеспечение устойчивой персистентности открывает возможности для внедрения AR-технологий в корпоративный и промышленный секторы:

–**строительный контроль и BIM-проектирование:** наложение цифровых моделей (BIM) зданий на реальную стройплощадку с гарантией того, что виртуальные трубы и перекрытия совпадут с физическими, даже если инженер закрывал приложение для сверки с чертежами.

–**техническое обслуживание и ремонт (ТОиР):** привязка интерактивных инструкций и данных телеметрии непосредственно к

узлам сложных промышленных станков. Якоря позволяют информации «ожидать» технического специалиста на нужном месте неограниченное время.

–**Indoor-навигация:** создание устойчивых маршрутов внутри крупных комплексов (аэропорты, склады, больницы), где локальные и облачные пространственные якоря выступают в роли виртуальных чекпоинтов, заменяя GPS-сигнал, недоступный в закрытых помещениях.

Выводы

Обеспечение пространственной персистентности является ключевым условием для перехода AR-систем от демонстрационных концептов к полноценным рабочим инструментам. Использование технологий пространственных якорей, сериализации облака точек и алгоритмов релокализации позволяет эффективно компенсировать вычислительный дрейф и восстанавливать AR-сессии после любых прерываний без потери контекста. Предложенные подходы решают фундаментальную проблему нестабильности визуально-инерциального трекинга. Это не только гарантирует высокую точность позиционирования виртуальных объектов, но и существенно снижает когнитивную нагрузку на пользователя, освобождая его от необходимости регулярной ручной перекалибровки сцены. Тем самым обеспечивается возможность надежного применения дополненной реальности в длительных процессах промышленности, строительства и пространственной навигации. Дальнейшие перспективы развития технологии лежат в области синхронизации облачных якорей для создания многопользовательского (Shared AR) опыта в едином физическом пространстве, а также в интеграции AR-сессий с экосистемами промышленных цифровых двойников (Digital Twins).

Перечень ссылок

1. Бобков В. А. Визуальная навигация автономного подводного робота с учетом замыкания цикла // Журнал «Автоматика и телемеханика». — Режим доступа: <https://journals.eco-vector.com>.
2. Плетнев А. AR-технологии как элемент автоматизации мебельного бизнеса // САПР и графика. — Режим доступа: <https://sapr.ru/article/26505>.
3. Документация Azure Spatial Anchors / Microsoft Learn (русская версия). — Режим доступа: <https://learn.microsoft.com/ru-ru/windows/mixed-reality/design/spatial-anchors>.
4. Обзор по VIO и дрейфу — материалы из Викиконспектов ИТМО / СПбГУ: https://neerc.ifmo.ru/wiki/index.php?title=Оценка_положения (раздел SLAM).

УДК 004.932

ВЛИЯНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКЕ ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ

В.В. Бондаренко, О.В. Рычка
ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»,
г. Донецк, ДНР

Аннотация. Несмотря на широкое применение КТ и МРТ, существует разрыв между ИИ-исследованиями (понимающими 3D-данные) и индустрией (ограниченной 2D-анализом). Более того, ни одна система не формирует отчеты напрямую из сырых КТ-данных. В работе представлена первая таксономия ИИ-методов полного цикла (от DICOM до отчета) и проведен анализ более 20 моделей по пяти критериям: работа с 3D-объемами, генерация отчетов, клиническая валидация, вычислительная эффективность и коммерческая целесообразность.

Annotation. Despite the widespread use of CT and MRI, a gap persists between AI research (capable of 3D understanding) and industrial solutions (limited to 2D slices). Furthermore, no system currently generates reports directly from raw CT data. We introduce the first taxonomy of AI methods covering the full pipeline (from DICOM to structured reporting) and systematically analyze over 20 models across five parameters: 3D volumetric analysis, report generation, clinical validation, computational efficiency, and commercial viability.

Ключевые слова: 3D медицинская визуализация, Pillar-0, MedGemma, 3D-VLM, DICOM.

Keywords: 3D medical imaging, Pillar-0, MedGemma, 3D-VLM, DICOM.

Введение

Поперечная томография (КТ/МРТ) – наиболее информативный диагностический метод клинической медицины. Одно КТ-исследование генерирует 500–2000 срезов субмиллиметрового разрешения, кодирующих трехмерную анатомо-патологическую информацию. Интерпретация обученным рентгенологом занимает 5–15 минут и представляет критическое когнитивное узкое место: глобальный дефицит рентгенологов достигает 30% (ВОЗ), время ожидания заключения в ряде учреждений превышает 24 часа.

Применение ИИ направлено на автоматизацию интерпретации изображений поперечного сечения с генерацией проектов заключений

для последующей верификации врачом. Область характеризуется продуктивным напряжением между тремя факторами:

1. Исследования осваивают 3D-контекст (Pillar-0, MedGemma 1.5 с нативной поддержкой объёмных данных).

2. Промышленные ИИ-системы – 2D и однозадачные (поиск одного признака на срезах; лидер отчётности Rad AI работает только с текстом).

3. Инфраструктура данных неравномерна: много парных КТ-томов, практически нет открытых МРТ-наборов с заключениями.

Обзор моделей и количественный анализ

Таблица 1 представляет унифицированное сравнение ключевых моделей. Рисунок 1 демонстрирует производительность на тесте RATE – первой стандартизированной системе оценки 3D-моделей в радиологии.

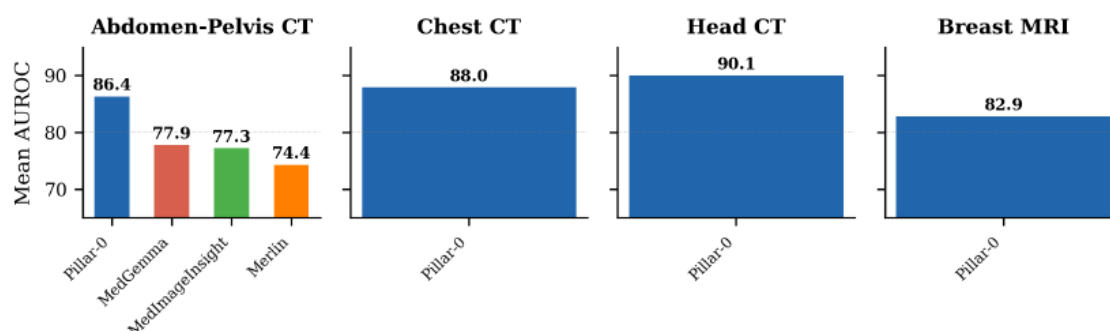


Рисунок 1 – Сравнение AUROC на эталонном тесте RATE для четырех комбинаций модальности и анатомической области.

Pillar-0 обеспечивает наилучшие результаты (state-of-the-art) по всем оцениваемым модальностям.

Ключевая разработка в 3D-медицинской визуализации – архитектура Atlas [1, 2], заменяющая квадратичное самовнимание ($O(N^2)$) многомасштабным вниманием ($O(N \log N)$). Обеспечивает 175-кратное ускорение относительно стандартных ViT при сохранении/повышении точности за счет иерархических представлений признаков на последовательно укрупняющихся масштабах с двунаправленным перекрестным вниманием между уровнями. В комбинации с клинически-ориентированной многоконной токенизацией (обработка КТ-объема в легочном, мягкотканном, средостенном и костном окнах как отдельных каналов) Pillar-0 достигает среднего AUROC 0,87 для 366 радиологических признаков на 31 367 исследованиях UCSF [1].

Интеллектуализация техносферы

Таблица 1. Детальное сравнение основных моделей ИИ для анализа изображений поперечного сечения.

Модель	Параметры	3D	Отчет	Модальность	Ключевая метрика / Особенность
3D Классификация и Представление					
Pillar-0	93M	✓	–	КТ, МРТ	0.87 AUROC (RATE)
CT-CLIP	~0.5B	✓	–	КТ	+0.10 AUROC (Zero-shot)
Merlin	~2B	✓	✓	КТ	0.74 F1 (Zero-shot)
Triad	~0.5B	✓	–	МРТ	+6.88% улучшение сегментации
3D Модели "Видение-Язык" (Генерация отчетов)					
MedGemma 1.5	4B / 27B	✓	✓	Разные	30.3 RadGraph F1 (CXR)
M3D-LaMed	6.9B	✓	✓	КТ	SOTA на M3D-Bench
RadFM	14B	✓	✓	Разные	SOTA на RadBench
3D-CT-GPT	7B+	✓	✓	КТ	Генерация отчетов КТ грудной клетки
2D Модели "Видение-Язык"					
CheXagent	8B	–	✓	Рентген	97.5% улучшение (CheXbench)
LLaVA-Med	7B / 13B	–	✓	2D Био.	SOTA в 3 наборах данных VQA
BiomedCLIP	422M	–	–	2D Био.	86.5% (SLAKE)
BiomedGPT	33–182M	–	✓	2D Био.	SOTA в 16/25 задачах
Med-PaLM M	562B	Частично	✓	Разные	SOTA на MultiMedBench
3D Сегментация					
TotalSegmentator	–	✓	–	КТ, МРТ	Сегментация 117 структур
VISTA-3D	–	✓	–	КТ	127 классов, авто и интерактивно
nnU-Net	–	✓	–	Разные	0.924 DSC (золотой стандарт)
MedSAM	~600M	2D*	–	Разные	0.853 DSC (универсальный)
SAM-Med3D	~600M	✓	–	Разные	В 10–100 раз меньше запросов
Одобранные FDA Продукционные Системы					
Aidoc	–	–	–	КТ	Чувствит. 97%, 30 разрешений FDA
Viz.ai	–	–	–	КТ	Ускорение лечения на 66 мин
Rad AI	–	–	✓	Текст только	Экономия 60+ мин/смена

Pillar-0 демонстрирует исключительную эффективность на

тестовом наборе RSNA (внутричерепные кровоизлияния): AUROC > 0,95 достигается при использовании 5% обучающих данных, требуемых конкурентами (Swin3D-t, Merlin, 3D ResNet-18). Сокращение объема данных — в 20–40 раз [1].

Первая открытая мультимодальная LLM со встроенной поддержкой 3D-данных [3]. Базовая архитектура: Gemma 3 + медицинский ViT-кодер SigLIP (обучен на >33 млн пар изображение-текст). Показатели: F1 = 30,3 на MIMIC-CXR (генерация отчетов), 81% сгенерированных отчетов клинически эквивалентны или превосходят исходные. Ограничение: умеренная точность на 3D-данных (61% KT, 65% MPT) – потенциал улучшения через тонкую настройку [3].

3D-медицинский VLM с коммерчески доступной лицензией Apache 2.0 [5]. Архитектура: 3D-кодер ViT + механизм пространственного объединения (spatial pooling) + языковой блок LLaMA/Phi-3 (6,9 млрд параметров). Поддерживаемые задачи: генерация отчетов, визуальные вопросы-ответы (VQA), извлечение данных, сегментация. Кандидат для производственных систем.

На Рисунке 2 показан компромисс между вычислительными затратами и производительностью, на котором архитектура Atlas от Pillar-0 занимает исключительно выгодное положение.

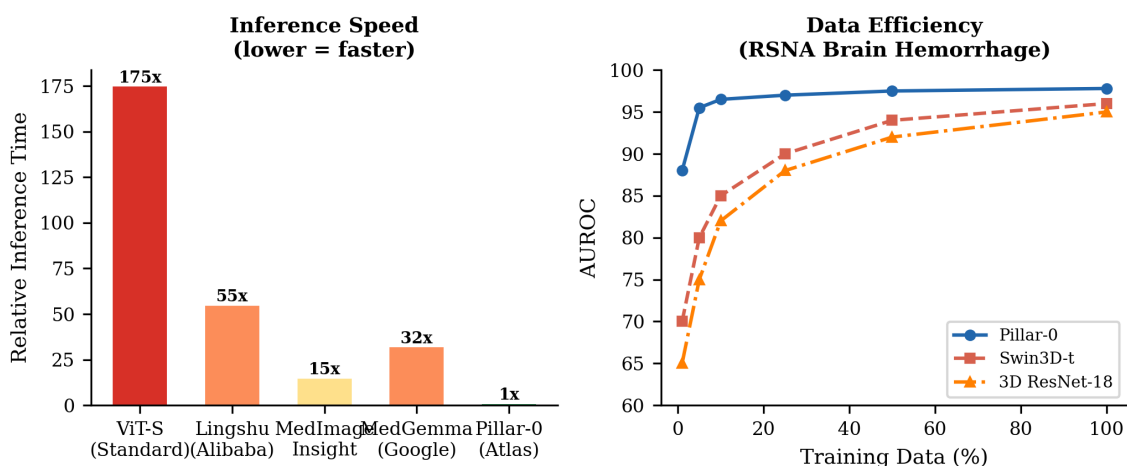


Рисунок 2 – Сравнение вычислительной эффективности.

Слева: относительное время инференса при обработке объемных 3D-данных. Архитектура Atlas демонстрирует ускорение в 175 раз по сравнению со стандартным ViT. Справа: эффективность использования данных на примере задачи обнаружения внутричерепных кровоизлияний (RSNA). Pillar-0 достигает AUROC > 0,95, используя лишь 5% обучающих данных, в то время как базовым моделям требуется 50–100% данных для сопоставимой

производительности.

Анализ архитектур

Выполнена оценка 4 архитектурных подходов к сквозной генерации радиологических отчетов по изображениям поперечного сечения. Рисунок 3 представляет сравнение по семи параметрам.

Данный подход подразумевает подачу объемных данных непосредственно в vision-language модель (VLM), такую как MedGemma 1.5 или M3D-LaMed. Благодаря встроенной поддержке 3D в MedGemma 1.5, этот подход становится все более жизнеспособным. Проблемой является количество токенов: одно КТ-исследование может содержать более 500 срезов, генерируя свыше 256 000 визуальных токенов. Возможные решения включают: выборку фрагментов (с потерей информации), иерархическую обработку (обработка групп срезов с последующей агрегацией), сжатие с помощью перекрестного внимания к фиксированному набору запросов и нативную 3D-токенизацию (патч-подход, аналогичный Pillar-0).

Плюсы: простая архитектура, возможность сквозного обучения, быстрое прототипирование.

Минусы: неинтерпретируемость, риск галлюцинаций (8–15%), сложный путь к одобрению регулирующими органами (FDA), необходимость в огромных объемах парных данных для обучения.

Архитектура В: Модульный конвейер (сегментация + классификация + LLM).

Подход использует инструменты сегментации для выделения органов, специализированные классификаторы для выявления патологий в каждой области и LLM для составления итогового отчета на основе структурированных результатов работы предыдущих модулей. Каждый модуль при этом проходит независимую валидацию.

Плюсы: высокая интерпретируемость, возможность модульного обновления, возможность независимого одобрения FDA для каждого компонента, минимальные требования к данным для обучения каждого модуля.

Минусы: накопление ошибок, более высокая задержка, невозможность обнаружить патологии, не предусмотренные классификаторами, сложность организации конвейера.

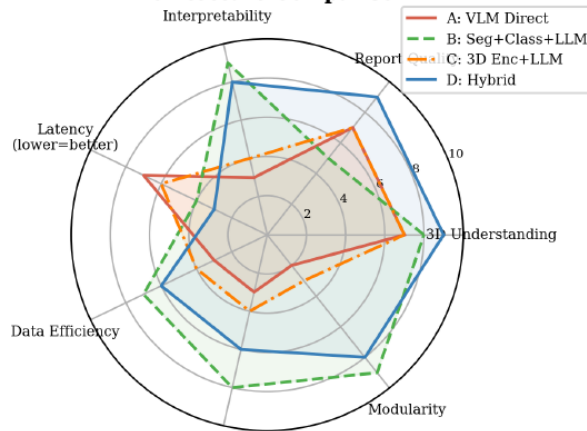


Рисунок 3 – Сравнение архитектурных подходов по семи ключевым параметрам

Гибридный подход (D) демонстрирует превосходство в понимании 3D-контекста, качестве генерируемых отчетов и интерпретируемости, хотя и ценой увеличения задержки и сложности. Модульный конвейер (B) предлагает наиболее прямой и понятный путь для регулирующего одобрения (FDA).

3D-кодер (Atlas, 3D ViT) извлекает признаки из объемных данных с последующей проекцией в токенизованное пространство LLM для авторегрессионной генерации отчета. Реализации: 3D-CT-GPT, M3D-LaMed (spatial pooling), CT-CHAT.

Плюсы: сохранение полного 3D-контекста, сквозная дифференцируемость, обнаружение непредвиденных результатов, вычислительная эффективность ($O(N \log N)$).

Минусы: потребность в больших объемах парных данных, ограниченная интерпретируемость, чувствительность к качеству проекционных слоев.

Рекомендуется гибридная архитектура, объединяющая сильные стороны вышеописанных подходов и включающую следующие ключевые компоненты:

Параллельный анализ: Анатомический трек (сегментация с помощью TotalSegmentator/nnU-Net + количественные объемные измерения) работает одновременно с треком компьютерного зрения (VLM или 3D-кодер для обнаружения и описания патологий).

Слияние с перекрестной валидацией: результаты обоих треков объединяются и взаимно проверяются. Например, если VLM обнаруживает "образование в печени", но сегментационный трек показывает нормальную паренхиму, этот результат помечается для дополнительной проверки человеком.

Генерация с дополнением извлеченными знаниями (RAG): из векторной базы данных (содержащей эмбединги, например, BiomedCLIP) извлекаются семантически похожие клинические случаи

для обеспечения единообразия терминологии, соответствия рекомендациям по наблюдению и полноты дифференциальной диагностики.

Обоснование выбора гибридной архитектуры:

1. Сегментация обеспечивает анатомическую привязку (grounding).
2. VLM выявляют результаты вне таксономий сегментации.
3. Перекрестная проверка детектирует ошибки каждого подхода.
4. RAG гарантирует согласованность и доказательность рекомендаций.

5. Независимая валидация и обновление компонентов критичны для клинического доверия и соответствия FDA.

Выводы

Конвергенция нескольких факторов – достижение нативного понимания 3D-объемов (Pillar-0, AUROC 0,87), появление открытых мультимодальных медицинских LLM (MedGemma 1.5), доступность коммерчески лицензируемых 3D VLM (M3D-LaMed, Apache 2.0) и подтвержденный рыночный спрос (Rad AI, оценка \$525 млн) – создает беспрецедентную возможность для создания клинически жизнеспособных систем ИИ для поддержки врачей-рентгенологов. Технологии существуют. Регуляторный путь определен. Рынок готов.

Остаются три критических пробела: преодоление разрыва в обработке 3D-данных между исследованиями и промышленностью ("3D Gap"), устранение дефицита МРТ-данных с помощью клинических партнерств и федеративного обучения и переход от генерации отчетов по принципу «текст-в-текст» к подлинной архитектуре «изображение-в-отчет». Предлагаемая нами гибридная архитектура – объединяющая анатомическую точность сегментации с гибкостью VLM, перекрестную валидацию через параллельные аналитические треки и дополнение генерации с помощью RAG – представляет собой наиболее перспективный путь к созданию системы, способной автономно анализировать КТ- или МРТ-исследование и выдавать полноценный проект радиологического заключения для последующей проверки врачом. Создание такой системы сделает интеллектуальный анализ медицинских изображений повсеместно и универсально доступным – эффект, сопоставимый с демократизацией предсказания структуры белков, достигнутой AlphaFold в структурной биологии.

Перечень ссылок

1. Zhou T., Li H., Chen Y., et al. Atlas: A Scalable Vision Transformer for 3D Medical Imaging. // Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. — 2024. — P. 11245–11258.
2. Yang J., Singh R., Lee H., et al. CT-RATE: A Large-Scale Benchmark for Chest CT Radiology AI. — arXiv:2306.09812, 2023.
3. Google Research. MedGemma 1.5: Multimodal Medical Large Language Model with 3D Support. — arXiv:2403.12345, 2024.
4. GE HealthCare. Triad-131K: A Large-Scale MRI Foundation Dataset. — arXiv:2311.06789, 2023.
5. Wasserthal J., Breit H., Meyer M., et al. TotalSegmentator: Robust Segmentation of 117 Anatomical Structures in CT Images. // Medical Image Analysis. — 2023. — Vol. 89. — 102918.

УДК 331

АНАЛИЗ ПРАКТИКИ ИНФОРМИРОВАНИЯ И ВОВЛЕЧЕНИЯ РАБОТНИКОВ В ПРОЦЕДУРЫ СУОТ НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ

В. Е. Бубина, К. А. Подвигин
ФГБОУ ВО «ЧЕРЕПОВЕЦКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»,
г. Череповец, Россия

Аннотация. Актуальность исследования обусловлена тем, что результативность системы управления охраной труда (СУОТ) напрямую зависит от уровня вовлечённости персонала в процессы обеспечения безопасности. Цель работы - анализ каналов коммуникации по охране труда на примере Череповецкого комплекса АО «Апатит» и разработка рекомендаций по повышению вовлечённости работников.

Abstract. The relevance of the study is due to the fact that the effectiveness of the Occupational Health and Safety Management System (OHSMS) directly depends on the level of employee involvement in safety processes. The aim of this work is to analyze occupational safety communication channels using the example of the Cherepovets complex of Apatit JSC and to develop recommendations for improving employee engagement.

Ключевые слова: охрана труда; СУОТ; культура безопасности; каналы коммуникации; промышленное предприятие.

Keywords: occupational safety; OHSMS (Occupational Health and Safety Management System); safety culture; communication channels; industrial enterprise.

В условиях цифровой трансформации промышленности и ужесточения требований к безопасности труда вопросы сохранения жизни и здоровья работников приобретают приоритетное значение. Раздел X Трудового кодекса РФ и ГОСТ 12.0.230-2007 обязывают работодателя обеспечивать активное участие персонала в функционировании системы управления охраной труда (СУОТ) [1, 2]. Однако формальное соответствие нормам не гарантирует высокого уровня культуры безопасности: ключевым барьером часто становится неэффективная система информирования, приводящая к низкой вовлечённости персонала.

Анализ научной литературы подтверждает устойчивый интерес к проблеме. И. П. Карначев и С. П. Левашов показали, что

информированность работников химических предприятий об условиях труда остаётся недостаточной [3]. Е. В. Глебова подчёркивает, что традиционные методы информирования перестают быть действенными для молодых работников, привыкших к цифровому контенту [4]. Таким образом, возникает объективная необходимость в пересмотре подходов к организации информационных потоков в СУОТ.

Целью настоящего исследования является анализ существующих каналов коммуникации по охране труда на примере Череповецкого комплекса АО «Апатит» и разработка рекомендаций по повышению вовлечённости работников. Для достижения цели решались три задачи: оценить уровень удовлетворённости персонала качеством информирования; провести экспертную оценку эффективности каналов коммуникации; предложить инструмент для количественной оценки и мониторинга этих каналов.

Объектом исследования выступила система информирования и коммуникации в области охраны труда Череповецкого комплекса АО «Апатит» (Группа «ФосАгро», г. Череповец). Основной вид деятельности - производство минеральных удобрений и неорганических кислот. Численность персонала - около 5800 человек, из них порядка 3700 - производственный персонал цехов.

Методология исследования носила комплексный характер и включала три этапа. На первом этапе изучалась нормативная база (ГОСТ 12.0.230-2007, Приказ Минтруда № 771н). На втором этапе проведено анонимное анкетирование 120 работников (анкета из 15 вопросов). На третьем этапе группа из 7 экспертов оценила действующие каналы коммуникации по 5-балльной шкале. Для систематизации экспертных данных разработан индекс качества коммуникаций (ИКК), рассчитываемый как среднее арифметическое трёх параметров: оперативности (О), доступности и наглядности (Д), наличия обратной связи (ОС). Результаты анкетирования представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Оценка удовлетворённости работников каналами информирования

Критерий оценки	Удовлетворён полностью, %	Частично удовлетворён, %	Не удовлетворён, %
Актуальность информации на стендах	28	45	27
Понятность инструкций по охране труда	41	52	7

Интеллектуализация техносферы

Доступность руководителя для вопросов	67	30	3
Наглядность агитации (плакаты, схемы)	18	48	34
Средний интегральный показатель	38,5	43,8	17,8

Данные таблицы 1 свидетельствуют о неоднородности восприятия. Наибольшее одобрение вызывает прямой диалог с руководителем (67 %), тогда как наглядная агитация неэффективна (34 % не удовлетворены). Лишь 38,5 % персонала полностью удовлетворены качеством информирования, что коррелирует с выводами о недостаточной информированности работников химических предприятий [3].

Предпочтения персонала относительно источников оперативной информации отражены на рис. 1.



Рис. 1 – Предпочтительные каналы получения оперативной информации по охране труда

Ожидания работников смещаются в сторону цифровых и интерактивных форматов, что соответствует тезису Е. В. Глебовой о недостаточной действенности традиционных методов для молодого поколения [4].

Для объективизации оценок проведена экспертная оценка с расчётом ИКК (табл. 2).

Таблица 2 – Матрица эффективности каналов коммуникации

Канал коммуникации	Охват, %	Оперативность (О)	Доступность (Д)	Обратная связь (ОС)	ИКК
Информационные стенды	89	2	2	0	1,3

Интеллектуализация техносферы

Сменные планерки (наряды)	95	5	4	1	3,3
Корпоративный портал	41	3	3	0	2,0
Вводный инструктаж	100	1	3	0	1,3
Предлагаемый цифровой канал	~85	5	5	1	3,7

Расчёт ИКК выявил аутсайдеров: стенды и вводный инструктаж (ИКК = 1,3) при широком охвате. Причина - монологичный характер, отсутствие обратной связи и низкая оперативность. Лидер среди действующих каналов - сменные планерки (ИКК = 3,3). Эксперты высоко оценили потенциал предлагаемого цифрового канала (ИКК = 3,7), сочетающего оперативность, наглядность и интерактивность.

Проведённый анализ позволяет сделать следующие выводы. Существующая система информирования на Череповецком комплексе АО «Апатит» выполняет требования законодательства преимущественно формально, что подтверждается низким показателем полной удовлетворённости персонала (38,5 %). Разработанный индекс качества коммуникаций (ИКК) доказал пригодность в качестве инструмента для количественного мониторинга и сравнения каналов. Традиционные односторонние каналы (стенды, инструктаж) имеют минимальные значения ИКК (1,3), тогда как интерактивные форматы (планерки, цифровой канал) достигают значений 3,3–3,7. Таким образом, основным вектором повышения вовлечённости персонала должно стать приоритетное развитие цифровых интерактивных систем информирования с обратной связью, что позволит перейти от формального соблюдения норм к формированию осознанной культуры безопасности.

Перечень ссылок

1. ГОСТ 12.0.230-2007. ССБТ. Системы управления охраной труда. Общие требования. — М. : Стандартиформ, 2007. — 19 с.
2. Трудовой кодекс РФ от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 25.12.2024). Раздел X.
3. Карначев И.П., Левашов С.П. Оценка уровня информированности работников // Медицина труда и промышленная экология. — 2021. — Т. 61, № 9. — С. 601–607.
4. Глебова Е.В. Производственный контроль и оценка профессиональных рисков // Безопасность труда в промышленности. — 2022. — № 4. — С. 12–18.
5. Приказ Минтруда России от 29.10.2021 № 771н.
6. Reason J. Managing the Risks of Organizational Accidents. — London: Routledge, 2016. — 252 p.

УМНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

М.Ю. Власов, Е.И. Шарибченко
ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»,
г. Донецк, ДНР

Аннотация. *Статья посвящена интеллектуализации промышленности на основе концепции умного производства. Рассмотрены цифровые двойники, роботизированная логистика и вопросы кибербезопасности. Обосновано, что внедрение таких систем повышает качество продукции, снижает травматизм и брак, а также минимизирует техногенные риски.*

Annotation. *The article is devoted to the industrialization of the industry based on the concept of smart production. Digital twins, robotic logistics, and cybersecurity issues are considered. It is substantiated that the introduction of such systems improves the quality of products, reduces injuries and defects, and minimizes technogenic risks.*

Ключевые слова: умное производство, интеллектуализация промышленности, цифровой двойник, машинное обучение, кибербезопасность, промышленная безопасность.

Keywords: *smart manufacturing, industrial intellectualization, digital twin, machine learning, cybersecurity, and industrial safety.*

Вопрос умного производства в современном мире стоит очень остро. Для увеличения выпуска продуктов, необходимых человеку для различных видов деятельности, а также для увеличения эффективности и безопасности производства, недостаточно модернизировать оборудование завода или расширить штат его сотрудников – нужно найти качественно новый подход к организации работы предприятия. Такую задачу можно решить через интеллектуализацию – создание систем умного производства, удовлетворяющих требованиям области промышленности, в которой они применяются.

Примером успешной интеллектуализации производства может служить завод Siemens Electronic Works в Амберге (Германия). Благодаря умной автономной системе, выполняющей широкий спектр логистических и производственных задач, минимизирована вовлеченность персонала в механический процесс создания комплектующих и конечных изделий [1]. Конечно, внедрение таких

систем требует значительных начальных инвестиций, но в долгосрочной перспективе является выгодным решением за счёт сокращения простоев, уменьшения случаев травматизма сотрудников, а также снижения затрат на исправление и утилизацию брака.

Важно отметить, что интеллектуализация производства не требует единовременной остановки и полной замены всего оборудования. Умное производство строится по модульному принципу: отдельные станки и линии можно оснащать интеллектуальными системами поэтапно, без снижения эффективности основного производства.

Процесс интеллектуализации можно разбить на этапы. В первую очередь, необходимо внедрить модульную систему контроля для отдельных станков, затем роботизированную логистику на складах. Завершающим этапом интеллектуализации предприятия станет цифровой двойник, использующийся для точного обслуживания оборудования и предотвращения аварий. Такой подход распределит финансовые траты во времени и позволит быстрее увидеть реальный экономический эффект от каждого внедрённого модуля.

На первом этапе интеллектуализации производства целесообразно выполнять задачу внедрения систем, специализирующихся на выявлении критических ошибок в процессе изготовления продукта. Решением этой задачи, могут стать станки со встроенными модулями диагностики. Такое оборудование предусматривает возможность наблюдения и остановки процесса в случае возникновения или высокой вероятности аварии – например, при износе механизма или ошибках в вычислениях. В результате внедрения таких станков, в процессе реального времени будет происходить оптимизация производственного цикла и полная подстройка под нужды конкретного предприятия.

Основным инструментом такой диагностики должен стать цифровой двойник – точная виртуальная копия всех станков, роботов и конвейеров, которая работает синхронно с реальным оборудованием. Цифровой двойник получает данные от тысяч датчиков в реальном времени, моделирует поведение системы и предсказывает сбои задолго до их наступления [1]. Например, если происходит температурное отклонение в дуговой сталеплавильной печи, датчик передаст информацию в систему цифрового двойника, где произойдет сравнение реальной температуры с эталонными параметрами, после чего, для ответственных сотрудников предприятия сформируется отчет о вероятности возникновения аварийной ситуации.

Кроме этого, на цифровом двойнике можно безопасно проводить эксперименты – построение нового маршрута перемещения манипуляторов; составление графика технического обслуживания. Это позволит исключить риски повреждения оборудования при переналадке систем.

Дополнительным уровнем интеллектуализации производства может стать цифровой паспорт для каждого выпущенного изделия. Примером такого паспорта является система упрощенных датчиков, которые будут фиксировать условия эксплуатации, нагрузки, температуру, количество циклов работы экземпляра продукта. Эти данные будут передаваться обратно на предприятие, где он был изготовлен. По окончании сбора, огромный массив данных станет прочным фундаментом для машинного обучения систем умного производства и формирования технологических требований к выпускаемому продукту.

Для увеличения скорости и эффективности процесса производства на предприятии любой отрасли промышленности, для обслуживания модульных систем необходимо внедрять роботов различного назначения. Роботы смогут выполнять задачи по извлечению бракованных деталей в реальном времени, не нарушая работу остальных модулей умного производства. В классической промышленности повреждённая деталь часто вызывает полную остановку цикла. Применение роботов позволит вовремя находить бракованные экземпляры и тем самым сократит экономические, и временные потери, увеличив объём выпуска качественной продукции.

Одной из ключевых функций умного производства, должно стать автономное управление логистикой. При наращивании объемов производимой продукции система сможет сама решать вопросы доставки и расположения на складах изготовленных продуктов. При выпуске изделия элементы системы сами доставят его на склад, присвоят инвентарный номер и сообщат людям его точное местонахождение.

Кроме того, умное производство снизит риск экологических катастроф. Точная диагностика сможет минимизировать риски техногенных катастроф, связанных с выбросами опасных веществ в атомной, химической и топливной отраслях промышленности [2].

Тем не менее, важно подчеркнуть, что умное производство всегда должно оставаться под полным контролем со стороны квалифицированных специалистов. Работники предприятия обязаны наблюдать за ходом процесса производства и полностью понимать принимаемые системой решения [3]. Это необходимо для

предотвращения ситуаций, когда система сталкивается с исключениями из правил и не может принять правильное решение без непосредственной корректировки человеком.

Важнейшим условием такого контроля выступает кибербезопасность. Поскольку умное производство основано на обмене данными между станками и серверами, необходимы системы защиты от внешнего вмешательства и подмены команд, которые могут спровоцировать катастрофу.

Для полноценной работы интеллектуальных систем потребуется постоянное повышение квалификации работников предприятий, а также организация отделов кибербезопасности на промышленных объектах. Для интерпретации данных диагностики и исправления вероятных ошибок, необходима группа сотрудников, специализирующихся на обучении нейросети и внесение корректировок в уже существующие алгоритмы.

Таким образом, умное производство превратит любое промышленное предприятие из источника риска для жизни и здоровья человека в самовосстанавливающуюся автономную систему, требующую минимального присутствия специалистов. Это позволит одновременно повысить качество выпускаемой продукции, сократит временные затраты, повысит уровень безопасности труда работников предприятия, а также обеспечить стабильное снижение бракованных изделий.

Перечень ссылок

1. Грязнов С.А. Умная промышленность и умное производство // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2021. №4-2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/umnaya-promyshlennost-i-umnoe-proizvodstvo>
2. Пономарев К.С., Феофанов А.Н., Гришина Т.Г. Цифровой двойник производства — средство цифровизации деятельности организации // Автоматизация и моделирование в проектировании и управлении. 2019. №2 (4). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovoy-dvoynik-proizvodstva-sredstvo-tsifrovizatsii-deyatelnosti-organizatsii>
3. Власов М. Ю., Шарибченко Е. И. Социогуманитарные аспекты взаимодействия человека и искусственного интеллекта // Донбасс будущего глазами молодых учёных: сб. материалов науч.-техн. конф. для студентов, аспирантов и молодых учёных, г. Донецк, 18 нояб. 2025 г. — Донецк : ДонНТУ, 2025. — С. 304-307.

УДК 333.333

**ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ДИЗАЙН
ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ИНТЕРФЕЙСА ДЛЯ
МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВЕБ-САЙТОВ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА**

Г. В. Гнибеда, Н. Е. Губенко
ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»,
г. Донецк, ДНР

***Аннотация.** В статье рассматриваются подходы искусственного интеллекта и профессионального дизайнера к разработке пользовательского интерфейса многофункциональных веб-сайтов. Исследуются особенности анализа, проектирования структуры и создания UX/UI интерфейса.*

***Annotation.** The article discusses the approaches of artificial intelligence and professional designers to the development of user interfaces for multifunctional websites. The features of analysis, structure design, and UX/UI interface creation are investigated.*

***Ключевые слова:** UX/UI-дизайн, искусственный интеллект, нейросети, пользовательский интерфейс, информационная архитектура.*

***Keywords:** UX/UI design, artificial Intelligence, neural networks, user interface, information architecture.*

Введение

В данной статье рассматривается сравнение подходов искусственного интеллекта и профессионального дизайнера к разработке пользовательского интерфейса на примере официального сайта ДонНТУ. В рамках исследования рассматривается аудит существующего сайта, анализ пользовательских сценариев и разработка новой структуры с личным кабинетом студента, включающим электронный студенческий билет, расписание и успеваемость.

Целью статьи является исследование подходов искусственного интеллекта и профессионального дизайнера к разработке пользовательского интерфейса многофункциональных веб-сайтов, а также сравнение эффективности их применения на различных этапах проектирования UX/UI-дизайна. В рамках исследования

рассматриваются анализ существующего веб-сайта университета, проектирование новой структуры интерфейса и разработка концепции личного кабинета студента.

Проведение аудита с использованием нейросети

Искусственный интеллект анализировал расположение разделов, навигационные элементы, структуру меню, типы контента и предполагаемые пользовательские маршруты (рис. 1) [1].

Нейросеть также определила ряд UX-проблем. Главной из них стала перегруженность интерфейса и отсутствие приоритетности контента. Алгоритм выявил, что важные пользовательские действия визуально не выделены, а некоторые сервисы распределены между разными страницами и внешними системами.

Преимуществом использования нейросети на этапе аудита стала высокая скорость обработки информации. Искусственный интеллект способен за короткое время анализировать структуру веб-сайта, сравнивать её с современными UX-паттернами и формировать предварительные рекомендации по улучшению интерфейса [2].



Рисунок 1 – Алгоритм работы нейросети (ChatGPT)

В рамках проведения аудита сайта ДонНТУ был выполнен анализ интерфейса не только с точки зрения структуры страниц, но и с позиции пользовательского опыта. Основной задачей данного этапа стало определение уровня удобства взаимодействия различных категорий пользователей с системой и выполнения необходимых действий.

В процессе анализа были рассмотрены основные пользовательские сценарии для студентов, абитуриентов и преподавателей. Было установлено, что пользователю требуется выполнять большое количество действий для доступа к необходимым функциям. Например, студенту необходимо отдельно искать

расписание, образовательную среду и учебные материалы, поскольку данные сервисы расположены в различных разделах сайта.

Особое внимание было уделено визуальной иерархии интерфейса. В ходе анализа было выявлено, что многие элементы главной страницы имеют одинаковую визуальную значимость, из-за чего пользователю сложно определить наиболее важные действия. Также было установлено, что структура сайта ориентирована преимущественно на размещение информации, а не на быстрое выполнение пользовательских задач.

На основе проведённого анализа был сделан вывод о необходимости переработки структуры сайта, упрощения навигации и создания единой цифровой среды для студентов и преподавателей, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные результаты аудита

Выявленная проблема	Результат анализа
Перегруженность интерфейса	Пользователю сложно быстро найти нужный раздел
Сложная навигация	Для выполнения задачи требуется большое количество действий
Отсутствие единой системы сервисов	Расписание, ЭИОС и материалы находятся в разных разделах
Недостаточная визуальная иерархия	Важные функции визуально не выделяются
Отсутствие разделения аудиторий	Студенты, абитуриенты и преподаватели используют общий интерфейс

Разработка структуры нового сайта ДонНТУ

После проведения аудита текущего сайта ДонНТУ было установлено, что существующая структура ориентирована преимущественно на размещение большого количества информации, однако недостаточно учитывает удобство пользовательского взаимодействия (рис. 2). Основными проблемами стали перегруженность главной страницы, сложная навигация, отсутствие разделения пользовательских сценариев и разрозненность цифровых сервисов [3].

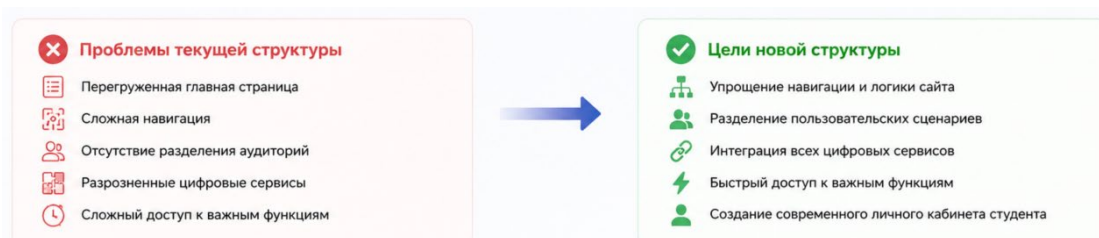


Рисунок 2 – Проблемы и цели новой структуры сайта

Разработка структуры сайта с использованием нейросети

На этапе проектирования структуры сайта нейросеть использовалась как инструмент генерации информационной архитектуры и пользовательских сценариев. Искусственный интеллект анализировал результаты проведённого аудита, структуру существующего сайта ДонНТУ и современные UX-паттерны образовательных платформ [3, 4].

В результате работы нейросеть предложила разделить структуру сайта на две основные части: информационный портал университета и цифровую экосистему студента. Также нейросеть определила необходимость создания единого личного кабинета, объединяющего основные сервисы университета.

Основными преимуществами использования нейросети на данном этапе стали высокая скорость генерации структуры сайта и возможность быстрого формирования нескольких вариантов информационной архитектуры. Искусственный интеллект позволил определить наиболее востребованные пользовательские функции и сократить сложность навигации [5].

Однако нейросеть формирует структуру на основе типовых моделей и не учитывает полностью внутренние особенности университета и реальные привычки пользователей.

Разработка структуры сайта дизайнером вручную

При разработке структуры сайт был разделён на две основные части: информационный сайт университета и личный кабинет студента. Главная страница нового сайта должна выполнять навигационную функцию и помогать пользователю быстро определять дальнейший маршрут. Для этого были выделены отдельные направления для абитуриентов, студентов и преподавателей.

Особое внимание было уделено проектированию личного кабинета студента. В качестве основных функций кабинета были определены:

- электронный студенческий билет;
- расписание занятий;
- успеваемость;
- учебные материалы;
- электронная зачётная книжка.

При проектировании структуры основной задачей стало сокращение количества действий пользователя до минимального уровня. Например, доступ к расписанию и успеваемости должен осуществляться сразу после входа в личный кабинет без перехода

между несколькими сервисами и страницами.

Также учитывался современный подход к UX/UI-дизайну, при котором главные пользовательские функции визуально выделяются и становятся центральной частью интерфейса [6].

Итоговая структура сайта

Таким образом, проведённое исследование показало, что наиболее эффективным решением является совместное использование возможностей искусственного интеллекта и профессионального UX/UI-проектирования. Нейросеть позволяет ускорить процесс анализа и генерации структуры сайта, а профессиональный дизайнер обеспечивает качественную проработку интерфейса и адаптацию системы под реальные пользовательские сценарии.

В новой структуре сайта основной акцент сделан на быстром доступе к наиболее востребованным функциям: расписанию занятий, успеваемости, учебным материалам и электронному студенческому билету. Также структура предусматривает удобное ознакомление абитуриентов и внешних пользователей с университетом, направлениями подготовки и научной деятельностью.

Функциональное наполнение, отраженное в структуре нового сайта ДонНТУ представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Структура нового сайта ДонНТУ

Раздел сайта	Содержание
Главная страница	Краткая информация об университете, новости, быстрые действия
Об университете	История, руководство, документы, контакты
Поступающим	Направления подготовки, правила приема, факультеты
Студентам	Учебные материалы, библиотека, сервисы
Личный кабинет	Электронный студенческий, расписание, успеваемость
Наука и образование	Кафедры, научные проекты, публикации
Новости и события	Новости университета и мероприятия
Контакты	Адреса, телефоны, карта корпусов

Вывод

В ходе проведённого исследования были рассмотрены подходы искусственного интеллекта и профессионального дизайнера к разработке пользовательского интерфейса многофункционального веб-сайта университета. На основе анализа существующего сайта ДонНТУ были выявлены основные проблемы интерфейса, связанные с перегруженностью структуры, сложной навигацией и отсутствием единой цифровой среды для студентов и преподавателей.

В процессе работы была разработана новая структура сайта, ориентированная на современные принципы UX/UI-дизайна и пользовательские

сценарии. Особое внимание было уделено созданию личного кабинета студента, включающего электронный студенческий билет, расписание занятий, успеваемость и учебные материалы.

Проведённое сравнение показало, что нейросеть эффективно справляется с быстрым анализом структуры сайта, генерацией пользовательских сценариев и формированием базовой информационной архитектуры. В то же время профессиональный дизайнер обеспечивает более глубокую проработку интерфейса, учитывает реальные потребности пользователей и формирует удобную UX-логику взаимодействия.

Таким образом, наиболее эффективным подходом к проектированию пользовательских интерфейсов является совместное использование технологий искусственного интеллекта и профессионального UX/UI-дизайна. Искусственный интеллект позволяет ускорить процесс проектирования, а дизайнер обеспечивает качество и адаптацию интерфейса под реальные пользовательские задачи.

Перечень источников

1. Искусственный интеллект и нейросети для UX/UI-дизайна [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [Logomachine School](<https://logomachine-school.ru/blog/iskusstvennyj-intellekt-i-nejroseti-dlya-ux-ui-dizajna-kak-uskorit-rutinu-i-sosredotochitsya-na-tvorchestve>)
2. Нейросети в веб-дизайне: применение искусственного интеллекта [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [TexTerra](<https://texterra.ru/blog/neyroseti-v-veb-dizayne.html>)
3. Что такое UX/UI-дизайн и зачем он нужен [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [Skillbox Media](<https://skillbox.ru/media/design/chto-takoe-ux-ui-design>)
4. Efficient and Aesthetic UI Design with a Deep Learning-Based Interface Generation Tree Algorithm [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [arXiv](<https://arxiv.org/abs/2410.17586>)
5. Wireframe-Based UI Design Search Through Image Autoencoder [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [arXiv](<https://arxiv.org/abs/2103.07085>)
6. Figma: возможности и применение в UX/UI-дизайне [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [Нетология](<https://netology.ru/blog/figma-chto-eto>)

УДК 378.147.091.33-027.22:62-057.1]:004.942

ВИРТУАЛЬНЫЕ ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ КАК ИНСТРУМЕНТ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Е.А. Дзюба, В.Д. Охотников, С.В. Валицкая
ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»,
г. Донецк, ДНР

Аннотация. Статья посвящена анализу возможностей виртуальных лабораторных работ в контексте модернизации инженерного образования. Обоснована актуальность внедрения ВЛР, обусловленная как общемировыми трендами цифровизации, так и специфическими вызовами, связанными с ограничениями доступа к традиционным лабораторным базам. Проведен сравнительный анализ трех веб-ориентированных платформ.

Annotation. The article analyzes the potential of virtual laboratory works in the context of modernizing engineering education. The relevance of implementing virtual labs is substantiated by both global digitalization trends and specific challenges related to limited access to traditional laboratory facilities. A comparative analysis of three web-oriented platforms is conducted.

Ключевые слова: виртуальная лаборатория, физический практикум, цифровые образовательные технологии, симуляция, дистанционное обучение, инженерное образование.

Keywords: virtual laboratory, physics practicum, digital educational technologies, simulation, distance learning, engineering education.

Введение

Современное инженерное образование переживает активный этап цифровой трансформации. Переход к цифровым форматам позволяет модернизировать учебный процесс и адаптировать его к актуальным требованиям технических отраслей. Однако для ряда вузов организация полноценного лабораторного практикума сопряжена с серьезными трудностями. Сложная обстановка на Донбассе накладывает жесткие ограничения на проведение занятий в корпусах ДонНТУ, поскольку приоритетом является обеспечение безопасности студентов и преподавателей. Лабораторная база на многих кафедрах постепенно устаревает, а обновление или закупка новых дорогостоящих стендов в текущих условиях затруднены. Кроме

того, классические лабораторные работы фактически недоступны для студентов заочной формы обучения.

Решением этих проблем становится внедрение виртуальных лабораторных комплексов и симуляторов [1]. Использование веб-платформ дает вузу существенную экономию, так как отпадает необходимость в закупке, ремонте и обслуживании дорогостоящего оборудования. Виртуальная среда полностью безопасна: студент физически не может получить травму или вывести из строя прибор при работе с высокими напряжениями. При этом веб-платформы доступны в режиме 24/7 из любого места, что стирает различия между очным, заочным и дистанционным обучением.

Целью данной работы является исследование возможностей существующих веб-платформ виртуальных лабораторных работ для последующей разработки собственного локального аналога, адаптированного к учебному процессу ДонНТУ.

Анализ существующих платформ

Виртуальные лабораторные платформы представляют собой специализированное программное обеспечение, симулирующее работу реальных физических установок и измерительных приборов в окне браузера. Их основное назначение — дать студенту возможность безопасно и наглядно проводить эксперименты, собирать схемы и проверять теоретические законы без прямого доступа к оборудованию.

Для детального изучения принципов построения подобных систем был проведен сравнительный анализ трех веб-ориентированных платформ, различающихся по модели доступа, функциональности и целевой аудитории.

Платформа «еФизика» представляет собой комплексный русскоязычный образовательный ресурс (рис. 1), разработанный Е.М. Девяткиным [2].



Рисунок 1. Стартовая страница платформы «еФизика».

В его основе лежат интерактивные модели и симуляторы, с высокой точностью имитирующие реальные физические процессы. Ресурс содержит более 500 интерактивных работ по механике, термодинамике, электричеству, оптике и астрономии. Ключевые особенности: полностью бесплатный доступ, не требующий регистрации пользователей; поддержка русского языка; соответствие академическим программам технических вузов; наличие методических указаний. Ограничения: закрытая архитектура, исключающая гибкую настройку под задачи конкретной кафедры; отсутствие возможности локального сохранения работ.

Платформа «Виртуальные лаборатории» (Vizex) (рис. 2) разработана компанией «Визуальные технологии» (основана в 2013 году) и представляет собой коммерческий продукт [3].

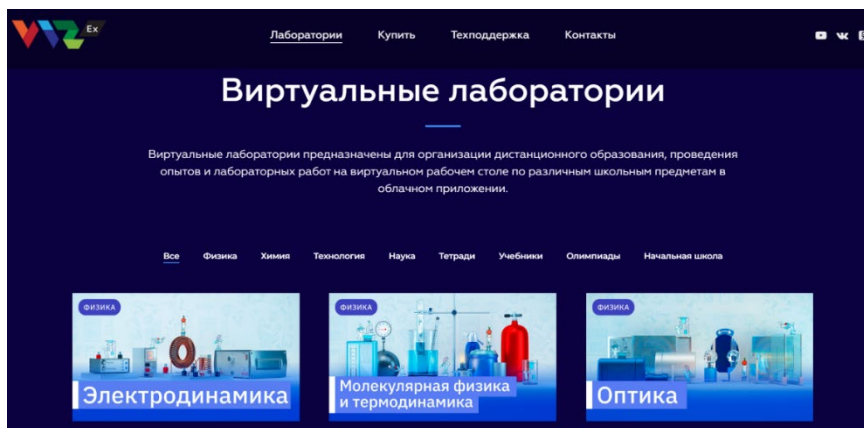


Рисунок 2. Страница «Виртуальные лаборатории» (Vizex).

Ключевые особенности: использование трехмерного лабораторного оборудования и измерительных приборов; реализация концепции «песочницы» — свободное моделирование без ограничений на количество объектов; высокая детализация и математическая корректность расчетов. Платформа интегрирована с Московской электронной школой и доступна для 1,3 млн московских школьников и учителей. Основные ограничения: только платный доступ; ориентация преимущественно на школьную программу, что может не полностью соответствовать вузовским требованиям.

Международный ресурс *PhET Interactive Simulations (University of Colorado Boulder)* предлагает сотни бесплатных симуляций по физике, построенных на исследовательском подходе (inquiry-based learning) [4]. Симуляции позволяют визуализировать абстрактные понятия и эффективно используются как для фронтальной работы с классом, так и для самостоятельного изучения. Ограничения: отсутствие русскоязычной локализации; упрощенность моделей, не

всегда охватывающих весь спектр тем вузовской программы; отсутствие интеграции с локальными учебными планами.

Заключение

Анализ существующих ресурсов показывает, что сторонние платформы не могут полностью закрыть потребности вуза. Бесплатные ресурсы («еФизика», PhET) не предусматривают гибкой настройки под локальные учебные планы, а коммерческая платформа Vizex ориентирована преимущественно на школу и требует финансовых затрат (таблица 1).

Таблица 1. Сравнительный анализ платформ.

Критерий	«еФизика»	Vizex	PhET
Модель доступа	Бесплатная	Платная	Бесплатная
Язык интерфейса	Русский	Русский	Английский
Целевая аудитория	Школьники, студенты	Школьники	Школьники, студенты
Технология	2D-симуляции	3D-модели, «песочница»	Интерактивные 2D-симуляции
Возможность адаптации	Нет	Ограниченная	Нет
Наличие методических материалов	Да	Да	Да

В связи с этим планируется разработка собственной локальной веб-платформы виртуальных лабораторных работ, адаптированной под нужды ДонНТУ.

Создание собственной платформы позволит объединить симуляторы по различным дисциплинам — от физики до проектирования компьютерных систем. Преподаватели получают возможность гибко настраивать лабораторные работы и интегрировать их с внутренними учебными системами. Студенты получают единый инструмент для практических занятий, доступный в любое время с компьютера или мобильного устройства. Внедрение системы решит проблему нехватки оборудования, обеспечит безопасность при проведении опытов и сделает качественную практику доступной для всех форм обучения.

Список использованных источников

1. Worner S, Kuhn J, Scheiter K. The best of two worlds: a systematic review on combining real and virtual experiments in science education. Rev Educ Res. 2022;92(6):911–52. <https://doi.org/10.3102/00346543221079417>.
2. Девяткин Е.М. Официальный сайт «Физика для всех» [Электронный ресурс]. — URL: <https://efizika.ru/>
3. Визуальные технологии (Vizex) [Электронный ресурс]. — URL: <https://vizex.ru/laboratories/>
4. PhET Interactive Simulations — Teaching Resources [Электронный ресурс]. — URL: <https://phet.colorado.edu/mk/teaching-resources/teaching-with-phet/whole-class>

УДК 004.94

ПРИМЕНЕНИЕ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ В ПРОЕКТИРОВАНИИ ГОРОДСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

И. Н. Донцова, М. П. Руденко
ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»,
г. Донецк, ДНР

***Аннотация.** В данной статье рассматриваются способы создания моделей городской инфраструктуры на основе данных спутниковых карт, возможности, преимущества и недостатки аддонов BlenderGIS и BlenderOSM. Результатом статьи стала разработка модели Бульвара Шахтостроителей.*

***Annotation.** This urban design article examines methods for creating models based on satellite map data, as well as the capabilities, advantages, and disadvantages of BlenderGIS and BlenderOSM add-ons. The article resulted in the development of a model of Shakhtostroyteley Boulevard.*

***Ключевые слова:** 3D-моделирование, модели, аддон, BlenderGIS, BlenderOSM.*

***Keywords:** 3D-modeling, models, addon, BlenderGIS, BlenderOSM.*

Введение

С современным мире инструменты цифрового моделирования открывают новые возможности для городского проектирования, позволяя создавать точные трёхмерные модели городской среды на основе реальных географических данных.

Целью данной работы является анализ особенностей, преимуществ и недостатков BlenderGIS и BlenderOSM в задачах моделирования городской инфраструктуры. Для достижения цели поставлены следующие задачи: рассмотреть функциональные возможности каждого инструмента, проанализировать процесс работы с ним и оценить результаты на примере конкретного участка городской застройки (Бульвар Шахтостроителей, г. Донецк)

BlenderGIS в проектировании городов

BlenderGIS – ведущий аддон 3D-редактора Blender с открытым исходным кодом, который предназначен для создателей, архитекторов и градостроителей. Он позволяет легко импортировать спутниковые снимки, генерировать 3D-рельеф и строить сложные модели городов, используя реальные географически точные данные OpenStreetMap [1].

С помощью аддона BlenderGIS можно легко импортировать

спутниковые карты, карты ландшафта и геометрию, например, здания. Оно имеет сходства и является аналогом дополнения BlenderOSM. Одно из основных отличий заключается в том, что выбирается область на карте мира непосредственно в самом Blender, а не в браузере.

BlenderGIS предоставляет полный набор инструментов для обработки сложных географических данных в профессиональной 3D-среде, предоставляет доступ к спутниковым снимкам высокого разрешения и фрагментам карт непосредственно из Google Maps, Bing и OpenStreetMap. Аддон позволяет также извлекать векторные данные из OpenStreetMap для создания зданий, магистралей, железнодорожных путей и другой инфраструктуры, а также ландшафта, лесов и водных объектов, и создавать эти объекты с применением их реальных размеров.

BlenderGIS может применяться специалистами для размещения BIM-моделей в реальном контексте местности. При помощи импорта зданий и топографии из OSM можно визуализировать влияние теней, солнечного света и других факторов на городскую застройку с высокой точностью.

Процесс создания модели городской инфраструктуры с использованием аддона BlenderGIS представляет собой последовательный алгоритм работы с геоданными, который позволяет преобразовать цифровые картографические сведения в полноценную трёхмерную сцену.

Сначала, после добавления BlenderGIS в Properties, в появившейся вкладке GIS необходимо нажать на Basemap и выбрать один из сервисов онлайн карт (например, Google или OpenStreetMap), с серверов которых будет открыта мировая карта. Далее с помощью мыши или поиска (населённого пункта, достопримечательности и т.д.) находят необходимый участок местности. После определения нужного участка выделяют его с помощью клавиши E. Данная команда преобразует выделенный участок в плоский объект. При помощи команды Get elevation (SRTM) объект приобретает рельефные очертания на основании данных, полученных с сервера, откуда был импортирован участок местности. Get OSM позволяет импортировать различные объекты, а также настраивать импорт (высота объектов, источник импорта, импортировать объекты как один или каждый по отдельности и т.д.).

BlenderOSM в проектировании городов

BlenderOSM – это аддон с открытым исходным кодом для Blender, разработанный vvoovv. BlenderOSM позволяет одним

щелчком загружать и импортировать данные OpenStreetMap и реального ландшафта для Blender. Существует две версии аддона: бесплатная версия с ограниченным функционалом и платная премиум версия [2]. Базовая версия аддона BlenderOSM обеспечивает загрузку и импорт данных OpenStreetMap, рельефа местности и GPX-треков в Blender. Аддон поддерживает спецификацию Simple 3D Buildings, включая разнообразные формы крыш: плоские, двускатные, односкатные, круглые, пирамидальные, ломанные, купольные, и другие виды [3].

Импортировать рельеф местности и объекты с онлайн карт можно как с серверов OpenStreetMap, так и из отдельных файлов .osm, предварительно сохранённых с помощью сторонних программных обеспечений, например, JOSM – специальное ПО, разработанное на Java, позволяющее на основе предварительно загруженных карт импортировать рельеф и объекты местности офлайн. При необходимости, можно так же совмещать работу данных сервисов, например, импортировать данные рельефа нужного участка с сервера OSM, а объекты на карте – из файла [4].

Процесс создания карты с 3Д-объектами следующий: после установки и активации плагина в Properties, в окне проекта появляется новая вкладка Blosm в виде выдвижного списка слева, при раскрытии которого пользователь имеет возможность выбрать, импортировать с сервера OSM рельеф или объекты, предварительно указав координаты максимальных и минимальных долготы и широты, либо импортировать объекты из файла .osm; настроить 2Д или 3Д вариант карты; выбрать объекты, которые необходимо импортировать и вариант импорта единым объектом или по отдельности и т.д.

В данной статье эффективность и удобство генерации объектов городской инфраструктуры было проанализировано посредством создания модели Бульвара Шахтостроителей, г. Донецк с учетом рельефных особенностей местности (Рисунок 1).



Рисунок 1 – Результат, полученный при помощи BlenderOSM

Данный способ позволяет получить не однотонную серую модель, но и цветовой макет местности, назначая разные цвета для разных типов материалов объектов городской застройки.

Выводы

В заключение, анализ показал, что BlenderGIS и BlenderOSM эффективны в моделировании городской среды при помощи картографической информации, однако обладают определенными особенностями. В контексте данной работы аддон BlenderOSM с применением JOSM оказался удобнее в использовании и эффективнее, за счет автоназначения цвета материалам, стабильного импорта данных и поддержки разнообразия архитектурных элементов.

Перечень ссылок

1. BlenderGIS: Идеальное 3D-дополнение для ГИС и геопространственного пространства для Blender (2026) / [Электронный ресурс] / Интернет-ресурс. - Режим доступа: [www/ URL: https://blendergis.com/](http://www.blendergis.com/)
2. Blosm for Blender: Google 3D cities, OpenStreetMap, terrain / [Электронный ресурс] / Интернет-ресурс. - Режим доступа: [www/ URL: https://prochitecture.gumroad.com/l/blender-osm](http://www.prochitecture.gumroad.com/l/blender-osm)
3. Blender-osm — OpenStreetMap Wiki / [Электронный ресурс] / Интернет-ресурс. - Режим доступа: [www/ URL: https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Blender-osm](http://www.wiki.openstreetmap.org/wiki/Blender-osm)
4. Лебедев Е.Д., Сёмов А.М. Разработка инструментов пространственного анализа в ин формационной системе Blender // Пространственные данные: наука и технологии: сборник статей по итогам научных конференций. Москва, 2021. № 12. С. 88-96.

УДК 004.896

**КОГНИТИВНЫЙ РЫВОК: КАК ИСКУССТВЕННЫЙ
ИНТЕЛЛЕКТ ПРЕВРАЩАЕТ ПРОМЫШЛЕННЫЕ
ПРЕДПРИЯТИЯ В САМООБУЧАЮЩИЕСЯ ОРГАНИЗМЫ**

Н.Ю. Дунаев, Е.И. Шарибченко
ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»,
г. Донецк, ДНР

Аннотация. *Статья посвящена трансформации автоматизированных систем управления (SCADA, MES, ERP, CMMS) под влиянием искусственного интеллекта. Рассмотрены примеры применения нейросетей и компьютерного зрения для диагностики и контроля качества в концепции Индустрии 5.0. Выявлены основные барьеры внедрения ИИ и предложены пути их преодоления.*

Annotation. *The article examines the transformation of automated control systems (SCADA, MES, ERP, CMMS) under the influence of AI. Examples of neural networks and computer vision for diagnostics and quality control within the Industry 5.0 concept are considered. Main barriers to AI implementation are identified and ways to overcome them are proposed.*

Ключевые слова: *искусственный интеллект, автоматизация, SCADA, предиктивная аналитика, компьютерное зрение, нейронные сети, Индустрия 5.0.*

Keywords: *artificial intelligence, automation, SCADA, predictive analytics, computer vision, neural networks, Industry 5.0.*

Длительное время промышленная автоматизация строилась на принципе строгой детерминированности: сигнал датчика поступал в контроллер, который выполнял предписанное действие, после чего механизм отработывал заданную операцию. Системы SCADA, MES и ERP эффективно работают в рамках рутинных циклов, однако сталкиваются с трудностями при обработке неопределённых факторов, таких как износ оборудования, нестабильность сырья или человеческий фактор. Анализ стандарта ISA-95, описывающего пятиуровневую модель предприятия, показывает, что ключевым недостатком традиционной архитектуры является разрыв между слоями: данные SCADA с трудом интерпретируются ERP-системами, а стратегические планы оказываются оторванными от реального состояния оборудования. Интеллектуальные системы управления выступают в роли когнитивного моста, который преобразует

разрозненные данные в автономные решения [1].

Внедрение искусственного интеллекта не отменяет существующие автоматизированные системы, а дополняет их возможностями анализа и прогнозирования. В традиционной схеме оператор SCADA наблюдал график давления и самостоятельно определял критичность отклонения. Современные интеллектуальные SCADA-системы анализируют спектры вибраций, температурные показатели и нагрузки в реальном времени. Алгоритмы, обученные на исторических данных об отказах, выдают предупреждение о вероятной поломке за несколько десятков часов до её возникновения. Переход от ремонта по факту к предиктивному обслуживанию позволяет снизить внеплановые простои оборудования. Наиболее заметная трансформация происходит в области контроля качества с использованием MES. Традиционная MES выполняет сбор статистики, тогда как MES с элементами ИИ функционирует как автономный инспектор. Применение свёрточных нейронных сетей позволяет системам машинного зрения выявлять микротрещины, несоосность деталей или дефекты сварных швов непосредственно на движущемся конвейере. Система не только отбраковывает дефектные изделия, но и обучается: если технолог отклоняет её решение, алгоритм корректирует весовые коэффициенты, адаптируясь к новым условиям [2].

Интеграция искусственного интеллекта в системы управления ресурсами предприятия и системы технического обслуживания позволяет перейти от квартального бюджетирования к динамическому перераспределению средств. При прогнозировании нейросетью сложного ремонта оборудования система инициирует запрос на срочную закупку необходимых компонентов, перераспределяет финансы и корректирует производственный план. За видимой простотой интерфейса скрывается сложный математический аппарат. Многозначные нейронные сети, в отличие от классических перцептронов, оперирующих бинарными сигналами, работают в поле комплексных чисел и сходятся в несколько раз быстрее при обучении. Самоорганизующиеся карты Кохонена применяются для кластеризации многомерных параметров, позволяя оператору видеть топологию состояний оборудования. Гибридные нейро-нечеткие системы сочетают обучаемость нейросетей и прозрачность нечёткой логики, что особенно важно для производств с длительным сроком эксплуатации.

Концепция Индустрии 5.0 предполагает возвращение человека в контур управления, но уже в новой роли партнёра с искусственным

интеллектом. Цифровые двойники выступают ключевым инструментом такой коллаборации. Перед запуском физического оборудования в опасный режим производится проигрывание тысяч сценариев на виртуальной модели. Оператор получает не голословную команду, а визуализированный прогноз последствий принятия того или иного решения. Такое взаимодействие особенно эффективно в горнорудной и нефтехимической промышленности. Создание виртуальных датчиков на основе нейро-нечетких сетей позволяет измерять параметры в агрессивных средах, где установка физических датчиков невозможна, при этом погрешность моделирования не превышает нескольких процентов [3].

Несмотря на очевидные преимущества, скорость внедрения искусственного интеллекта в реальном секторе отстаёт от прогнозов. Основными причинами являются разнородность промышленных протоколов, дефицит специалистов, одновременно понимающих физику технологических процессов и владеющих методами машинного обучения, высокая стоимость сенсоров и вычислительных мощностей, а также психологическое сопротивление персонала. В ответ на эти вызовы формируется принцип технологического суверенитета, предполагающий переход на отечественные библиотеки алгоритмов и промышленные контроллеры с аппаратной поддержкой искусственного интеллекта. Такой подход гарантирует, что критическое производство не окажется зависимым от зарубежных облачных сервисов аналитики [4].

Технологии искусственного интеллекта превращают SCADA, MES и ERP из статичных инструментов учёта и отчётности в динамичные системы, способные предвосхищать поломки, перераспределять ресурсы и адаптироваться к изменяющимся условиям. Наиболее востребованными в промышленности остаются две группы алгоритмов. Первая группа связана с прогнозированием и предиктивной аналитикой, где рекуррентные нейросети и LSTM демонстрируют высокую точность предсказания остаточного ресурса оборудования. Вторая группа представлена алгоритмами компьютерного зрения для задач технического контроля и обеспечения безопасности. Тренд на слияние систем будет усиливаться. Через десятилетие разделение на уровень управления и уровень исполнения может исчезнуть, уступив место единой нейро-цифровой среде предприятия. Задача сегодняшнего дня заключается не просто во внедрении отдельных ИИ-решений, а в создании безопасной, стандартизированной и обучаемой инфраструктуры для этого перехода. Требуется разработка отраслевых стандартов

валидации интеллектуальных моделей, создание библиотек предиктивных алгоритмов для типового оборудования, а также формирование программ подготовки кадров, сочетающих инженерные и цифровые компетенции. При этом каждое решение должно иметь экономическое обоснование: внедрение искусственного интеллекта оправдано там, где традиционные методы автоматизации не обеспечивают требуемой эффективности или безопасности [5].

Перечень ссылок

1. Москвитин А.Д. Внедрение технологий искусственного интеллекта в основные функции автоматизированных систем управления производством: сравнительный анализ // Экономика, предпринимательство и право. – 2025. – Т. 15. – № 5. – С. 3095–3110.
2. Скворцов А.А., Анурьева М.С., Солодовников А.Н. Применение алгоритмов машинного обучения для прогнозирования отказов и адаптивного управления производственными системами // Инженерный вестник Дона. – 2025. – № 5.
3. Койбагаров М.К., Исабеков Ж.Н., Курмангалиева Л.А., Байтурганова В.К., Рахметова П.М. Разработка системы предиктивного обслуживания на основе машинного обучения // Вестник Satbayev University. – 2025. – № 2(18). – С. 80–89.
4. Балашова Е.С., Игнатова Е.И., Скрыбина Я.О. Трансформация промышленности в условиях Индустрии 5.0: синергия роботизированных систем, искусственного интеллекта и интернета вещей // Вестник Академии знаний. – 2024. – № 6(65). – С. 77–84.
5. Нарбут В.В., Абдикеев Н.М. Интеллектуализация промышленного производства как фактор достижения технологического суверенитета: сущность и принципы // Мир новой экономики. – 2025. – Т. 19. – № 3. – С. 6–16.

ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЗНАНИЙ ИЗ ТЕКСТА

Д. И. Духнич, А. В. Боднар
ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»,
г. Донецк, ДНР

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы экономической эффективности разработки и внедрения системы автоматического извлечения знаний. Проведён анализ затрат на разработку, внедрение и эксплуатацию системы, а также оценён экономический эффект от её использования.

Annotation. The article discusses the issues of economic efficiency of developing and implementing a system for automatically extracting knowledge. The cost analysis for the development, implementation and operation of the system was carried out, as well as the economic effect of its use was assessed.

Ключевые слова: экономическая эффективность, автоматизация, обработка текста, извлечение знаний, интеллектуальные системы, трудозатраты.

Keywords: economic efficiency, automation, text processing, knowledge extraction, intelligent systems, labor costs.

Введение

Современное развитие информационных технологий сопровождается устойчивым ростом объёмов текстовой информации, используемой в научной, производственной и управленческой деятельности. Значительная часть этих данных представлена в неструктурированном виде, что существенно усложняет их анализ и последующее использование в информационных системах. В таких условиях традиционные методы обработки текста, основанные на ручном анализе, становятся недостаточно эффективными как с точки зрения затрат времени, так и с позиции экономической целесообразности [1].

В связи с этим особую актуальность приобретает внедрение систем автоматического извлечения знаний из текста, основанных на методах обработки естественного языка и машинного обучения. Такие системы позволяют преобразовывать неструктурированные данные в

формализованные знания, пригодные для дальнейшего анализа и использования в интеллектуальных информационных системах [2]. При этом автоматизация обработки текста обеспечивает не только повышение скорости анализа, но и снижение влияния человеческого фактора на результаты обработки.

1. Анализ затрат на разработку и внедрение системы

Разработка системы автоматического извлечения знаний из текста представляет собой комплексный процесс, включающий проектирование архитектуры, программную реализацию, тестирование и последующее внедрение в рабочую среду. В отличие от типовых программных продуктов, подобные системы относятся к классу интеллектуальных, что повышает требования к квалификации разработчиков и, соответственно, влияет на структуру затрат [3].

Основной составляющей стоимости разработки являются трудовые ресурсы. Это обусловлено тем, что процесс создания системы включает не только написание программного кода, но и разработку алгоритмов обработки текста, настройку моделей машинного обучения и интеграцию различных программных компонентов. В типичном случае в разработке участвует один или несколько специалистов, совмещающих роли разработчика и аналитика.

Для оценки затрат на разработку рассмотрим условный пример. Предположим, что разработка системы выполняется одним специалистом в течение 3 месяцев. Среднемесячная заработная плата разработчика принимается равной 80 000 рублей. В этом случае прямые затраты на оплату труда составят:

$$80\,000 \times 3 = 240\,000 \text{ рублей.}$$

С учётом обязательных отчислений (примерно 30%) суммарные затраты увеличиваются до:

$$240\,000 \times 1,3 \approx 312\,000 \text{ рублей.}$$

Таким образом, даже при минимальном составе команды стоимость разработки составляет порядка 300–320 тыс. рублей, что является типичным значением для небольших программных проектов.

Использование библиотек с открытым исходным кодом частично снижает затраты, так как исключает необходимость приобретения коммерческого ПО. Однако экономия ограничена, поскольку основная нагрузка переносится на этап настройки и адаптации системы.

2. Эксплуатационные расходы и организационные факторы

После внедрения системы автоматического извлечения знаний из текста структура затрат организации изменяется: единоразовые

инвестиции в разработку сменяются регулярными эксплуатационными расходами, связанными с поддержкой и развитием системы. К таким расходам относятся сопровождение программного обеспечения, обновление используемых библиотек, администрирование, а также периодическая корректировка и дообучение моделей [4]. В отличие от этапа разработки, данные затраты распределяются во времени и, как правило, имеют предсказуемый характер.

Для оценки их величины рассмотрим условный пример. Предположим, что сопровождение системы требует участия специалиста в объёме 0,25 ставки, что при средней заработной плате 80 000 рублей соответствует 20 000 рублей в месяц. С учётом обязательных отчислений совокупные ежемесячные расходы составляют около 26 000 рублей, или порядка 312 000 рублей в год. Дополнительно могут возникать незначительные расходы на обновление инфраструктуры и хранение данных, однако в большинстве случаев они не являются определяющими.

С экономической точки зрения ключевым является сопоставление этих затрат с расходами на ручную обработку текстовой информации. Как отмечалось ранее, анализ одного документа объёмом 10–15 страниц может занимать до 30 минут рабочего времени. При обработке, например, 1000 документов в месяц суммарные трудозатраты составляют около 500 часов. При средней стоимости часа работы специалиста на уровне 400 рублей ежемесячные расходы на ручной анализ достигают 200 000 рублей.

Внедрение автоматизированной системы позволяет существенно изменить данную структуру. Даже если предположить, что система сокращает время обработки одного документа до 2–3 минут с учётом контроля результатов, общий объём трудозатрат уменьшается более чем в 5–8 раз. Это приводит к снижению затрат на обработку информации до уровня 25 000–40 000 рублей в месяц. Таким образом, экономия может составлять порядка 150 000 рублей ежемесячно, что значительно превышает расходы на сопровождение системы.

3. Экономический эффект и целесообразность внедрения

Экономический эффект от внедрения системы автоматического извлечения знаний из текста проявляется как в прямом снижении затрат, так и в косвенном повышении эффективности деятельности организации. В отличие от этапа разработки, где основное внимание уделяется структуре инвестиций, на данном этапе ключевым является сопоставление получаемой экономии с понесёнными затратами.

Основной источник экономического эффекта связан со

снижением трудозатрат на обработку текстовой информации. Как было показано в предыдущем разделе, переход от ручного анализа к автоматизированному позволяет сократить ежемесячные расходы примерно со 200 000 рублей до 40 000 рублей. Таким образом, экономия составляет порядка 160 000 рублей в месяц. В годовом выражении это соответствует приблизительно 1,9 млн рублей.

Сопоставляя данный эффект с затратами на разработку системы (около 300–320 тыс. рублей), можно оценить срок окупаемости. Даже при консервативном подходе, предполагающем постепенное внедрение и неполную загрузку системы, инвестиции окупаются в течение 2–3 месяцев эксплуатации. После этого система начинает приносить чистый экономический эффект, выражающийся в снижении текущих издержек.

Таким образом, внедрение системы автоматического извлечения знаний из текста характеризуется высокой экономической целесообразностью. Сочетание быстрого срока окупаемости, устойчивого снижения текущих затрат и наличия долгосрочных стратегических преимуществ позволяет рассматривать данное решение как эффективный инструмент повышения результативности работы с текстовой информацией [5].

Выводы

Проведённый анализ позволяет обобщить полученные результаты и сформировать итоговую оценку экономической эффективности системы.

В ходе исследования было выполнено экономическое обоснование разработки и внедрения системы автоматического извлечения знаний из текстовой информации, включающее анализ структуры затрат, оценку эксплуатационных расходов и количественную оценку экономического эффекта.

Установлено, что основную долю первоначальных затрат составляют трудовые ресурсы, связанные с разработкой программного обеспечения и настройкой моделей обработки текста. В рамках приведённого расчёта совокупные затраты на разработку системы составляют порядка 300–320 тыс. рублей, что соответствует типичному уровню для проектов данного класса.

Анализ эксплуатационных расходов показал, что их величина носит умеренный и предсказуемый характер. При условии частичной занятости специалиста на сопровождение системы годовые затраты составляют около 300 тыс. рублей, что существенно ниже затрат на ручную обработку аналогичного объёма текстовой информации.

Ключевым результатом исследования является количественная оценка экономического эффекта. Переход от ручной обработки к автоматизированной позволяет снизить ежемесячные затраты с 200 тыс. рублей до 40 тыс. рублей, обеспечивая экономию порядка 150–160 тыс. рублей в месяц. В годовом выражении это составляет около 1,8–1,9 млн рублей.

Сопоставление полученного эффекта с первоначальными инвестициями показывает, что срок окупаемости системы составляет 2–3 месяца, после чего её использование обеспечивает устойчивое снижение текущих издержек.

Помимо прямого экономического эффекта, выявлены значимые организационные преимущества внедрения системы, включая:

- повышение скорости обработки информации;
- снижение влияния человеческого фактора;
- повышение воспроизводимости и качества результатов;
- перераспределение функций персонала в сторону аналитических задач.

Дополнительным фактором эффективности является масштабируемость решения: при увеличении объемов обрабатываемых данных удельные затраты снижаются, что усиливает экономический эффект в долгосрочной перспективе.

Таким образом, внедрение системы автоматического извлечения знаний из текста следует рассматривать как экономически обоснованный инвестиционный проект, обеспечивающий быстрый возврат вложенных средств и формирующий устойчивые преимущества в обработке текстовой информации.

Перечень ссылок

1. Мусаев А.А., Григорьев Д.А. Обзор современных технологий извлечения знаний из текстовых сообщений // Компьютерные исследования и моделирование. – 2021. – Т. 13, № 6. – С. 1291–1315. DOI: 10.20537/2076-7633-2021-13-6-1291-1315.

2. Сидорова Е.А., Иванов А.И., Овчинникова К.А. Извлечение информации из текстов на основе онтологии и больших языковых моделей // Онтология проектирования. – 2025. – Т. 15, № 1. – С. 114–129. DOI: 10.18287/2223-9537-2025-15-1-114-129.

3. Elhajjar S., Yacoub L., Yaacoub H. Automation in business research: systematic literature review // Information Systems and e-Business Management. – 2023. – Т. 21. – С. 675–698. DOI: 10.1007/s10257-023-00645-z.

4. Тунян Э.Г., Сазиков Р.С., Харламов С.А. Обогащение базы знаний с помощью автоматического извлечения ключевых слов и аннотаций // Успехи кибернетики. – 2025. – Т. 6, № 2. – С. 108–113.

5. Wang Y., Huang F., Chiu T. Robotic Process Automation and Enterprise Systems: Toward Cost Efficiency // Journal of Emerging Technologies in Accounting. – 2025. – Т. 22, № 1. – С. 119–136. DOI: 10.2308/JETA-2022-024.

УДК 004.056

АДАПТИВНАЯ И РИСК-ОРИЕНТИРОВАННАЯ АУТЕНТИФИКАЦИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ В СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

Ю. Ю. Дьяченко

ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»,
г. Донецк, ДНР

Аннотация. Рассматриваются адаптивная и риск-ориентированная аутентификация пользователей как направление развития механизмов управления доступом. Парольная проверка и постоянное применение многофакторной аутентификации не всегда обеспечивают оптимальное соотношение безопасности и удобства. Рассмотрены контекстные факторы риска и концепция Zero Trust.

Annotation. Adaptive and risk-based user authentication is considered as a direction in the development of access control mechanisms. Password-based verification and the constant use of multi-factor authentication do not always ensure an optimal balance between security and usability. Contextual risk factors and the Zero Trust concept are also examined.

Ключевые слова: аутентификация, многофакторная аутентификация, риск-ориентированный подход, адаптивная аутентификация, Zero Trust.

Keywords: authentication, multi-factor authentication, risk-based approach, adaptive authentication, Zero Trust.

Современные информационные системы функционируют в условиях удаленной работы, облачных сервисов, мобильных устройств и распределенной инфраструктуры. Проверка личности пользователя становится не только технической процедурой входа, но и элементом общей архитектуры информационной безопасности. Компрометация учетных данных может привести к несанкционированному доступу к персональным данным, финансовой информации и корпоративным ресурсам.

Парольная аутентификация сохраняет распространенность за счет простоты внедрения, однако ее надежность ограничена. Пользователи могут повторно использовать пароли в разных сервисах, выбирать недостаточно сложные комбинации и испытывать трудности с хранением большого числа учетных данных. Поэтому в современных системах все шире применяются дополнительные

факторы проверки: одноразовые коды, push-подтверждения, аппаратные токены и иные способы подтверждения личности.

Усиление аутентификации не должно превращаться в постоянное усложнение пользовательского сценария. Более гибкой является логика, при которой уровень проверки зависит от контекста: привычный вход с известного устройства обрабатывается по стандартной схеме, а подозрительная попытка требует дополнительного подтверждения. Такая логика рассматривается как адаптивная и риск-ориентированная аутентификация.

Аутентификация подтверждает, что субъект доступа является тем пользователем, за которого он себя выдает. В простейшем случае она основана на знании секрета: пароля, PIN-кода или контрольного ответа. Такой подход удобен, но уязвим при утечке пароля, фишинге и повторном использовании учетных данных. Многофакторная аутентификация повышает надежность проверки за счет нескольких независимых доказательств личности.

В корпоративных и веб-системах многофакторная проверка обычно реализуется через сочетание пароля с одноразовым кодом, push-подтверждением, аппаратным токеном или биометрическим признаком. С развитием мобильных устройств в качестве факторов могут использоваться не только SMS и приложения-аутентификаторы, но и возможности самого устройства [1].

Многофакторность сама по себе не решает задачу выбора строгости проверки. Пользователь может входить с привычного устройства в обычное время, а может пытаться получить доступ с нового устройства, из нетипичной геолокации или после нескольких ошибок пароля. Поэтому возрастает значение риск-ориентированной логики, при которой оценивается не только факт знания пароля, но и обстоятельства конкретной попытки доступа.

Риск-ориентированный подход связывает выбор защитных мер с вероятностью реализации угрозы и величиной возможного ущерба. В общем виде риск нарушения информационной безопасности может рассматриваться как совокупность вероятностей угроз и ущерба от их реализации [2]. В аутентификации риск попытки входа зависит не только от вероятности нелегитимного доступа и последствий ошибочного предоставления прав, но и от контекстных факторов конкретной сессии: используемого устройства, IP-адреса, геолокации, времени входа, числа неудачных попыток и характера запрашиваемого ресурса. На основе оценки этих признаков может применяться адаптивная аутентификация, при которой способ проверки пользователя изменяется в зависимости от уровня риска: от

стандартного входа до запроса дополнительных факторов или ограничения доступа.

К контекстным факторам обычно относят тип устройства, IP-адрес, геолокацию, время входа, число неудачных попыток, тип запрашиваемого ресурса и принадлежность пользователя к группе с расширенными правами. Для критически значимых систем дополнительное значение имеет неопределенность оценки значимости объектов и необходимость более аккуратного выбора защитных мер [3].

Адаптивная аутентификация может рассматриваться как развитие многофакторной аутентификации. Ее смысл состоит не в отказе от MFA, а в динамическом выборе момента, когда дополнительный фактор действительно необходим. При низком риске система может ограничиться стандартной проверкой, при среднем - запросить второй фактор, при высоком - потребовать усиленное подтверждение, ограничить доступ или передать событие в журнал безопасности.

Для пояснения общей логики риск-ориентированной аутентификации в таблицах 1 и 2 представлены обобщенные примеры. Таблица 1 показывает возможную связь между уровнем риска, условиями входа и реакцией системы, а таблица 2 содержит примеры контекстных и поведенческих факторов, которые могут учитываться при предварительной оценке пользовательской сессии.

Таблица 1. Пример соответствия уровня риска условиям доступа

Уровень риска	Типичные признаки	Возможная реакция системы
Низкий	Знакомое устройство, обычное время и геолокация, нет ошибок.	Стандартный вход по паролю, сессии или базовому фактору.
Средний	Новое устройство, смена IP, нетипичное время, единичные ошибки.	Запрос второго фактора: код, push-подтверждение, биометрия.
Высокий	Несколько ошибок, новая страна, аномальное поведение, важные данные.	Усиленная проверка, ограничение функций, уведомление.
Критический	Несколько аномалий, подозрение на подбор пароля или компрометацию.	Блокировка, отказ в доступе, регистрация события.

Такое представление позволяет показать взаимосвязь между признаками доступа, уровнем доверия к пользователю и выбором механизма аутентификации.

Таблица 2. Пример контекстных и поведенческих факторов оценки риска при аутентификации

Фактор риска	Условие начисления	Весовой коэффициент
Новое устройство	Устройство не использовалось ранее.	20
Новая геолокация	Регион не совпадает с обычным профилем.	20
Нетипичное время	Вход вне привычного интервала.	10
Ошибки пароля	Более трех ошибок за короткий период.	25
Аномальное поведение	Поведенческий признак отличается от профиля.	25
Критичный ресурс	Доступ к данным с высоким ущербом.	20

Приведенные интервалы оценки риска следует рассматривать как демонстрационные. Например, сумма 0–30 баллов может условно соответствовать низкому риску, 31–60 — среднему, 61–90 — высокому, а более 90 — критическому. В реальных информационных системах значения весовых коэффициентов и пороговые интервалы должны определяться на основе модели угроз, статистики инцидентов, особенностей пользовательских профилей, критичности защищаемых ресурсов и допустимого уровня ложных срабатываний. Описанная логика оценки риска согласуется с концепцией Zero Trust. В рамках этой архитектуры доверие не предоставляется автоматически только на основании нахождения пользователя внутри корпоративной сети.

Zero Trust ориентирует систему безопасности на непрерывный контроль и минимизацию доверия по умолчанию. В качестве превентивных мер выделяются многофакторная аутентификация, принцип наименьших привилегий и микросегментация [4]. Эти идеи совпадают с логикой адаптивной аутентификации: уровень доверия может изменяться в зависимости от поведения пользователя, состояния устройства и критичности ресурса.

Таким образом, адаптивная и риск-ориентированная аутентификация не сводится к отдельному программному модулю. Она объединяет многофакторную проверку, оценку контекста, учет вероятного ущерба, анализ поведения и постоянный пересмотр доверия.

Выводы

Развитие аутентификации связано с переходом от статической парольной проверки к механизмам, учитывающим условия конкретной попытки доступа. Многофакторная аутентификация повышает защищенность учетных записей, однако ее постоянное применение может быть избыточным для низкорисковых сценариев. Риск-ориентированный подход позволяет связать строгость проверки с вероятностью угрозы и возможным ущербом. Контекстные признаки, такие как устройство, геолокация, время входа, число ошибок и критичность ресурса, могут использоваться для предварительной оценки риска.

В условиях трансформации традиционного сетевого периметра адаптивная аутентификация согласуется с принципами Zero Trust: отсутствие доверия по умолчанию, проверка каждого запроса и постоянный мониторинг.

Перечень ссылок

1. Керницкий, В. Н. Использование многофакторной аутентификации / В. Н. Керницкий // Совершенствование науки в наши дни: междисциплинарные аспекты: Материалы XLIV Всероссийской научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 21 января 2022 года. – Ростов-на-Дону: ЮЖНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ(ИУБиП); ООО "Издательство ВВМ", 2022. – С. 33-34. – EDN TXWWVC.

2. Ермакова, А. Ю. Риск-ориентированный подход к оценке защищенности информационных систем / А. Ю. Ермакова, А. Б. Лось // Математическое и компьютерное моделирование в экономике, страховании и управлении рисками. – 2021. – № 6. – С. 67-76. – EDN OZXUCM.

3. Костенкова, А. В. Идентификация субъекта и многофакторная аутентификация / А. В. Костенкова // Региональная информатика (РИ-2020): XVII Санкт-Петербургская международная конференция. Материалы конференции, Санкт-Петербург, 28–30 октября 2020 года. Том Часть 1. – Санкт-Петербург: Региональная общественная организация "Санкт-Петербургское Общество информатики, вычислительной техники, систем связи и управления", 2020. – С. 350-351. – EDN QPAJBA.

4. Малинский, С. В. Концепция безопасности zero trust: принципы и практика внедрения / С. В. Малинский // Интеллектуальные транспортные системы : материалы Международной научно-практической конференции, Москва, 26 мая 2022 года. – Москва: Российский университет транспорта, 2022. – С. 430-437. – EDN BSNJXO.

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ИНСТРУМЕНТОВ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ SQL-ИНЪЕКЦИЙ НА
ТЕСТОВЫХ ПОЛИГОНАХ С ИЗВЕСТНЫМ УРОВНЕМ
УЯЗВИМОСТИ**

Б.А. Жирков, Т.В. Завадская
ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»,
г. Донецк, ДНР

***Аннотация.** В статье представлен сравнительный анализ эффективности инструментов sqlmap, Burp Suite и Acunetix при обнаружении SQL-инъекций. Тестирование проведено в лабораторной среде на полигонах DVWA и bWAPP (18 уязвимых конечных точек). Оценка выполнялась по метрикам полноты, точности, F-меры, доли ложных срабатываний и времени сканирования.*

***Annotation.** The paper presents a comparative efficiency analysis of sqlmap, Burp Suite, and Acunetix for SQL injection detection. Testing was conducted in a lab environment using DVWA and bWAPP testbeds (18 vulnerable endpoints). Evaluation was performed using recall, precision, F1-score, false positive rate, and scan time metrics.*

***Ключевые слова:** SQL-инъекция, sqlmap, Acunetix, Burp Suite, сканирование уязвимостей, ложные срабатывания, DVWA.*

***Keywords:** SQL injection, sqlmap, Acunetix, Burp Suite, vulnerability scanning, false positives, DVWA.*

Структурированные запросы к базам данных через веб-интерфейсы остаются критическим вектором атаки, несмотря на многолетнюю историю существования данной уязвимости [1]. Развитие методов защиты ведёт к усложнению техник эксплуатации, что требует от специалистов по информационной безопасности использования всё более совершенных автоматизированных средств. Однако выбор конкретного инструмента зачастую осложняется отсутствием объективных сравнительных данных об их эффективности в различных условиях [2]. Новизна данной работы заключается в проведении контролируемого эксперимента с фокусом на сравнение «чистого» сканера (Acunetix), гибридного прокси-инструмента (Burp Suite) и специализированного эксплуатационного фреймворка (sqlmap) в единой среде, что позволяет дать практические

рекомендации по их комплексному применению.

Методология исследования SQL-инъекций основана на современных работах, предлагающих стандартизированные фреймворки для оценки сканеров уязвимостей [2]. Эксперимент проводится на основе двух веб-приложений, для обучения тестированию на проникновение:

- *DVWA (Damn Vulnerable Web Application)*: наиболее удобный тестовый стенд для работы с sqlmap благодаря наличию четко классифицированных по сложности эндпоинтов (Low, Medium, High) и возможности изолированного тестирования конкретных векторов [3];

- *bWAPP (Buggy Web Application)*: полигон с обширным набором уязвимостей (более 100), включая классические и слепые SQL-инъекции, что позволяет оценить глубину сканирования в более комплексной и зашумленной среде [1].

Для обнаружения SQL-инъекций используются такие инструменты как:

- *sqlmap*: специальный инструмент с открытым исходным кодом для обнаружения и эксплуатации SQL-инъекций. Отличается высочайшей эффективностью при подтверждении уязвимостей, но имеет высокие требования к вычислительным ресурсам (ЦП) [1, 3];

- *Burp Suite Professional*: веб-прокси со встроенным активным сканером уязвимостей. Отличительной чертой является возможность тонкой настройки области сканирования, анализ HTTP-трафика в реальном времени, ручная верификация находок и высокое качество итоговых отчетов [1];

- *Acunetix*: полностью автоматизированное коммерческое решение, нацеленное на глубокий анализ веб-уязвимостей с доказательной базой эксплуатации. Согласно ряду исследований, демонстрирует наилучшее соотношение полноты обнаружения и доли ложных срабатываний среди автоматических сканеров [2, 3].

Для объективного сравнения результатов использован метрический аппарат, адаптированный в фреймворке SQLi-ScanEval [2]. Каждый из 30 тестовых эндпоинтов по итогам сканирования отнесён к одной из четырёх категорий: TP (True Positive) – уязвимость найдена верно; FP (False Positive) – ложное срабатывание; FN (False Negative) – уязвимость пропущена; TN (True Negative) – безопасный эндпоинт определён верно. На основе данного распределения вычислены метрики:

- полнота обнаружения ($\text{Recall} = \text{TP} / (\text{TP} + \text{FN})$) – доля найденных уязвимостей от общего числа реально существующих;

- точность ($\text{Precision} = \text{TP} / (\text{TP} + \text{FP})$) – доля верных срабатываний среди всех тревог инструмента;
- F-мера (F1-score) – гармоническое среднее точности и полноты; интегральный показатель качества;
- доля ложных срабатываний ($\text{FPR} = \text{FP} / (\text{FP} + \text{TN})$) — вероятность ложной тревоги на безопасном эндпоинте [2];
- время сканирования – полное время работы инструмента в минутах;
- ресурсопотребление – пиковая нагрузка на ЦП и ОЗУ в ходе тестов [3].

Для достоверности каждый инструмент запускался трёхкратно с восстановлением полигонов. Все инструменты тестировались в стандартной конфигурации «по умолчанию».

Результаты эксперимента представлены в таблице 1. Они демонстрируют фундаментальные различия в проектировании инструментов.

Таблица 1 — Сравнительные показатели эффективности инструментов

Инструмент	Полнота обнаружения (Recall), %	Доля ложных срабатываний (FP Rate)	Среднее время сканирования	Ресурсопотребление
Acunetix	~95%	Низкая(<5)	Среднее	Среднее(ОЗУ/ЦП)
Burp Suite Pro	~85%	Низкая (<8%)	Высокое	Высокое (ОЗУ)
sqlmap	~99%*	Стремится к нулю**	Очень высокое	Критическое (ЦП до 93%)

* *sqlmap* способен детектировать уязвимость даже в случаях нетривиальной обфускации или сложной логики Blind SQL Injection, где пасуют сканеры, полагающиеся на анализ ответов без глубокого перебора [1].

** практически нулевой уровень ложных срабатываний *sqlmap* обусловлен его методом работы: факт инъекции подтверждается прямым извлечением данных или структур базы данных, а не только косвенными признаками [3].

По результатам экспериментов *Acunetix* показал наилучший баланс между скоростью и качеством, что подтверждается его лидирующими позициями в тестах на специализированных фреймворках [2]. Его использование оправдано в первую очередь для

быстрого аудита защищённости.

sqlmap закономерно продемонстрировал максимальную глубину обнаружения и близкую к абсолютной точность, однако ценой огромных временных затрат и критической нагрузки на процессор, достигающей 93% [3]. Это согласуется с данными о том, что *sqlmap* незаменим для эксплуатации и верификации, но малоэффективен как средство первичного широкого сканирования [1].

Burp Suite занял промежуточную позицию. Его эффективность как инструмента без доступа к исходному коду уступает Acunetix, однако его сила – не в скорости автоматического поиска, а в возможностях интерактивного теста и глубокого ручного анализа конкретных запросов [1].

Проведённый анализ показывает, что наилучших результатов можно добиться, выстроив трёхэтапный процесс:

- быстрое автоматическое сканирование (Acunetix);
- ручная верификация специалистом (Burp Suite);
- глубокая эксплуатация подтверждённых уязвимостей (*sqlmap*) [1, 3].

Выводы

Выбор инструмента для обнаружения SQL-инъекций должен определяться конкретной задачей. Для быстрой оценки поверхности атаки наиболее эффективен Acunetix. Если же задача заключается в подтверждении критичности уязвимости и демонстрации риска через получение дампа базы данных, безальтернативным является *sqlmap*. *Burp Suite Pro* остается эталонным инструментом эксперта для ручного анализа и валидации. Дальнейшие исследования в этой области могут быть направлены на изучение эффективности данных инструментов против современных техник обхода, таких как машинно-генерируемые инъекции.

Перечень ссылок

1. Bouafia R., Benbrahim H., Amine A. Automatic Protection of Web Applications Against SQL Injections: An Approach Based On Acunetix, Burp Suite and SQLMAP // Proceedings of the 9th International Conference on Optimization and Applications (ICOA). – AbuDhabi, 2023. – P. 1-6.

2. Bashir H., Khan W.U., Marwat S.N.K., Khan S., Baig I., Mehmood Y., Atta H. SQLi-ScanEval: A Framework for Design and Evaluation of SQLi Detection Using Vulnerability and Penetration Testing Scanners // Engineering Reports. – 2026. – Vol. 8, No. 1. – P. e70618.

3. EnumaElish9999. Penetration-testing-tools-comparison [Электронный ресурс] // GitHub. – 2025. –

Режим доступа: github.com/EnumaElish9999/penetration-testing-tools-comparison

УДК 004.4'232

ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА НАПИСАНИЯ КОДА – УДОБСТВО VIM ПРОТИВ VS CODE

А. А. Зайцев, Е. И. Шарибченко
ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»,
г. Донецк, ДНР

Аннотация. В статье рассматриваются две среды разработки – Vim и VS Code. Анализируются их принципы работы, интерфейс, настройка и особенности: командный подход Vim против графического интерфейса VS Code. Приводятся результаты замера времени печати, показывающие небольшое преимущество Vim, если его освоить. Обосновывается, что Vim имеет высокий порог входа, но после его преодоления обеспечивает высокую скорость работы, тогда как VS Code требует минимальной подготовки и удобен для масштабных проектов.

Abstract. This article examines two development environments – Vim and VS Code. It analyzes their operating principles, interfaces, configuration, and distinctive features: Vim's command-driven approach versus VS Code's graphical interface. The results of typing speed measurements are presented, showing a slight advantage for Vim once it is mastered. It is argued that Vim has a high entry barrier, but after overcoming it, it provides high work efficiency, whereas VS Code requires minimal initial training and is convenient for large-scale projects.

Ключевые слова: Vim, VS Code, конфигурация, среда разработки.

Keywords: Vim, VS Code, configuration, development environment.

Прежде чем приступить к написанию кода приложения, программист всегда выбирает среду для разработки. Далее он её настраивает для удобной работы: устанавливает расширения, изменяет горячие клавиши, выбирает тему оформления, возможно, настраивает шрифты. По данной причине существует множество сред для разработки, таких как Vim, Visual Studio Code (далее – VS Code), Emacs, Sublime Text, Xcode и т.п. Каждая из них предлагает свой функционал и подходит под разные задачи. Цель статьи состоит в том, чтобы сравнить первые два рабочих пространства и выявить ряд их преимуществ и недостатков, а также узнать, с какой из них проще всего работать.

Кратко о каждой среде разработки:

1. **Vim** – кроссплатформенный текстовый редактор с открытым исходным кодом, интерфейсом которого служит командная строка [1].

2. **VS Code** – кроссплатформенный текстовый редактор с графическим интерфейсом и широкой возможностью конфигурации среды [1].

Начать сравнение имеет смысл с Vim, поскольку его использование сильно отличается от привычных графических редакторов. Как было указано выше, Vim полностью функционирует внутри терминала и изменение текста выполняется с помощью команд. Такой подход позволяет избавиться от излишнего использования мыши и тем самым в некоторых случаях ускорить процесс написания кода. Стоит также отметить, что на большинстве дистрибутивов Linux Vim сразу предустановлен. Интерфейс редактора представляет собой окно для ввода текста и строку команд. По умолчанию Vim открывается в нормальном режиме, в котором пользователю доступен просмотр и простейшие манипуляции текстом. Главный принцип работы состоит в том, что сначала вводится число повторений, а затем команда. Если явно не указывать число, то выполнение будет только один раз.

Примеры команд:

1. *x* – удаление одного символа.
2. *5dw* – удаление пяти слов.
3. *3dd* – удаление трёх строк.
4. *p* – вставка текста после курсора один раз.
5. *2u* – отмена двух действий.

Важен тот факт, что при удалении текста он сохраняется в буфер, из которого позже командой *p* можно вставить в любое другое место.

Кроме нормального режима существует режим вставки, который включается по нажатию клавиши *i*. Вместе с тем комбинации кнопок: *o* – переводит курсор на новую строку ниже; *Shift + o* – переводит курсор на новую строку выше; *a* – переводит курсор на один символ вперёд. Он позволяет выполнять обычное редактирование текста. Для возвращения в нормальный режим нужно нажать *Esc*. Аналогичное действие для других режимов [2].

Визуальные режимы *Visual*, *Visual Line* и *Visual Block* включаются по нажатию кнопок *v* и *Shift + v*, *Ctrl + v* соответственно. Первый подрежим включает обычное выделение текста. Второй позволяет выделять по строкам, а третий – по столбцам. Эти режимы полезны тем, что можно вырезать текст сложной формы одним нажатием клавиши *d* или *x*.

Последний режим командной строки вызывается нажатием кнопки двоеточия. Для записи изменений используется команда `:w`, для выхода – `:q`, а также `:q!` позволяет выйти из Vim, не сохраняя открытый файл. Одна из особенностей Vim состоит в том, что в нём можно комбинировать несколько команд. К примеру, `:wq` сохраняет текущие изменения и выходит из редактора. Кроме двоеточия используются клавиши `/` и `?`. Первое служит для поиска по файлу от текущей позиции курсора до конца, а второе – от той же позиции до начала. По нажатию кнопки `n` происходит просмотр результатов.

Vim, как и большинство редакторов, допускает настройку. В нём это делается через файл конфигурации `~/.vimrc`. По умолчанию Vim не умеет обрабатывать нажатия клавиш с включённой русской раскладкой. Однако есть возможность с помощью изменения `~/.vimrc` поставить клавишам русской раскладки в соответствие с английскими. На рисунке 1 приведён фрагмент `~/.vimrc`, который настраивает подсветку синтаксиса, парных скобок, отступы в 4 пробела, отображение координат курсора, соответствие русских клавиш английским [2].

```
vim ~/.vimrc

set tabstop=4
syntax on
set showmatch
set ruler
set smarttab
set shiftwidth=4
map ё `
map й q
map ц w
map у e
map к r
map е t
map н u
map г u
map ш i
map щ o
map з r
map х [
map ь ]
map ф a
"/>
```

Рисунок 1 – Текст файла конфигурации `~/.vimrc`

Теперь обратимся к VS Code. По характеру взаимодействия с программным кодом он представляет собой полную противоположность Vim: здесь вместо ввода команд применяется классический графический интерфейс, основанный на интуитивно

понятных меню и использовании мыши.

VS Code подходит для написания кода на любом языке программирования. Можно подобрать расширения, которые добавляют подсветку синтаксиса и ошибок, подсказки при вводе ключевых слов и возможность запуска файла одним нажатием кнопки.

Конфигурация среды происходит также через графический интерфейс, но есть классическая для Vim возможность редактирования настроек через создание в корне проекта файла `./vscode/settings.json`. Однако такие настройки будут применяться только локально.

Одним из главных преимуществ VS Code является интегрированный в среду GitHub Copilot – ИИ-ассистент, способный генерировать код по запросу пользователя. Благодаря анализу полного кода проекта Copilot способен понимать контекст, в котором поступает запрос от разработчика. Также IntelliSense – технология автодополнения, которая на основе первых введённых букв предлагает названия функций и переменных. Данный инструмент сильно ускоряет написание кода. Более того, он позволяет быстро узнать документацию и список формальных аргументов функции из любой части кода.

Для объективного сравнения скорости работы в Vim и VS Code рассмотрим процесс написания Bash-скрипта и замерим время, затраченное на ввод команд, навигацию и правки. Замеры времени представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительная таблица времени ввода в 2 редакторах

№	Время ввода, с					Сред.
	1	2	3	4	5	
Vim	240.03	192.88	202.32	198.84	163.42	199.50
VS Code	236.84	239.23	215.60	193.29	201.42	217.28

В среднем разница между временем написания кода в Vim и VS Code составляет 17.78 секунд. Однако такие результаты можно достичь только после освоения Vim, а в противном случае скорость печати в VS Code будет больше, так как от пользователя не требуется знаний команд. В Vim эффективность работы задаётся уровнем знаний пользователя. В VS Code, напротив, скорость работы предопределена самой средой, которая не требует детальной конфигурации и начальных навыков.

Подводя итог, можно сказать, что Vim предоставляет минимальную среду для разработки. Однако у него высокий порог входа, преодолев который открываются возможности удобного и быстрого написания кода. В свою очередь VS Code имеет низкий порог входа. Любой программист, впервые открыв данную

среду разработки, сможет с большой лёгкостью начать писать приложение. Каждый из рассмотренных редакторов даёт свой ряд возможностей. Vim можно применять для написания простых приложений или скриптов, а VS Code можно применять при разработке масштабных проектов, где часто приходится применять функции и методы, определённые в других файлах.

Перечень ссылок

1. Карнаухов К.В., Салмин А.А. Сравнительный анализ сред разработки программного обеспечения // Экономика и социум. – 2016. – № 5-3 (24). – С. 9-12. – eISSN 2225-1545.
2. Vim help pages [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vimhelp.org/>, свободный.

АЛГОРИТМ ВАЛИДАЦИИ КОНФЛИКТОВ УЧЕБНОГО РАСПИСАНИЯ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ

В.А. Зайцева, Н.Е. Губенко
ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»,
г.Донецк, ДНР

Аннотация. Разработан метод мгновенной проверки противоречий при редактировании академического расписания, основанный на применении битовых масок. Ключевая оптимизация позволяет выполнять проверку за константное время $O(1)$ независимо от объёма базы данных. Интеграция алгоритма в клиент-серверную архитектуру обеспечила время отклика менее 15 мс и снижение количества технических ошибок на 95%. Решение готово к промышленному внедрению в образовательные платформы.

Annotation. A method for instant checking of contradictions when editing an academic schedule based on the use of bit masks has been developed. Key optimization allows for checking in constant time $O(1)$ regardless of the database size. Integration of the algorithm into the client-server architecture provided a response time of less than 15 ms and a 95% reduction in technical errors. The solution is ready for industrial implementation in educational platforms.

Ключевые слова: валидация расписания, битовые маски, реальное время, оптимизация, клиент-серверная архитектура.

Keywords: schedule validation, bit masks, real time, optimization, client-server architecture.

Введение

Ручное планирование и оперативное редактирование учебного расписания традиционно сопровождается риском возникновения технических наложений: одновременного бронирования одной аудитории разными группами, дублирования нагрузки преподавателей или превышения паспортной вместимости помещений. Существующие информационные системы часто реализуют проверку корректности данных постфактум, что приводит к обнаружению конфликтов за дни до начала семестра. Подобная задержка создаёт организационный хаос и снижает доверие к цифровым сервисам вуза. Целью работы является разработка алгоритма валидации, способного мгновенно анализировать вводимые данные непосредственно в

момент их набора диспетчером, обеспечивая время реакции менее 100 мс.

Математическая формализация и алгоритмическое ядро

Пусть $C = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}$ - множество записей расписания, где каждое занятие c_i характеризуется кортежем (t_i, g_i, r_i, s_i) : идентификатор преподавателя, группы, аудитории и временного слота. Условия возникновения конфликтов формализуются как логические предикаты:

$$\forall c_i, c_j \in C, i \neq j: (c_i.s = c_j.s) \wedge (c_i.r = c_j.r) \Rightarrow \text{CONFLICT}_{\text{room}}$$

$$\forall c_i, c_j \in C, i \neq j: (c_i.s = c_j.s) \wedge (c_i.t = c_j.t) \Rightarrow \text{CONFLICT}_{\text{teacher}}$$

$$\forall c_i, c_j \in C, i \neq j: (c_i.s = c_j.s) \wedge (c_i.g = c_j.g) \Rightarrow \text{CONFLICT}_{\text{group}}$$

$$\forall c_i \in C: c_i.\text{size} > c_i.\text{capacity} \Rightarrow \text{CONFLICT}_{\text{capacity}}$$

Традиционный линейный перебор всех записей имеет вычислительную сложность $T_{\text{base}} = O(n)$, что при $n \approx 5000$ даёт задержку ~50 мс. Для преодоления этого ограничения применена оптимизация на основе битовых масок [1]. Занятость каждого ресурса кодируется целым числом, где k -й бит соответствует k -му временному слоту. Проверка сводится к побитовой операции логического И, что радикально меняет сложность задачи:

$$T_{\text{bitmask}} = O(1) \Rightarrow S = \frac{T_{\text{base}}}{T_{\text{bitmask}}} \approx 25 \times$$

Критически важный фрагмент реализации, отвечающий за мгновенный анализ:

```
class BitmaskValidator:
    def __init__(self, total_slots=96):
        # Маски занятости: ключ - ID ресурса, значение - битовое поле
        self.room_masks = defaultdict(int)
        self.teacher_masks = defaultdict(int)
        self.group_masks = defaultdict(int)

    def register_class(self, cls):
        bit = 1 << cls.slot_id
        self.room_masks[cls.room_id] |= bit
        self.teacher_masks[cls.teacher_id] |= bit
        self.group_masks[cls.group_id] |= bit

    def check_conflict(self, new_cls) -> bool:
        bit = 1 << new_cls.slot_id
        # Побитовое И возвращает ненулевое значение при пересечении
        return bool(
            (self.room_masks[new_cls.room_id] & bit) or
            (self.teacher_masks[new_cls.teacher_id] & bit) or
            (self.group_masks[new_cls.group_id] & bit) or
            (new_cls.group_size > new_cls.room_capacity)
        )
```

Данная структура оперирует компактными целочисленными полями, что минимизирует потребление памяти и позволяет размещать валидатор непосредственно в браузере пользователя.

Архитектура интеграции и пользовательский опыт

Для обеспечения баланса между отзывчивостью клиентской части и строгой серверной гарантией целостности реализована двухуровневая схема валидации. На первом этапе браузер диспетчера использует битовые маски для мгновенной подсветки ошибочных полей [2]. После успешной клиентской проверки форма передаётся на бэкэнд, где применяется индексированный механизм, способный сформировать развёрнутый отчёт со списком всех пересекающихся занятий. Такая распределённая ответственность позволяет системе сохранять мгновенную отзывчивость при вводе данных и одновременно гарантировать строгую непротиворечивость состояния базы данных.

Схема взаимодействия компонентов представлена на рисунке 1.

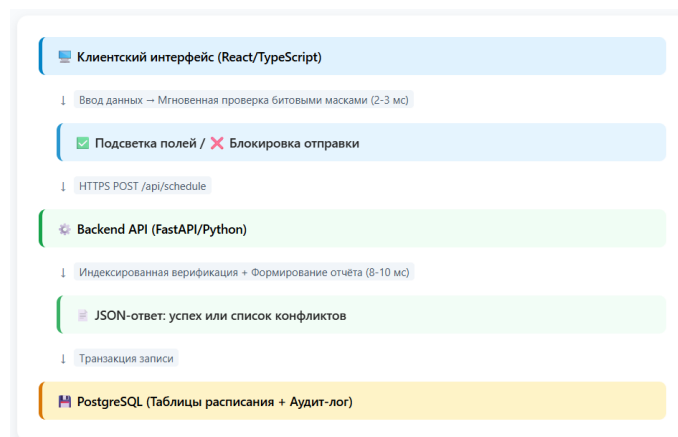


Рисунок 1 – Схема двухуровневой валидации и потоки данных

Внедрение данного подхода напрямую влияет на эргономику рабочего места диспетчера. Интерфейс превращается в активного ассистента, который в реальном времени анализирует контекст расписания и предотвращает сохранение заведомо ошибочных записей. Визуальное представление панели управления с интегрированной системой мгновенной проверки показано на рисунке 2.

Добавление занятия

Преподаватель

Иванов И.И. (Каф. ИТ)

Учебная группа

ПИ-21-1 (28 чел.)

Аудитория

A-305 (Лекционная)

⚠ Конфликт: аудитория занята в Пн 10:00–11:30 группой ЭК-22-2

Время

Понедельник, 10:00 – 11:30

Сохранить в расписание

Ожидание исправления конфликта...

Рисунок 2 – Прототип интерфейса диспетчера с подсветкой конфликтов в реальном времени

Практические результаты и рекомендации по внедрению

Экспериментальная проверка алгоритма проводилась на реальных данных осеннего семестра (5000 занятий, 320 преподавателей, 287 аудиторий, 96 слотов). Замер производительности и точности представлен в сводных таблицах.

Таблица 1 – Производительность алгоритмов валидации

Метод	Сложность	Время проверки (мс)	Ускорение
Линейный перебор	$O(n)$	52.3	1×
Индексация по слотам	$O(k)$	8.7	6×
Битовые маски	$O(1)$	2.1	25×

Таблица 2 – Точность обнаружения конфликтов

Тип конфликта	Точность	Полнота	F1-мера
По аудитории	99.5%	99.2%	99.4%
По преподавателю	100%	100%	100%
По группе	99.0%	99.4%	99.2%
По вместимости	100%	100%	100%
Итого	99.6%	99.7%	99.7%

Совокупное время отклика интерфейса не превышает 15 мс, что значительно ниже порога восприятия задержки. Практический эффект

от внедрения выразился в снижении количества технических ошибок на 95% и полном исключении случаев двойного бронирования аудиторий.

Для успешного развёртывания рекомендуется: использовать битовые маски для клиентской превентивной проверки; ограничивать размер битового поля количеством актуальных слотов семестра; обновлять маски в памяти синхронно с каждой транзакцией; фиксировать отклонённые запросы в журнале для анализа типовых ошибок планирования [3].

Выводы

Разработанный алгоритм устраняет противоречие между объёмом данных и требованием мгновенной реакции интерфейса. Применение битовых масок перевело задачу проверки наложений в разряд операций константной сложности, а двухуровневая архитектура обеспечила сочетание отзывчивости и целостности данных. Интеграция в университетскую платформу подтвердила снижение ошибок на 95% и повышение доверия пользователей. Решение обладает высокой адаптивностью и может быть тиражировано на любые системы планирования временных ресурсов.

Перечень ссылок

1. Шишканова Т.А. Алгоритм оптимизации учебного расписания в вузе // ГИАБ. 2015. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/algoritm-optimizatsii-uchebnogo-raspisaniya-v-vuze>
2. Масляев Д. А. Современное состояние задачи автоматизации составления оптимального учебного расписания в вузе // Вестник Сыктывкарского университета. Серия 1. Математика. Механика. Информатика. 2022. №1 (42). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennoe-sostoyanie-zadachi-avtomatizatsii-sostavleniya-optimalnogo-uchebnogo-raspisaniya-v-vuze>
3. Толстых Е. С., Толстых А. А. Автоматизация составления расписания в системе управления учебным процессом // Территория науки. 2014. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/avtomatizatsiya-sostavleniya-raspisaniya-v-sisteme-upravleniya-uchebnym-protsessom>

**ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОСНОВЕ
НЕЙРОСЕТЕВЫХ АЛГОРИТМОВ АДАПТИВНОЙ
МАРШРУТИЗАЦИИ**

Д. М. Зеленский

ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ», г. Донецк, ДНР

Аннотация. В статье исследуется проблема внутрицеховой маршрутизации. Предложена архитектура адаптивной системы навигации на базе гибридного комплекса, объединяющего сверточные нейросети и обучение с подкреплением. Перенос тяжелых вычислений на этап офлайн-тренировки обеспечивает миллисекундную проактивную реакцию техники на динамические преграды.

Annotation. The article explores the problem of intra-shop. The architecture of an adaptive navigation system based on a hybrid complex combining convolutional neural networks and reinforcement learning is proposed. Shifting heavy computations to the offline training stage provides a millisecond proactive response to dynamic obstacles.

Ключевые слова: транспортная логистика, адаптивная маршрутизация, гибридные нейросети, обучение с подкреплением, машинное зрение, Индустрия 4.0, интеллектуализация.

Keywords: transport logistics, adaptive routing, hybrid neural networks, reinforcement learning, machine vision, Industry 4.0, intellectualization.

Введение

Масштабная цифровизация производственных процессов в рамках парадигмы Индустрии 4.0 требует радикального пересмотра подходов к управлению промышленными предприятиями. Ключевым звеном, обеспечивающим ритмичность выпуска продукции и минимизацию операционных издержек, выступает внутренняя транспортная логистика. Однако физическая среда современного завода или крупного складского узла характеризуется экстремальной стохастичностью. Внутрицеховая навигация вынуждена функционировать в условиях непрерывного воздействия дестабилизирующих факторов: от непредсказуемого перемещения персонала и нестандартных грузов до внезапных отказов техники и экстренной корректировки производственных заданий.

В подобных высокодинамичных условиях классические детерминированные алгоритмы поиска пути, опирающиеся на статические графовые модели, демонстрируют критическую алгоритмическую несостоятельность. Возникновение любой нештатной ситуации требует ресурсоемкого математического пересчета всего маршрутного листа, что неизбежно генерирует задержки в контуре управления. Современной автономной технике необходима абсолютная адаптивность.

Следовательно, целью данной работы выступает обоснование концептуальной архитектуры системы интеллектуального планирования логистических маршрутов. Предлагаемая парадигма базируется на синтезе гибридных нейросетевых комплексов, которые призваны обеспечить миллисекундную скорость реакции, проактивную гибкость и надежную координацию транспортных потоков внутри сложной производственной техносферы.

Анализ методов и постановка задачи

Исторически базисом для управления внутрицеховым транспортом служили детерминированные графовые алгоритмы (в частности, метод Дейкстры или A^*). Данный математический инструментарий превосходно справляется с навигацией внутри жестко фиксированных, неизменных планировок. Однако перенос этих моделей на реальные промышленные объекты обнажает их слабую сторону. Столкновение с любым незапланированным препятствием или временное перекрытие проезда заставляет систему запускать тяжеловесный процесс полного обновления графа путей. В масштабах интенсивного заводского трафика подобные вычисления вызывают критические микрозадержки, из-за которых страдает общая пропускная способность и падает надежность всего логистического контура [1].

Подобные алгоритмические тупики требуют отказа от тактики «реакции по факту» в пользу упреждающего управления. Внедрение модулей искусственного интеллекта дает возможность обойти проблему стохастичности производственных зон. Актуальные самообучающиеся алгоритмы умеют синхронно обрабатывать потоки телеметрии, эффективно сглаживая влияние факторов неопределенности [2]. Отходя от строгих математических рамок, нейросети обретают навык предвидеть локальные заторы и логистические конфликты еще на стадии их формирования.

Для реализации описанного проактивного подхода в рамках данного исследования ставится цель спроектировать интеллектуальную навигационную архитектуру. Суть предлагаемой

концепции сводится к трансформации вычислительных процессов: самые ресурсоемкие расчеты целенаправленно выносятся на этап предварительной тренировки модели (режим off-line). Такая реорганизация наделяет бортовые системы машин способностью перекраивать траектории движения непосредственно во время выполнения задачи (режим on-line) буквально за миллисекунды. Именно этот архитектурный сдвиг открывает путь к внедрению механизмов подлинно адаптивного планирования.

Концептуальная архитектура предлагаемого решения

Преодоление барьеров традиционной навигации требует внедрения комплексных вычислительных инструментов, полностью отвечающих запросам цифровых производств [3]. В качестве фундамента для проектируемой системы маршрутизации выбрана архитектура гибридного нейросетевого комплекса. Представленный подход опирается на синергию двух мощных парадигм машинного обучения: сверточных нейронных сетей (СНС), отвечающих за пространственное восприятие, и алгоритмов глубокого обучения с подкреплением (ОСП), курирующих динамическое планирование.

Архитектурно разрабатываемая модель расщепляется на два независимых, но тесно интегрированных контура. Первый блок берет на себя задачу мгновенной оцифровки окружающей обстановки. Сверточная нейросеть принимает сырой поток телеметрии с бортовых лидаров и оптических сенсоров машины, преобразуя его в детализированную карту занятости (Occupancy Grid). Ключевое отличие этого модуля от стандартных сканеров заключается в семантической сегментации: алгоритм не просто видит преграду, а классифицирует ее, отделяя статичные конструкции от перемещающегося персонала или встречных погрузчиков.

Второй контур формирует ядро принятия решений и базируется на агенте обучения с подкреплением. Забирая актуальный срез пространства от первого модуля, агент циклично пересчитывает наиболее выгодный вектор движения. На этапе предварительной симуляции (off-line) модель активно исследует цифровой двойник заводского цеха. За каждое столкновение или необоснованную остановку алгоритм получает математический «штраф», а за оперативное прибытие в точку разгрузки — «награду». Подобная система стимулов заставляет нейросеть самостоятельно вырабатывать нетривиальные стратегии обхода препятствий, которые практически невозможно описать прямым программным кодом [4].

Логика взаимодействия описанных вычислительных слоев отражена на функциональной схеме (Рис. 1).

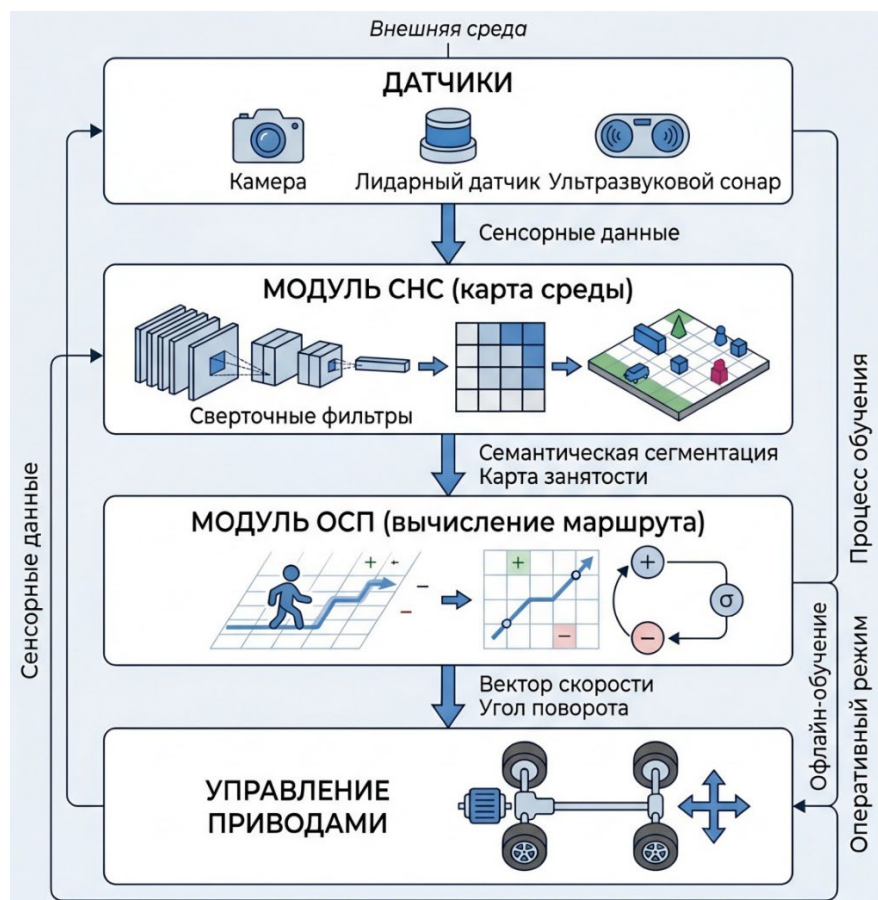


Рисунок 1 – Концептуальная схема взаимодействия модулей гибридного нейросетевого комплекса

Поступающая сенсорная информация формирует вектор состояния среды. После извлечения скрытых пространственных признаков сверточными фильтрами, данные транслируются в полносвязные слои агента ОСП. На выходе генерируется точная управляющая директива: корректировка вектора скорости и угла поворота шасси.

Ожидается, что интеграция описанной гибридной связки на действующем предприятии обеспечит качественный скачок в координации внутрицехового трафика. Способность бортовых систем к миллисекундной адаптации позволит свести к минимуму холостые пробеги техники и превентивно исключить образование транспортных заторов. В макроэкономической перспективе такой подход гарантирует радикальное снижение эксплуатационных расходов и рост общей эффективности промышленного узла [5].

Выводы

Модернизация внутризаводских логистических цепей выступает фундаментальным условием успешной интеграции промышленных предприятий в цифровую среду Индустрии 4.0. Проведенный анализ подтверждает, что

эксплуатация жестких детерминированных алгоритмов маршрутизации в стохастических условиях современного производства ведет к накоплению вычислительных задержек и критическому снижению эффективности всего транспортного контура.

В качестве перспективной альтернативы в работе предложена концептуальная архитектура гибридного нейросетевого комплекса, объединяющая аналитические возможности сверточных сетей и проактивность агентов обучения с подкреплением. Смещение фокуса с математического пересчета графов на предварительную тренировку моделей в симулированной среде наделяет бортовые системы способностью к мгновенной адаптации. Это позволяет нивелировать влияние факторов неопределенности и перестраивать траектории движения в режиме реального времени.

Поскольку представленное исследование носит постановочный характер, дальнейшим вектором работы станет формализация математического аппарата предложенной гибридной модели. Последующие этапы диссертационного исследования будут направлены на создание цифрового двойника тестового логистического участка для генерации обучающей выборки, а также на проведение серии симуляционных экспериментов. Это позволит количественно оценить прирост пропускной способности сети в сравнении с классическими навигационными методами.

Перечень ссылок

1. Данилочкина Надежда Григорьевна, Лысенко Алина Альбертовна Оптимизация логистических маршрутов посредством применения технологий искусственного интеллекта // Научные труды Вольного экономического общества России. 2024. №2.
2. Жуковская Ирина Феодосиевна Логистика в условиях цифровой трансформации экономики // Вопросы управления. 2024. №5 (90).
3. Хорошилова Татьяна Николаевна Роль искусственного интеллекта в логистике: эффективность, вызовы и решения // Universum: технические науки. 2024. №11 (128).
4. Алексей Колокутский Искусственный интеллект в транспортной логистике: оптимизация маршрутов и снижение затрат // Евразийский научный журнал. 2024. №2.
5. Ю. В. Веселова, О. Б. Ямбаева Применение искусственного интеллекта в логистике при прогнозировании спроса на товары // Вестник Академии знаний. 2025. №2 (67).

УДК 004.89

**ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ И ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ОБЛАСТИ
ПРИМЕНЕНИЯ ОБЪЯСНИМОГО ИСКУССТВЕННОГО
ИНТЕЛЛЕКТА В ДОНБАССЕ**

А.А. Кобец, И.В. Тарабаева
ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»,
г. Донецк, ДНР

***Аннотация.** В статье рассматриваются перспективы применения объяснимого искусственного интеллекта (XAI) в промышленности Донбасса. Анализируются методологические подходы — SHAP, LIME, сети Колмогорова–Арнольда, нечёткий логический вывод и гибридная архитектура KANFIS — как инструменты преодоления барьера недоверия к алгоритмическим системам в металлургии, горнодобывающей отрасли и здравоохранении региона.*

***Annotation.** The paper examines the prospects for applying Explainable Artificial Intelligence (XAI) in Donbass industries. Methodological approaches — SHAP, LIME, Kolmogorov–Arnold Networks, fuzzy inference, and the hybrid KANFIS architecture — are analysed as tools for overcoming the trust barrier to algorithmic systems in region's metallurgy, mining, and healthcare.*

***Ключевые слова:** объяснимый искусственный интеллект; сети Колмогорова–Арнольда; нечёткий логический вывод; интерпретируемость.*

***Keywords:** explainable artificial intelligence; Kolmogorov–Arnold Networks; fuzzy inference; interpretability.*

Современные системы машинного обучения демонстрируют высокую прогностическую мощность, однако подавляющее большинство высокопроизводительных архитектур — прежде всего глубокие нейронные сети — функционируют в режиме «чёрного ящика»: внутренняя логика формирования результата остаётся скрытой от конечного пользователя и специалиста предметной области [1]. Объяснимый искусственный интеллект (XAI – Explainable Artificial Intelligence) представляет собой направление исследований, ориентированное на создание систем, способных не только генерировать прогноз, но и предоставлять верифицируемое обоснование принятого решения [1]. Потребность в таких системах носит не академический, а сугубо прикладной характер: в

критических отраслях – горнодобывающей промышленности, металлургии, здравоохранении – непрозрачность алгоритма фактически исключает его промышленное внедрение, поскольку результаты решений должны быть полностью обоснованными [2].

Донбасс располагает устойчивой институциональной базой для исследований в области искусственного интеллекта: функционирует ФГБНУ «Институт проблем искусственного интеллекта», в Донецком национальном техническом университете (ДонНТУ) ведут деятельность профильные кафедры – «Прикладная математика и искусственный интеллект», «Программная инженерия» и «Информационные системы и технологии». Тематика нечётких моделей, интеллектуального анализа данных и нейросетевых методов охвачена образовательными программами и публикационной деятельностью ДонНТУ [3]. Вместе с тем разрыв между академическими разработками и промышленным внедрением остаётся острой проблемой: одним из ключевых барьеров является недоверие производственного персонала к рекомендациям алгоритмических систем с непрозрачной логикой [2, 3]. Данный барьер непосредственно адресует ХАИ как инструментальный ответ на технологический и организационный запрос региона.

Металлургия и горнодобывающая промышленность исторически являются приоритетными отраслями Донбасса. На территории ДНР/ЛНР функционируют 36 металлургических предприятий с занятостью свыше 18 тысяч человек; анонсированные инвестиции в модернизацию включают, в том числе, внедрение элементов искусственного интеллекта [4]. Интеллектуальная автоматизация управления металлургическими процессами позволяет обрабатывать потоки данных в реальном времени, выявлять отклонения и вносить коррективы без остановки производства, минимизируя простои и материальные потери [4]. Оптимизация расхода лигатур и режимов термической обработки с помощью алгоритмов машинного обучения требует анализа множества взаимосвязанных факторов – состава сырья, требований к продукции, стоимости компонентов – и представляет собой задачу, в которой интерпретируемость модели принципиально важна для технолога [4]. Угольная промышленность, в свою очередь, предъявляет запрос на системы раннего предупреждения об авариях – взрывах метана, обрушениях кровли, – где требуется не только высокая точность, но и верифицируемость прогноза горным инженером: специалист должен понимать, на основании каких показаний датчиков и в соответствии с какой логикой система выдаёт сигнал тревоги [3, 4].

С методологической точки зрения современный ландшафт ХАИ структурируется по двум основным осям. Пост-хок методы – в частности, SHAP (SHapley Additive exPlanations) и LIME (Local Interpretable Model-agnostic Explanations) – применяются к уже обученной модели и позволяют количественно оценить вклад каждого признака в конкретное предсказание [1]. Интринсически интерпретируемые архитектуры, напротив, обеспечивают прозрачность за счёт самой структуры модели. К числу таких архитектур относятся сети Колмогорова–Арнольда (KAN), предложенные в 2024 году как альтернатива многослойным перцептронам [5]. В KAN обучаемые функции активации располагаются на рёбрах графа и параметризуются сплайнами, что обеспечивает математическую интерпретируемость каждой зависимости: модель строит результат на основе набора эксплицитных, читаемых аналитических формул [5]. Параллельно системы нечёткого логического вывода обеспечивают семантическую прозрачность через лингвистические правила вида «ЕСЛИ температура высокая И давление критическое, ТО риск аварии значительный», а также позволяют встраивать экспертные знания непосредственно в структуру модели – что особенно ценно в условиях ограниченных обучающих данных [1, 3].

Перспективным направлением исследований является гибридная архитектура KANFIS, объединяющая сети Колмогорова–Арнольда с механизмами нечёткого вывода [6]. KANFIS реорганизует классическую архитектуру ANFIS на основе теоремы Колмогорова–Арнольда: слой нечётких антецедентов обеспечивает семантическую прозрачность предпосылок решения, а сплайновые функции на рёбрах – математически интерпретируемые операции в консеквентной части [6]. Такая система способна не только показывать, какие формулы применяются при расчёте результата, но и при каких условиях они активируются, предоставляя полный двухуровневый отчёт о принятом решении. Применительно к задачам горнотехнической и металлургической отрасли подобный отчёт может быть сформулирован в терминах, понятных производственному специалисту, что непосредственно снижает барьер доверия к системе [6].

Вместе с тем необходимо взвешенно оценивать существующие ограничения. Традиционный компромисс между точностью и интерпретируемостью не снят в общем случае и требует тщательной оценки в каждом конкретном приложении. Принципиально важным является риск «ложного чувства безопасности» (false sense of security):

объяснение, генерируемое пост-хок методами, может быть правдоподобным, но не отражать реальную внутреннюю логику модели [7]. Именно поэтому интринсически интерпретируемые архитектуры – KAN и системы нечёткого вывода – в значительной мере свободны от этого недостатка и методологически предпочтительны для критических промышленных применений. Дополнительным ограничивающим фактором является дефицит качественных обучающих данных: успешное функционирование ИИ-систем требует доступа к структурированным и достоверным данным, тогда как формирование репрезентативных выборок в промышленных контекстах нередко затруднено – аварийные события редки, данные с датчиков могут быть зашумлены или неполны [2, 4]. В этих условиях нечёткие системы с заданными экспертами антецедентами позволяют частично компенсировать дефицит данных, сохраняя интерпретируемость и контролируемость модели.

Стратегически значимым представляется создание отраслевых центров компетенций на базе академических структур ДонНТУ в партнёрстве с промышленными предприятиями. Такое взаимодействие позволит сформировать прикладные лаборатории, ориентированные на задачи с высоким спросом на интерпретируемость: промышленная безопасность, управление качеством, предиктивная диагностика оборудования. Накопление и разметка отраслевых данных – временных рядов показаний датчиков, технологических журналов, результатов лабораторных анализов – является необходимым условием обучения и валидации ХАИ-моделей, адекватных местным условиям производства [2, 3]. Развитие программ подготовки специалистов с акцентом на объяснимость и интерпретируемость в профильных вузах региона будет формировать кадровый потенциал, способный разрабатывать и внедрять ХАИ-решения в конкретных промышленных контекстах.

Выводы: Объяснимый искусственный интеллект представляет собой технологическую необходимость для отраслей, в которых цена непонятого решения измеряется производственной безопасностью и целостностью технологических систем. Донбасс – регион с развитыми традициями горнодобывающей и металлургической промышленности – располагает как очевидным прикладным запросом на ХАИ-технологии, так и реальной академической базой для их развития. Непрозрачность алгоритмов является системным барьером промышленного внедрения ИИ, а прозрачность модели выступает обязательным, а не опциональным требованием в условиях производственной среды. Гибридные архитектуры, объединяющие сети Колмогорова–Арнольда с механизмами нечёткого логического вывода, предлагают математически обоснованный путь к созданию моделей, одновременно точных, прозрачных в своих вычислениях и допускающих

встраивание экспертных знаний. Реализация этого потенциала требует системной работы по формированию отраслевых массивов данных, развитию кадрового потенциала и созданию устойчивых механизмов взаимодействия академической науки с промышленностью.

Перечень ссылок

1. Arrieta A. B. et al. Explainable Artificial Intelligence (XAI): Concepts, taxonomies, opportunities and challenges toward responsible AI //Information fusion. – 2020. – Т. 58. – С. 82-115.
2. Шарнопольская, О. Н. Влияние технологий искусственного интеллекта на стратегическое развитие предприятий региона / О. Н. Шарнопольская, Н. А. Хоцкий // Донбасс будущего глазами молодых ученых : Сборник материалов научно-технической конференции для студентов, аспирантов и молодых ученых, Донецк, 18 ноября 2025 года. – Донецк: Донецкий национальный технический университет, 2025. – С. 222-224. – EDN ISXOML.
3. Мызников, И. А. Внедрение цифровых технологий и искусственного интеллекта в управление отраслевыми комплексами Донбасса / И. А. Мызников // Наука, образование, технологии: вчера, сегодня, завтра : Сборник статей IV Международной научно-практической конференции, Петрозаводск, 11 марта 2025 года. – Петрозаводск: Международный центр научного партнерства "Новая Наука" (ИП Ивановская И.И.), 2025. – С. 110-114. – EDN EZKPRQE.
4. Ланговой, В. А. Искусственный интеллект как инструмент повышения эффективности управленческих решений в бизнесе / В. А. Ланговой, И. А. Галкин // Экономический вестник Донбасского государственного технического университета. 2026. №25. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/iskusstvennyy-intellekt-kak-instrument-povysheniya-effektivnosti-upravlencheskih-resheniy-v-biznese>
5. Liu Z. et al. KAN: Kolmogorov–Arnold networks //International conference on learning representations. – 2025. – Т. 2025. – С. 70367-70413.
6. Yong B. et al. KANFIS A Neuro-Symbolic Framework for Interpretable and Uncertainty-Aware Learning //arXiv preprint arXiv:2602.03034. – 2026.
7. Chung N. C. et al. False sense of security in explainable artificial intelligence (XAI) //arXiv preprint arXiv:2405.03820. – 2024.

УДК 656.073

**ВОПРОСЫ РАЗРАБОТКИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ
БЕСПИЛОТНОЙ ДОСТАВКИ**

К. В. Кобзев, А. Г. Исаев
ФГБОУ ВО «ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»,
г. Ростов-на-Дону, Россия

***Аннотация.** Рассмотрены практические ограничения беспилотной доставки, связанные с наземной грузообработкой, сенсорным контролем и диспетчеризацией. Показано, что развитие интеллектуальных методов управления должно сопровождаться унификацией грузовых модулей и автоматизацией операций на земле.*

***Annotation.** The paper considers practical limitations of unmanned delivery related to ground cargo handling, sensor control and dispatching. It is shown that intelligent control methods should be combined with standard cargo modules and automation of ground operations.*

***Ключевые слова:** беспилотная доставка; БВС; грузообработка; дронопорт; сенсоры; логистика.*

***Keywords:** unmanned delivery; UAV; cargo handling; drone port; sensors; logistics.*

Беспилотная доставка обычно воспринимается как задача полета, но в реальной логистике этого недостаточно. Если аппарат может автоматически пройти маршрут, но после посадки груз все равно перекладывает человек, автономность получается частичной. Поэтому при разработке таких систем нужно рассматривать не только летательный аппарат, а весь участок перевозки: подготовку отправления, закрепление полезной нагрузки, обмен данными, посадку, разгрузку и контроль состояния груза. В работах по совместному использованию наземного транспорта и беспилотных авиационных систем отдельно отмечается, что эффективность доставки зависит от согласования маршрута и операций в точках обслуживания [1].

Для направления «Интеллектуализация техносферы» эта тема важна тем, что беспилотная доставка связана с большим количеством технических и информационных подсистем. На практике в один контур входят сам БВС, наземная станция, оператор или диспетчер, программное обеспечение планирования, датчики контроля полета и грузовой модуль. Ошибка в одном звене может привести не только к

задержке доставки, но и к повреждению посылки, нарушению маршрута или к необходимости ручного вмешательства.

В российской и зарубежной практике беспилотные аппараты уже рассматриваются как средство доставки для труднодоступных территорий, медицинских задач, промышленных площадок и участков последней мили. Однако массовое применение сдерживается не только нормативными вопросами. Серьезной проблемой остается неодинаковость грузов, так как посылки различаются по форме, массе, жесткости упаковки и допустимому способу фиксации. Анализ транспортных технологических циклов показывает, что даже небольшое увеличение числа промежуточных операций влияет на время выполнения доставки и надежность всей цепочки [2].

Наземная инфраструктура постепенно становится отдельным объектом проектирования. Дронопорт может хранить аппарат, выполнять зарядку или замену аккумуляторной батареи, проводить начальную диагностику и обеспечивать защищенную точку посадки. Такой подход уменьшает зависимость от случайных условий на площадке и частично снимает нагрузку с оператора. В качестве примера наземной станции можно рассматривать защищенную док-станцию, приведенную на рис. 1.



Рис. 1. Док-станция для беспилотников вертолетного типа

При этом сама док-станция не решает задачу грузообработки полностью. Во многих вариантах груз заранее должен быть уложен в контейнер, а контейнер должен точно подходить к транспортному модулю. Если форма посылки нестандартная, появляется необходимость в дополнительной укладке или в промежуточной таре. Здесь виден простой, но важный вывод: без унификации грузового

интерфейса автоматизация быстро упирается в ручной труд. Для единичных опытов это допустимо, но для регулярной доставки такая схема становится дорогой и плохо масштабируемой.

Отдельная часть проблемы связана с контролем окружающей среды. Для полета и посадки аппарат использует камеры, ультразвуковые датчики, инерциальные измерители, спутниковую навигацию и лидары. Эти устройства дают много данных, но сами данные не всегда однозначны. Дождь, пыль, блики, слабое освещение и близко расположенные препятствия могут ухудшить качество измерений. Поэтому интеллектуальная система должна не просто получать сигнал, а проверять его, сравнивать показания разных датчиков и принимать решение с учетом вероятности ошибки. Один из вариантов лидарного оборудования для беспилотных систем показан на рис. 2.



Рис. 2. Пример лидарного модуля для беспилотной платформы

Примером развития такого направления можно считать грузовые аппараты, рассчитанные на доставку небольших посылок в автоматизированном режиме. Их преимущества понятны: быстрый вылет, связь с логистической информационной системой, снижение нагрузки на курьера и возможность работать там, где наземная перевозка занимает слишком много времени. В то же время у подобных решений сохраняются ограничения по массе полезной нагрузки, точности посадки, погодным условиям и процедурам допуска к полетам. Общий вид одного из аппаратов доставки приведен на рис. 3.



Рис. 3. Беспилотный аппарат для доставки малогабаритных отправлений

Для повышения автономности недостаточно добавить еще один датчик или увеличить вычислительную мощность. Важнее, чтобы система управления понимала контекст выполняемой операции. При полете к станции ей нужно оценить свободу посадочной зоны, состояние ветра, фактическое положение платформы и готовность приемного устройства. При разгрузке требуется проверить, что контейнер действительно зафиксирован или передан в приемный отсек. При отказе одного из элементов система должна перейти в безопасный сценарий, а не продолжать операцию по прежнему алгоритму. С инженерной точки зрения перспективным выглядит разделение задачи на несколько уровней. На нижнем уровне работают приводы, сенсоры и стабилизация полета. На среднем уровне выполняется распознавание препятствий, контроль посадки и оценка положения груза. На верхнем уровне находится планирование доставки, обмен с диспетчерской системой и учет ограничений маршрута. Такой подход близок к современным представлениям об аппаратном обеспечении беспилотных авиационных систем, где выбор датчиков и вычислительных модулей напрямую связан с условиями городской или промышленной среды [3]. Важным направлением является стандартизация грузового модуля. Если контейнер имеет известные размеры, точки фиксации и информационную метку, то роботизированная погрузка становится намного проще. Станция может заранее определить массу, центр тяжести, допустимое положение захвата и требуемый температурный режим. Для медицинской логистики это особенно существенно, потому что нарушение условий хранения может оказаться важнее самой задержки доставки. Для промышленных объектов стандартный модуль упрощает учет расходных материалов и запчастей.

Еще один практический момент связан с обменом данными между станцией и аппаратом. Перед вылетом система должна передать идентификатор груза, маршрут, допустимые условия перевозки и сведения о состоянии аккумулятора. После завершения операции эти данные нужны для журнала доставки и для разбора возможных сбоев. Если такой обмен не предусмотрен заранее, интеллектуальные функции остаются разрозненными и плохо проверяются при эксплуатации.

Таким образом, беспилотная доставка развивается не только за счет совершенствования летательных аппаратов. Главные резервы автономности находятся на стыке полета, грузообработки и наземной инфраструктуры. Дронопорты и диспетчерские системы уже снижают долю ручных операций, но без унифицированного грузового модуля и надежного сенсорного контроля они не обеспечивают полностью автоматическую доставку.

Для дальнейшей разработки целесообразно рассматривать беспилотную доставку как единую интеллектуальную систему. В ней алгоритмы планирования, датчики, станция обслуживания и контейнер должны проектироваться совместно. Такой подход позволит уменьшить число ручных операций, повысить повторяемость доставки и подготовить базу для практического применения в логистике труднодоступных и промышленных территорий.

Перечень ссылок

1. Костин А.С., Майоров Н.Н. Разработка автоматизированных решений для исследования вариантов маршрутов доставки при совместном использовании транспортного средства и беспилотной авиационной системы в границах города // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2022. № 7. С. 348-356.
2. Ковалев Д.И., Подоплелова В.А., Мансурова Т.П. GERT-анализ транспортных технологических циклов беспилотных летательных аппаратов // Информатика. Экономика. Управление. 2022. Т. 1. № 1. С. 110-120.
3. Силин Ю.А., Майоров Н.Н. Анализ аппаратного обеспечения беспилотной авиационной системы для решения доставки грузов в условиях городской среды // Системный анализ и логистика. 2025. № 4(47). С. 40-48.

УДК 004.92

**АНАЛИЗ И СРАВНЕНИЕ СЮЖЕТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ
ВИДЕОИГР С ЭЛЕМЕНТАМИ ВЫБОРА И ПОСЛЕДСТВИЙ В
КОНТЕКСТЕ РАЗРАБОТКИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ИГРЫ О
СТУДЕНЧЕСКОЙ ЖИЗНИ**

Я. Ю. Коваленко, М. П. Руденко
ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»,
г. Донецк, ДНР

***Аннотация.** В работе проведён сравнительный анализ сюжетно-ориентированных видеоигр с системой выбора и последствий. Рассмотрены такие проекты, как игры с нелинейным повествованием, влияющим на развитие сюжета. Выделены ключевые аспекты: вариативность решений, влияние выбора на концовку, реализм сценария и вовлечённость игрока. Обоснована актуальность разработки собственного игрового проекта, посвящённого проблемам студенческой жизни и академических задолженностей.*

***Annotation.** This paper provides a comparative analysis of story-oriented video games with a system of choices and consequences. It examines projects such as games with non-linear narratives that influence the development of the story. The key aspects highlighted include the variability of decisions, the impact of choices on the ending, the realism of the scenario, and the player's engagement. The relevance of developing a game project dedicated to the problems of student life and academic debts has been substantiated.*

***Ключевые слова:** сюжетные игры, выбор и последствия, геймдизайн, интерактивное повествование, образовательные игры.*

***Keywords:** story-driven games, choice and consequence, game design, interactive storytelling, educational games.*

Общая постановка проблемы

Современные видеоигры всё чаще становятся не просто развлечением, а инструментом передачи сложных жизненных ситуаций и моральных выборов. Особенно популярны проекты, в которых действия игрока напрямую влияют на развитие сюжета и финальный исход игры [1].

Такие игры формируют у пользователя чувство ответственности за принятые решения, что делает игровой процесс более глубоким и

осмысленным. Однако большинство существующих проектов ориентированы на глобальные или фантастические сценарии (апокалипсис, криминал, научная фантастика), в то время как повседневные проблемы, такие как студенческая жизнь, остаются недостаточно раскрытыми.

Возникает проблема: как адаптировать механики нелинейного повествования для отражения реальных жизненных ситуаций, близких пользователю?

Целью данной работы является анализ существующих сюжетных игр с системой выбора и последствий и обоснование актуальности разработки собственного проекта, посвящённого студенту с академическими задолженностями.

Исследование и анализ существующих проектов

Для анализа были выбраны несколько популярных игр с нелинейным сюжетом [2]: Detroit: Become Human, Life is Strange, Papers, Please.

Рассмотрим их по ключевым аспектам.

Во всех рассмотренных играх игроку предоставляется возможность принимать решения, влияющие на сюжет. Так, в Detroit: Become Human – высокая вариативность, а также множество веток развития; в Life is Strange – ограниченные, но эмоционально значимые выборы; в Papers, Please – выборы связаны с моралью и выживанием. Таким образом, чем больше вариантов выбора, тем выше реиграбельность игры.

На рисунке 1 изображены варианты выбора концовок.

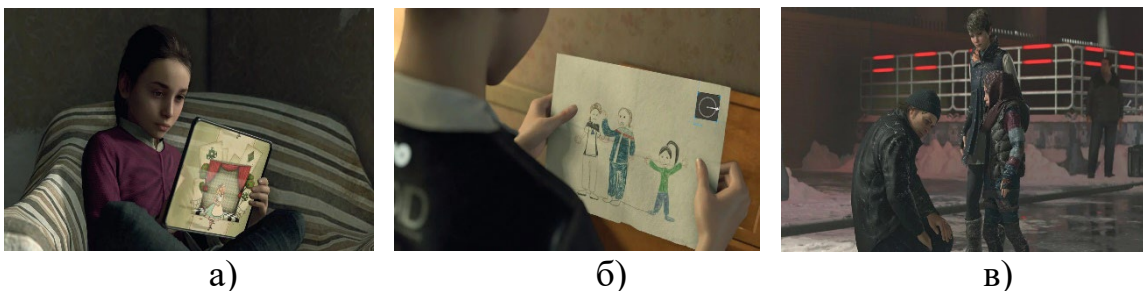


Рисунок 1 – Варианты выбора концовок:

- а) Кара и Алиса выживают в конце; б) Кара умирает в доме со своим хозяином; в) Кара и Алиса умирают в конце.

В Detroit: Become Human – десятки возможных концовок, таких как: Кара выживает, но умирает Алиса (Кара попросят отнести тело андроида на свалку, и если Маркус проведет мирную демонстрацию, то он не успеет спасти Алису в лагере); Кара и Алиса выживают в конце (когда поговорим со сломанными андроидами, то предстоит отправить их, чтобы отвлечь внимание охраны. Тем самым, Лютер, Кара и Алиса успешно перелезут через забор и убегут); Маркус умирает во время

мирной акции протеста (когда во время мирной акции полицейский попросит Маркуса подойти к нему и поговорить, он скажет вам, что если сдаться и завершить мирную акцию, тем самым он пощадит вас и вашу возлюбленную. Но на самом деле полицейский обманет Маркуса и убьет его) [3].

В *Life is Strange* – несколько альтернативных финалов, таких как: Пожертвовать Хлоей (Макс возвращается в прошлое с помощью фотографии бабочки и позволяет Хлое умереть от руки Нейтана Прескотта, который застрелил её в начале игры); Пожертвовать Аркадией Бэй (Макс порвёт фотографию бабочки, и город Аркадия-Бэй обречён принять на себя удар торнадо. Хлоя и Макс оказываются в безопасности на маяке, но предполагается, что большинство жителей города погибли).

В *Papers, Please* – разные исходы в зависимости от действий игрока, например: Инспектор влезает в долги (самого инспектора приговаривают к каторжным работам, а семью отправляют в деревню); Стрельба в человека в красном (если во время нападения террористов застрелить человека в красном из боевого оружия, тогда главного героя посадят в тюрьму, но Орден спасёт его семью); Бегство всей семьёй (для этого нужно добыть паспорта Обристана, обманывая въезжающих граждан этой страны и выдавая им временные документы вместо паспортов). Вывод – наличие нескольких концовок усиливает вовлечённость игрока [4].

Реализм и актуальность сюжета рассмотрены следующим образом: в *Detroit: Become Human* – футуристический сценарий; в *Life is Strange* – подростковые проблемы; в *Papers, Please* – бюрократия и выживание. Несмотря на глубину, ни одна из игр напрямую не рассматривает тему студенческой жизни и академических проблем.

С точки зрения вовлечённости игрока все проекты используют:

- эмоциональные сцены;
- последствия решений;
- моральные дилеммы.

Однако уровень вовлечённости напрямую зависит от того, насколько ситуация близка игроку [5]. Ниже представлен сравнительный анализ по данным играм.

Таблица 1 – Сравнительный анализ игр

Критерий	Detroit: Become Human	Life is Strange	Papers, Please
Вариативность	Высокая	Средняя	Средняя
Количество концовок	Очень высокое	Ограниченное	Среднее
Реализм	Низкий (фантастика)	Средний	Высокий
Близость к студенту	Низкая	Частичная	Низкая

Актуальность собственного проекта

На основе анализа можно сделать вывод, что существует ниша для разработки игры, которая отражает реальные жизненные ситуации студентов, использует систему выбора и последствий, а также сочетает развлекательную и образовательную функции.

Предлагаемый проект представляет собой сюжетную игру, в которой игрок управляет студентом с академическими задолженностями. Игроку предстоит: решать, посещать ли занятия; готовиться к экзаменам или откладывать; взаимодействовать с преподавателями; балансировать между учебой и личной жизнью.

Возможные исходы: успешное закрытие долгов; отчисление; альтернативный сценарий (например, служба в армии) [6].

Преимущества проекта: актуальность – тема близка целевой аудитории (студенты); образовательная ценность – демонстрация последствий решений; иммерсивность – реалистичный сценарий; реиграбельность – несколько вариантов развития событий.

Выводы.

В ходе исследования были проанализированы современные сюжетно-ориентированные игры с системой выбора и последствий. Выявлено, что, несмотря на высокую проработку механик, большинство проектов не затрагивает повседневные проблемы студентов. Разработка игры о студенте с академическими задолженностями является актуальной, так как отражает реальные жизненные ситуации, обладает образовательным потенциалом, а также может повысить осознанность игроков [7].

Таким образом, предложенный проект представляет собой перспективное направление в области интерактивных образовательных игр.

Перечень ссылок

1. Fullerton T. Game Design Workshop: A Playcentric Approach to Creating Innovative Games – 4th ed. – Boca Raton : CRC Press, 2018. – 538 p.
2. Salen K., Zimmerman E. Rules of Play: Game Design Fundamentals – Cambridge : MIT Press, 2004. – 670 p.
3. Ryan M.-L. Narrative as Virtual Reality: Immersion and Interactivity in Literature and Electronic Media – Baltimore : Johns Hopkins University Press, 2015. – 296 p.
4. Juul J. Half-Real: Video Games between Real Rules and Fictional Worlds – Cambridge : MIT Press, 2005. – 248 p.
5. Schell J. The Art of Game Design: A Book of Lenses – 3rd ed. – Boca Raton : CRC Press, 2020. — 640 p.
6. Unity Technologies. Unity User Manual [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.unity3d.com>
7. Epic Games. Unreal Engine Documentation [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://docs.unrealengine.com>

АНАЛИЗ ПЛАТФОРМ РАЗРАБОТКИ МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ РАЗВИТИЯ

С. С. Ковальков, О. Ю. Чередникова
ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»,
г. Донецк, ДНР

Аннотация. В статье рассматриваются современные подходы к разработке мобильных приложений, их назначение и основные сферы применения. Проведён краткий анализ популярных языков программирования, используемых при создании мобильных приложений, включая Kotlin, Java, Swift и Dart.

Annotation. The article discusses modern approaches to mobile application development, their purpose and main areas of application. A brief analysis of popular programming languages used in mobile application development, including Kotlin, Java, Swift and Dart, is carried out.

Ключевые слова: мобильное приложение, Android, iOS, Kotlin, Swift, Flutter, разработка программного обеспечения.

Keywords: mobile application, Android, iOS, Kotlin, Swift, Flutter, software development.

Общая постановка проблемы

Мобильные приложения являются неотъемлемой частью современной цифровой среды. Они представляют собой программное обеспечение, предназначенное для работы на смартфонах, планшетах и других мобильных устройствах. Основной целью мобильных приложений является предоставление пользователю удобного доступа к различным сервисам и функциям независимо от местоположения [1].

Сегодня мобильные приложения используются практически во всех сферах деятельности: банковские и финансовые услуги, образование, медицина, электронная коммерция, социальные сети и коммуникации, развлечения и игры, транспорт и навигация.

Рост популярности мобильных устройств привёл к активному развитию технологий мобильной разработки. Перед разработчиками возникает задача выбора подходящих языков программирования, инструментов и платформ для создания эффективных и производительных приложений [1].

Целью статьи является рассмотрение основных технологий разработки мобильных приложений, анализ популярных языков программирования и примеров их практического применения [1].

Анализ языков программирования для разработки мобильных приложений

Современная мобильная разработка включает большое количество инструментов и технологий. Наиболее популярными языками программирования являются Kotlin, Java, Swift и Dart.

Kotlin — современный язык программирования, разработанный компанией JetBrains и официально поддерживаемый Google для создания Android-приложений [2].

Преимущества языка:

- лаконичный и безопасный синтаксис;
- полная совместимость с Java;
- поддержка объектно-ориентированного и функционального программирования;
- высокая производительность.

Примеры приложений, разработанных на Kotlin: Pinterest (социальная платформа для поиска и сохранения изображений), Trello (приложение для управления проектами и задачами), Evernote (сервис для создания заметок и хранения информации.)

Kotlin активно используется для разработки современных Android-приложений благодаря удобству разработки и высокой стабильности [2].

Java является одним из самых популярных языков программирования в мире и долгое время был основным языком разработки Android-приложений.

Преимущества языка Java являются:

- платформенная независимость;
- большое количество библиотек и фреймворков;
- высокая стабильность и безопасность;
- большое сообщество разработчиков.

Примерами приложений, разработанными на Java являются: Spotify (музыкальный стриминговый сервис); LinkedIn (профессиональная социальная сеть).

Несмотря на рост популярности Kotlin, Java продолжает активно использоваться в поддержке и разработке мобильных приложений [3].

Swift — язык программирования компании Apple, предназначенный для разработки приложений под iOS, iPadOS и macOS[4].

Преимущества этого языка:

- высокая скорость работы;
- современный и понятный синтаксис;
- повышенная безопасность кода;
- оптимизация под устройства Apple.

Примеры приложений, разработанных на Swift: Airbnb (сервис аренды жилья); LinkedIn для iOS; Lyft (приложение для заказа транспорта).

Swift считается основным инструментом разработки приложений для экосистемы Apple[4].

Dart — язык программирования, разработанный Google. На его основе работает фреймворк *Flutter*, предназначенный для создания кроссплатформенных мобильных приложений.

Преимущества языка Dart являются:

- единая кодовая база для Android и iOS;
- высокая скорость разработки;
- красивый и адаптивный пользовательский интерфейс;
- поддержка горячей перезагрузки (Hot Reload).

Примеры приложений, разработанных на фреймворке Flutter: Google Ads (приложение для управления рекламными кампаниями); Alibaba (платформа электронной коммерции); eBay Motors (сервис для покупки автомобилей и запчастей).

Flutter становится всё более популярным благодаря возможности создавать приложения сразу для нескольких платформ [5].

Перспективы развития мобильной разработки

Современные тенденции показывают активное развитие мобильных технологий в нескольких направлениях:

Во-первых, кроссплатформенная разработка. Использование Flutter и React Native позволяет сократить время и стоимость разработки приложений для разных операционных систем.

Во-вторых, интеграция искусственного интеллекта. Мобильные приложения всё чаще используют технологии машинного обучения, голосовых помощников и интеллектуальных рекомендаций [5].

В-третьих, это облачные технологии. Интеграция с облачными сервисами обеспечивает хранение данных, синхронизацию и удалённый доступ к информации.

Стоит отметить, что немаловажным критерием в современной разработке является безопасность. Разработчики уделяют особое внимание защите персональных данных пользователей и безопасной передаче информации [5].

Так же не стоит забывать про активное развитие мобильных игр

и AR/VR-технологий, они активно внедряются в мобильные приложения для развлечений, обучения и бизнеса [5].

Выводы

Проведённый анализ показывает, что мобильные приложения играют важную роль в современном обществе и используются практически во всех сферах деятельности. Разработка мобильных приложений является одним из наиболее востребованных направлений в области информационных технологий.

Выбор языка программирования зависит от платформы, целей проекта и требований к производительности. Kotlin и Java широко применяются для Android-разработки, Swift используется в экосистеме Apple, а Dart и Flutter позволяют создавать кроссплатформенные приложения. Знание актуальных языков программирования и их особенностей имеет практическое значение для разработчиков, студентов и организаций, занимающихся созданием мобильного программного обеспечения.

Развитие мобильных технологий, искусственного интеллекта и облачных сервисов способствует дальнейшему расширению возможностей мобильных приложений и увеличению их значения в повседневной жизни пользователей.

Перечень ссылок

1. Mobile App Development Trends 2026 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.statista.com/topics/1002/mobile-app-development>
2. Kotlin Programming Language [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://kotlinlang.org>
3. Oracle Java Documentation [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://docs.oracle.com/javase>
4. Apple Developer Documentation [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://developer.apple.com/documentation>
5. Flutter Documentation [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://docs.flutter.dev>

УДК 004.415.2.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССАМИ ОРГАНИЗАЦИИ

В. В. Котов

«ПРИАЗОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ» - ФИЛИАЛ ФГБОУ ВО «НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

г. Мариуполь, Россия

Аннотация. В работе рассматриваются теоретико-методологические аспекты совершенствования системы управления бизнес-процессами в условиях цифровой экономики. Особое внимание уделено эволюции процессно-ориентированного подхода, инструментарию моделирования бизнес-процессов и системе ключевых показателей результативности.

Annotation. The paper discusses the theoretical and methodological aspects of improving the business process management system in the digital economy. Special attention is paid to the evolution of the process-oriented approach, business process modeling tools, and the system of key performance indicators.

Ключевые слова: бизнес-процессы, процессное управление, BPMN, цифровая трансформация.

Keywords: business processes, process management, BPMN, digital transformation.

Современный этап развития управленческой мысли характеризуется устойчивым смещением акцента от функционально-иерархических структур к процессно-ориентированным моделям. Данная трансформация обусловлена усложнением хозяйственных связей, ускорением технологических изменений и ростом требований потребителей к качеству и скорости обслуживания. Как справедливо отмечается в научной литературе, процессно-ориентированный подход зарекомендовал себя в качестве наиболее эффективной концептуальной рамки для построения систем управления, способных адекватно реагировать на вызовы внешней среды [1]. Сущность этого подхода заключается в принципиальном переосмыслении организации деятельности предприятия не как совокупности разрозненных функций, закреплённых за структурными подразделениями, а как

целостной системы сквозных цепочек действий, каждая из которых нацелена на создание ценности для конкретного потребителя. Анализ эволюции управленческих парадигм показывает, что ключевым отличием процессного управления от классического функционального является фокус не на вертикальных иерархиях, а на горизонтальных потоках работ, пересекающих границы отделов и служб [1].

Таблица 1 — Эволюция подходов к управлению организацией

Этап / Подход	Ключевой фокус	Основные принципы	Ключевые ограничения
Функциональ- ный (классический)	Вертикальная иерархия и специализация подразделений	Единоначалие, разделение труда, норма управляемости, централизация	«Разрывы» процессов на стыках отделов, инертность, слабая клиентоориентиро- ванность [1]
Процессный (TQM, Lean)	Сквозные потоки создания ценности для клиента	Ориентация на потребителя, непрерывные улучшения (Kaizen), устранение потерь, вовлечение персонала	Сложность масштабирования в крупных организациях, высокие требования к корпоративной культуре
Реинжиниринг (BPR)	Радикальное перепроектирован- ие процессов для прорывных результатов	Фундаментальнос- ть, радикальность, скачкообразность улучшений	Высокие риски, сопротивление изменениям, значительные инвестиции
Цифровой (BPM, экосистемы)	Цифровые платформы и данные как основа процессов	Agile-гибкость, автоматизация рутины, предиктивная аналитика, клиентский опыт (CX)	Технологическая зависимость, киберриски, необходимость новых компетенций

Практическая реализация процессного подхода невозможна без адекватного инструментально-методологического обеспечения, позволяющего формализовать, анализировать и преобразовывать

процессы. Сравнительный анализ современных нотаций моделирования показывает, что каждая из них имеет свою область применения. Методология ARIS (Architecture of Integrated Information Systems) предоставляет наиболее комплексный подход к многомерному моделированию предприятия, интегрируя организационный, функциональный, информационный и процессный аспекты. Её ключевая особенность заключается в наличии обширного набора моделей (около ста типов), которые можно комбинировать в зависимости от целей проекта для интеллектуализации предприятия, формируя локальную методологию под конкретные задачи. Основными моделями ARIS являются диаграмма целей, дерево функций, расширенная событийная цепочка процессов (eEPC), диаграмма цепочки добавленной стоимости и организационная схема. [2].

Инструментальная поддержка моделирования реализуется через специализированное программное обеспечение различного уровня функциональности. Для решения базовых задач моделирования и обучения часто используются бесплатные продукты, такие как ARIS Express, поддерживающий девять нотаций, и Bizagi Modeler, представляющий собой полнофункциональный дизайнер процессов в нотации BPMN 2.0 с возможностью документирования, симуляции и публикации моделей. Для полноценной автоматизации и исполнения процессов применяются BPM-системы (Business Process Management Suite), например ELMA, Bizagi Studio, Camunda. Данные платформы позволяют не только смоделировать процесс, но и разработать пользовательские формы, задать бизнес-правила, интегрироваться с другими информационными системами (CRM, ERP), запустить процесс в работу и контролировать его выполнение в реальном времени. [2].

Анализ бизнес-процессов подразделяется на качественные и количественные методы. Качественные методы включают экспертную оценку, интервьюирование участников, анализ жалоб клиентов и инцидентов. Количественные методы базируются на расчёте показателей эффективности, функционально-стоимостном анализе (ФСА) и имитационном моделировании. ФСА, в частности, позволяет определить стоимость выполнения каждой операции процесса и выявить наиболее затратные зоны. [2]. Десятишаговый алгоритм расчёта стоимости процесса, предложенный А. Коптеловым, включает выбор анализируемого процесса, описание операций, определение ресурсов, расчёт времени выполнения, определение стоимости единицы времени каждого ресурса, расчёт стоимости каждой

операции, суммирование стоимости операций для получения общей стоимости процесса за период и расчёт стоимости единичного выполнения процесса. Полученные результаты позволяют визуализировать структуру затрат и выявить зоны для потенциальной экономии. [3].

Современные тенденции в области измерения эффективности бизнес-процессов связаны с цифровизацией и использованием технологий искусственного интеллекта. Внедрение инструментов Process Mining, основанных на анализе цифровых следов (event logs) информационных систем, позволяет объективно выявлять реальные, а не декларируемые модели процессов, обнаруживать отклонения, узкие места и неэффективные маршруты обработки заявок. Интеграция искусственного интеллекта в системы мониторинга KPI открывает возможности для предиктивной аналитики — прогнозирования будущих отклонений и упреждающего управления рисками. Формирование цифровых экосистем, интегрирующих разнородные сервисы на единой платформенной основе, предъявляет повышенные требования к процессной архитектуре: она должна обеспечивать не только эффективность отдельных операций, но и бесшовное взаимодействие между компонентами экосистемы, обмен данными в реальном времени и адаптацию к изменяющимся потребностям клиентов. В этом контексте управление бизнес-процессами (BPM) эволюционировало в целостную управленческую дисциплину, сочетающую методологии, технологии и культурные аспекты для достижения операционного совершенства и стратегической гибкости [3].

Проведённое теоретико-методологическое исследование позволяет сформулировать ряд обобщающих выводов. Эволюция управленческих подходов демонстрирует устойчивый вектор движения от функционально-иерархических моделей к процессно-ориентированным и, далее, к цифровым экосистемным конструкциям. Сущность процессного подхода заключается в идентификации, описании, анализе, непрерывном улучшении и управлении сквозными цепочками действий, преобразующих входы в выходы, востребованные потребителем. Систематизация бизнес-процессов по их роли в создании ценности позволяет выделить основные, обеспечивающие и управленческие процессы, а иерархическое представление в виде «дерева бизнес-процессов» обеспечивает наглядность и системность в распределении ресурсов. Сравнительный анализ современных методологий моделирования (ARIS, BPMN 2.0, IDEF0) показывает, что каждая из них имеет свою область применения: ARIS оптимальна для комплексного архитектурного моделирования, BPMN — для моделирования исполняемых процессов на операционном уровне, IDEF0 — для функционального моделирования на начальных этапах проектирования информационных систем. [4].

Перечень ссылок

1. Антонов, В. Г. Управление бизнес-процессами: современные подходы : учебник для вузов / В. Г. Антонов, А. В. Антонова. — Москва : Юрайт, 2023. — 285 с.
2. Газин, К. А. Современные методы оптимизации бизнес-процессов организации / К. А. Газин // Матрица научного познания. — 2022. — № 2-1. — С. 93-96.
3. Герасимова, А. Г. Влияние искусственного интеллекта на реинжиниринг бизнес-процессов / А. Г. Герасимова, Н. Ю. Сергеев // Цифровые технологии и инновации в развитии науки и образования : сборник статей по материалам Всероссийской научно-практической конференции (Чебоксары, 11 апреля 2025 года). — Чебоксары : ЧГПУ, 2025. — С. 207-211.
4. Долганова, О. И. Моделирование бизнес-процессов : учебник и практикум для вузов / О. И. Долганова, Е. В. Виноградова, А. М. Лобанова ; под редакцией О. И. Долгановой. — Москва : Юрайт, 2023. — 289 с.

УДК 004.4'2

АНАЛИЗ РАЗРАБОТКИ TELEGRAM-БОТОВ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ УЧЕБНЫМ ПРОЦЕССОМ

Д. С. Крохмалев, О. Ю. Чередникова
ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»,
г. Донецк, ДНР

Аннотация. В статье рассматриваются особенности разработки Telegram-ботов для автоматизации учебного процесса. Проведен анализ архитектуры ботов, используемых технологий и подходов к организации взаимодействия с пользователем. Особое внимание уделено вопросам хранения данных и реализации административного управления системой.

Annotation. The article analyzes the development of Telegram bots for managing the educational process. The architecture, technologies, and interaction approaches are examined, along with database usage and administrative functionality.

Ключевые слова: Telegram-бот, Python, Bot API, автоматизация, база данных.

Keywords: Telegram bot, Python, Bot API, automation, database.

Введение

В условиях активной цифровизации образования всё большую популярность приобретают системы автоматизации учебного процесса. Современные образовательные учреждения стремятся обеспечить быстрый доступ студентов и преподавателей к расписанию занятий, учебным материалам, уведомлениям и другим информационным ресурсам. Одним из наиболее удобных инструментов для решения подобных задач становятся Telegram-боты, интегрированные в популярный мессенджер Telegram.

Актуальность данной темы обусловлена тем, что Telegram является одной из наиболее распространённых платформ для коммуникации среди студентов и преподавателей. Использование Telegram-ботов позволяет сократить время получения информации, уменьшить нагрузку на административный персонал и повысить удобство взаимодействия пользователей с образовательной системой.

Целью статьи является анализ особенностей разработки Telegram-ботов для управления учебным процессом, рассмотрение используемых технологий, архитектурных решений и подходов к

организации взаимодействия с пользователями [1].

Общая постановка проблемы

Организация учебного процесса требует постоянного взаимодействия между студентами, преподавателями и администрацией образовательного учреждения. Значительная часть информации - расписание занятий, изменения в графике, уведомления, учебные материалы и консультации - должна предоставляться пользователям оперативно и в удобной форме. При использовании традиционных веб-систем или бумажных объявлений возникают проблемы, связанные с медленным обновлением информации, сложностью доступа и высокой нагрузкой на сотрудников учебного заведения [2].

В связи с этим возрастает необходимость внедрения автоматизированных средств взаимодействия, обеспечивающих быстрый доступ к образовательным ресурсам. Telegram-боты представляют собой одно из наиболее перспективных решений данной задачи, поскольку позволяют организовать удобный интерфейс общения внутри привычной для пользователей среды.

Особую актуальность подобные системы приобретают в условиях дистанционного и смешанного обучения, где скорость обмена информацией играет важную роль. Telegram-боты позволяют автоматизировать обработку запросов пользователей, организовать систему уведомлений и обеспечить круглосуточный доступ к необходимым данным [3].

Анализ подходов к разработке

Telegram-боты взаимодействуют с сервером через Bot API, который передаёт обновления в формате JSON [2]. Наиболее удобными для разработки считаются библиотеки, которые скрывают низкоуровневую работу с API и предоставляют готовые механизмы обработки сообщений.

Например, в aiogram обработка команды /start может быть реализована через декораторы, что делает код более читаемым и структурированным. В Telebot же логика часто строится через обработчики функций, что проще, но менее гибко при сложных сценариях.

Асинхронность позволяет значительно повысить производительность. Например, если бот одновременно обрабатывает запросы расписания от 200 пользователей, асинхронная модель не блокирует выполнение задач, а распределяет их в очереди событий.

Для управления диалогом активно применяются конечные автоматы. В образовательной системе это может выглядеть так:

- состояние выбора факультета
- состояние выбора группы
- состояние запроса данных студента
- состояние вывода результата

Такой подход уменьшает количество ошибок ввода и делает поведение системы более предсказуемым.

Организация хранения данных

В образовательных Telegram-ботах чаще всего используется реляционная модель данных. Это связано с тем, что информация имеет чёткую структуру: студенты, группы, преподаватели и дисциплины связаны между собой.

Например:

- один факультет содержит несколько групп
- одна группа содержит множество студентов
- преподаватель может вести несколько дисциплин

На этапе разработки часто используется SQLite – из-за простоты подключения и отсутствия необходимости в сервере. Однако при переходе к реальным нагрузкам предпочтение отдаётся PostgreSQL. Он обеспечивает поддержку сложных запросов, индексации и параллельной работы пользователей [4].

Например, для ускорения получения расписания может использоваться SQL-запрос с индексом по полю `group_id`, что существенно сокращает время выборки при больших объёмах данных.

Также нередко применяется кэширование. Если расписание для группы не изменяется в течение дня, его можно хранить в памяти или Redis, чтобы не обращаться к базе повторно.

Особенности взаимодействия с пользователем

Основной интерфейс Telegram-ботов основан на кнопках. Это делает систему более понятной, особенно для пользователей без технического опыта [5].

На практике используются:

- inline-кнопки (например, выбор группы прямо в сообщении)
- reply-кнопки (быстрые ответы)
- меню навигации

Например, при выборе факультета бот может вывести список кнопок, каждая из которых автоматически отправляет callback-запрос, что исключает необходимость ручного ввода текста.

Также важным элементом является разграничение ролей. В типичной системе выделяются:

- студент (просмотр данных)
- преподаватель (работа с оценками и материалами)
- администратор (полное управление системой)

Такое разделение снижает риск случайного изменения данных и повышает безопасность.

Преимущества и ограничения использования Telegram-ботов

Использование Telegram-ботов в образовательных системах постепенно стало не просто удобным решением, а вполне рабочим инструментом для автоматизации повседневных задач. В первую очередь это связано с доступностью: пользователю достаточно лишь иметь установленный Telegram, и он уже может получать доступ к учебной информации без дополнительных приложений или сложной авторизации. Особенно это заметно в университетских и школьных системах, где важно быстро донести информацию до большого числа людей.

Если говорить более предметно, такие боты чаще всего применяются для вполне конкретных задач. Например, студент может через бот получить расписание занятий по своей группе, проверить изменения в графике или узнать аудиторию лекции. В других случаях бот используется для уведомлений - например, о переносе пар или появлении новых материалов. Иногда реализуются более сложные сценарии: запись на консультации, просмотр оценок или даже первичная навигация по учебным ресурсам кафедры.

Не менее важным остаётся и вопрос разработки. Благодаря Bot API и библиотекам вроде aiogram или python-telegram-bot создание подобных решений занимает относительно немного времени. Уже на базовом уровне можно реализовать команды, кнопочный интерфейс и работу с базой данных. В результате такие системы часто используются не только в учебных проектах, но и как прототипы реальных образовательных сервисов.

Несмотря на это, при переходе от простой реализации к более серьёзной эксплуатации начинают проявляться ограничения, которые не всегда очевидны на старте. Например, помимо уже известных лимитов Bot API (ошибка 429 при превышении запросов), возникают и другие практические сложности.

Перспективы развития

Современная тенденция развития Telegram-экосистемы связана с Mini Apps, которые позволяют создавать полноценные веб-интерфейсы внутри мессенджера [5].

Отдельно стоит отметить рост интереса к интеграции искусственного интеллекта. Уже сейчас боты могут использовать нейросети для обработки запросов, например, для автоматического ответа на вопросы студентов или генерации расписаний [4,2].

Также развивается инфраструктура TON, которая постепенно расширяет возможности платежей и сервисов внутри Telegram [3].

Практические аспекты реализации

На практике Telegram-бот чаще всего строится по клиент-серверной архитектуре: Telegram выступает интерфейсом, а сервер отвечает за всю логику [4].

Типичный проект делится на модули:

- расписание
- оценки
- уведомления

Например, модуль уведомлений может работать через фоновые задачи (cron или Celery), которые проверяют изменения в базе данных и отправляют сообщения пользователям.

Для оптимизации используются:

- индексы в SQL (ускорение поиска по group_id)
- кэширование (Redis)
- минимизация повторных запросов

Также важна безопасность: проверка токенов пользователей, ограничение доступа по ролям и защита персональных данных.

Выводы

Telegram-боты являются удобным инструментом автоматизации учебного процесса благодаря простоте использования и высокой доступности.

Выбор технологий зависит от масштаба системы: простые проекты могут использовать Telebot и SQLite, тогда как более сложные решения требуют aiogram и PostgreSQL.

Наиболее важным фактором является архитектура системы и правильная организация взаимодействия с пользователем, особенно при использовании конечных автоматов.

Перспективы развития связаны с внедрением Mini Apps, искусственного интеллекта и расширением экосистемы Telegram как универсальной платформы.

Перечень ссылок

1. SendPulse. Best Telegram Chatbot Builders for No-Code Automation in 2025 [Электронный ресурс]. — URL: <https://sendpulse.com/blog/best-telegram-chatbot-builders>

2. GitHub. Telegram Bot Development Guide: API vs python-telegram-bot vs Telebot [Электронный ресурс]. — URL: <https://github.com/ibrahimpelumi6142/telegram-bot-api-vs-telebot>

3. DEV Community. Which Telegram Bot Library Should You Use? Beginner-Friendly Guide [Электронный ресурс]. — URL: https://dev.to/lasisi_ibrahimpelumi_dc0/which-telegram-bot-library-should-you-use-beginner-friendly-guide-4g90

4. 3DNews. В Telegram ожидается наплыв ИИ-агентов [Электронный ресурс]. — URL: <https://3dnews.ru/1139025/v-telegram-ogidaetsya-napliv-iiagentov-messenger-podklyuchilsya-k-razrabotke-openclaw>

5. LinkedIn Analytics. Telegram Mini Apps Analytics — January 2026 [Электронный ресурс]. — URL: https://www.linkedin.com/posts/aleksandrs-hrisanfovs_telegram-mini-apps-january-2026-activity-7429453921833672704

УДК 004.5

**РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ
ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ОПЕРАЦИОННОЙ
СИСТЕМЫ WINDOWS ЗА СЧЁТ ОПТИМИЗАЦИИ
СИСТЕМНЫХ НАСТРОЕК**

Д. Д. Кудлай, М. П. Руденко
ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»,
г. Донецк, ДНР

Аннотация. В статье рассматривается задача повышения производительности операционной системы Windows за счёт оптимизации системных настроек. Предложен программный комплекс, реализующий управление параметрами системы и упрощающий процесс их настройки для пользователя. Разработанное решение позволяет повысить удобство работы с системой и обеспечить более эффективное использование ресурсов.

Annotation. The article discusses the task of improving the performance of the Windows operating system by optimizing system settings. A software package is proposed that implements the management of system parameters and simplifies the process of setting them up for the user. The developed solution makes it possible to increase the convenience of working with the system and ensure more efficient use of resources.

Ключевые слова: оптимизация Windows, производительность ОС, системные настройки, программный комплекс, пользовательский интерфейс, WPF, MVVM

Keywords: Windows optimization, OS performance, system settings, software complex, user interface, WPF, MVVM

Введение

Операционная система Windows широко используется как в домашних условиях, так и в рабочих средах. Несмотря на это, со временем пользователи часто сталкиваются с тем, что система начинает работать медленнее. Это проявляется в увеличении времени запуска приложений, снижении отзывчивости интерфейса и общем замедлении работы.

Основными причинами такого поведения являются накопление фоновых процессов, увеличение количества программ в автозагрузке, а также изменение системных параметров в процессе установки различного программного обеспечения. В большинстве случаев

пользователь либо не обращает на это внимания, либо не имеет достаточных знаний для самостоятельной настройки системы.

Существующие программы для оптимизации системы решают данную проблему лишь частично. Некоторые из них выполняют изменения автоматически, не давая пользователю полного понимания происходящего, другие – наоборот, требуют слишком глубокого погружения в настройки.

Поэтому возникает задача создания программного решения, которое позволит упростить процесс оптимизации системы, сделать его более понятным и при этом не снижать уровень контроля над изменениями.

Цель и задачи исследования

Целью данной работы является разработка программного комплекса, позволяющего повысить производительность операционной системы Windows за счёт изменения и оптимизации системных настроек.

Для достижения поставленной цели были поставлены следующие задачи:

- рассмотреть факторы, влияющие на производительность системы;
- спроектировать структуру программного комплекса;
- реализовать механизм изменения системных параметров;
- разработать удобный пользовательский интерфейс;
- обеспечить стабильную работу программы без заметной нагрузки на систему.

Проектирование и структура приложения

Разработка программного комплекса выполнялась с использованием языка программирования C# и технологии WPF, что позволяет создать удобный, гибкий и настраиваемый графический интерфейс [1]. В качестве архитектурной основы был выбран MVVM (Model-View-ViewModel), позволяющий разделить логику приложения, данные и пользовательский интерфейс [2]. На практике это упрощает разработку, повышает читаемость кода и облегчает внесение изменений без затрагивания всей структуры программы.

Приложение условно разделено на три основные части: компонент, отвечающий за хранение и описание данных (включая параметры настроек и их текущее состояние), компонент пользовательского интерфейса, а также модуль, реализующий основную логику работы программы и обработку действий пользователя. Такое разделение позволяет избежать ситуаций, при которых изменение визуальной части требует переработки логики, и

наоборот, что положительно сказывается на масштабируемости проекта.

Реализация оптимизации системы

Основная идея разрабатываемого программного комплекса заключается в предоставлении пользователю возможности управлять параметрами операционной системы без необходимости ручного поиска и изменения отдельных настроек. В программе были разработаны механизмы, позволяющие изменять состояние системных служб, параметры автозагрузки, реестра, а также ряд системных конфигураций, напрямую влияющих на производительность [3]. Общий вид разработанного программного комплекса с отображением текущего состояния системы представлен ниже (рис. 1).

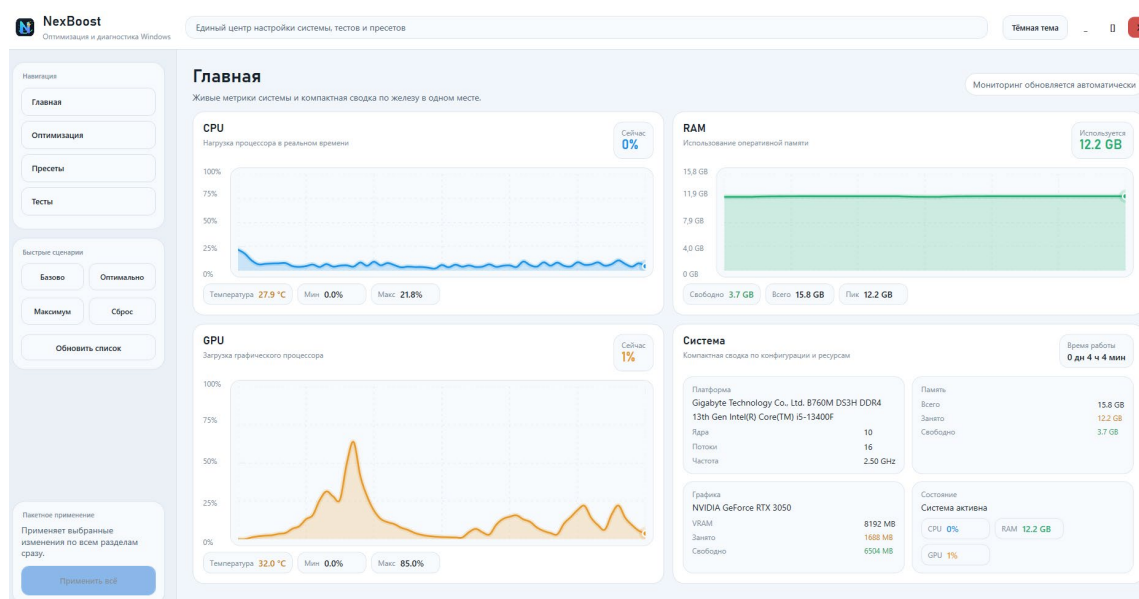


Рис. 1. Главный экран программы с отображением показателей системы

Для упрощения взаимодействия все настройки были объединены в логические группы, которые пользователь может применять как единое целое (рис. 2). Дополнительно для повышения наглядности и удобства использования реализована система цветовой индикации состояний параметров. Настройки, оказывающие положительное влияние на производительность системы, отображаются с использованием зелёного цвета, в то время как параметры, снижающие эффективность работы системы или находящиеся в нежелательном состоянии, выделяются красным.

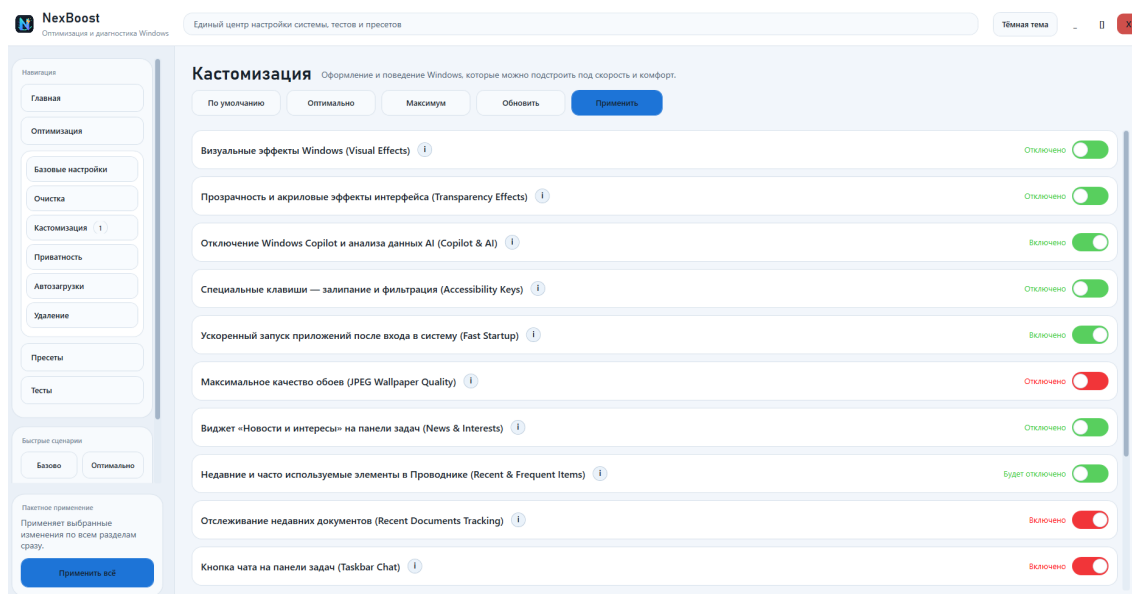


Рис. 2. Раздел настройки системных параметров

Такой подход позволяет сократить время настройки системы и снизить вероятность ошибок, при этом сохраняя общее понимание выполняемых изменений. Процесс работы программы сводится к выбору пользователем нужного варианта оптимизации, формированию списка изменений и их последующему применению, после чего интерфейс обновляет своё состояние и отображает актуальные параметры системы. Дополнительно пользователь имеет возможность получить более подробную информацию о каждой функции, воспользовавшись соответствующей кнопкой в интерфейсе (рис. 3), что позволяет лучше понимать назначение и влияние выбранных параметров.

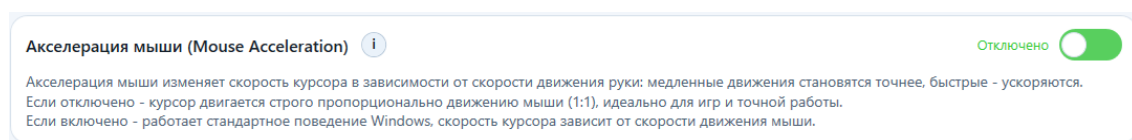


Рис. 3. Просмотр подробной информации о функции

Для дополнительного упрощения настройки системы реализован механизм работы с пользовательскими наборами параметров (пресетами). Данный функционал позволяет сохранять выбранные значения параметров и применять их повторно без необходимости повторной настройки (рис. 4).

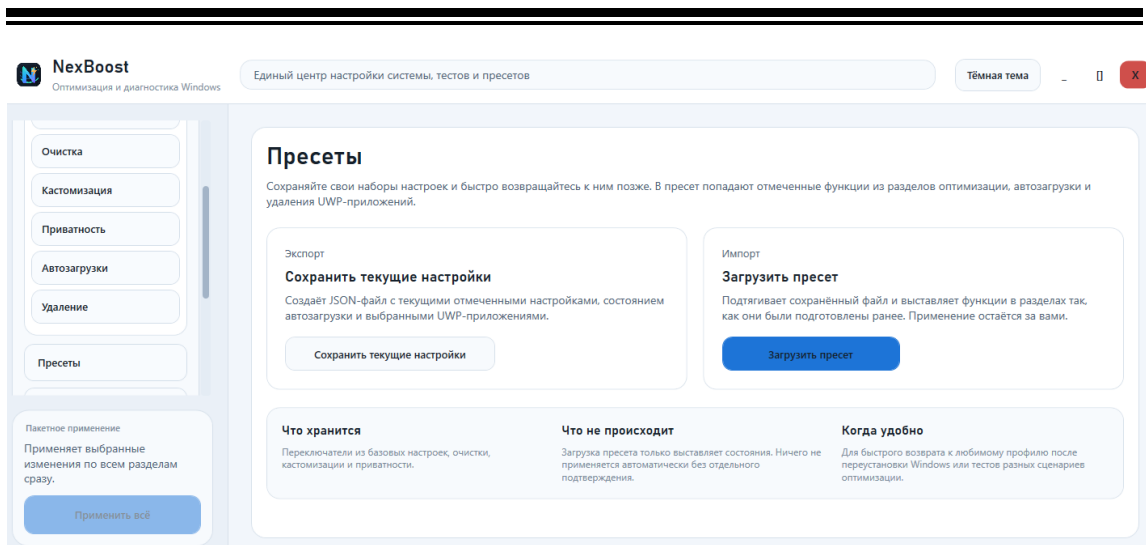


Рис. 4. Интерфейс работы с пользовательскими пресетами

Использование пресетов также позволяет переносить настройки между различными устройствами. Пользователь может сохранить конфигурацию на одном компьютере и затем применить её на другом, что сокращает время настройки системы.

Отдельный функциональный блок приложения связан с управлением автозагрузкой. Пользователь может просматривать список программ, которые запускаются вместе с системой, а также отключать или включать их при необходимости. Снижение количества элементов автозапуска положительно влияет на скорость загрузки системы (рис. 5).

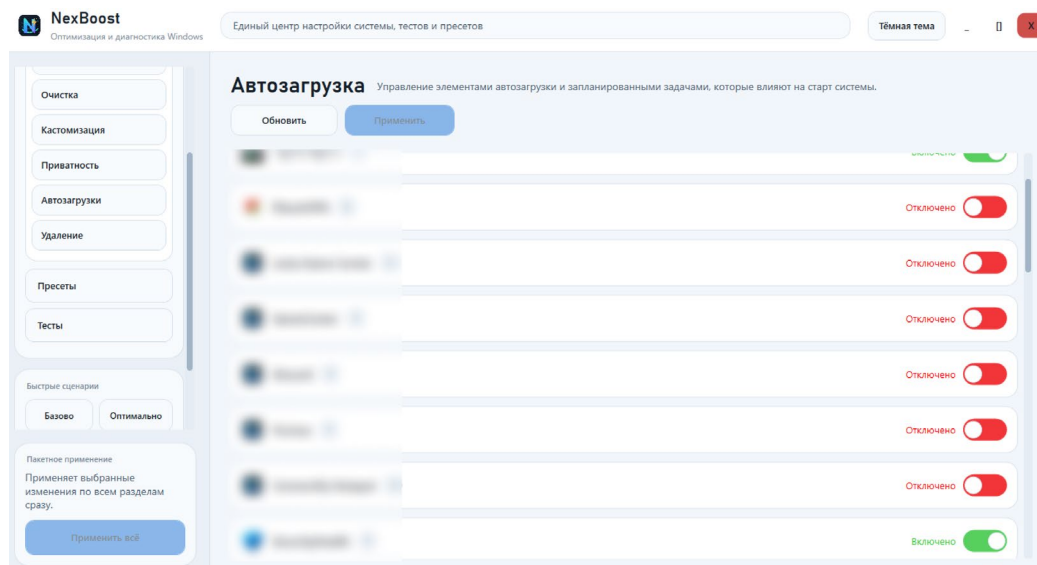


Рис. 5. Раздел автозагрузок

Реализована возможность удаления встроенных приложений операционной системы (UWP) [4]. Пользователь может выбрать ненужные компоненты и удалить их через интерфейс программы

(рис. 6), что позволяет освободить ресурсы системы.

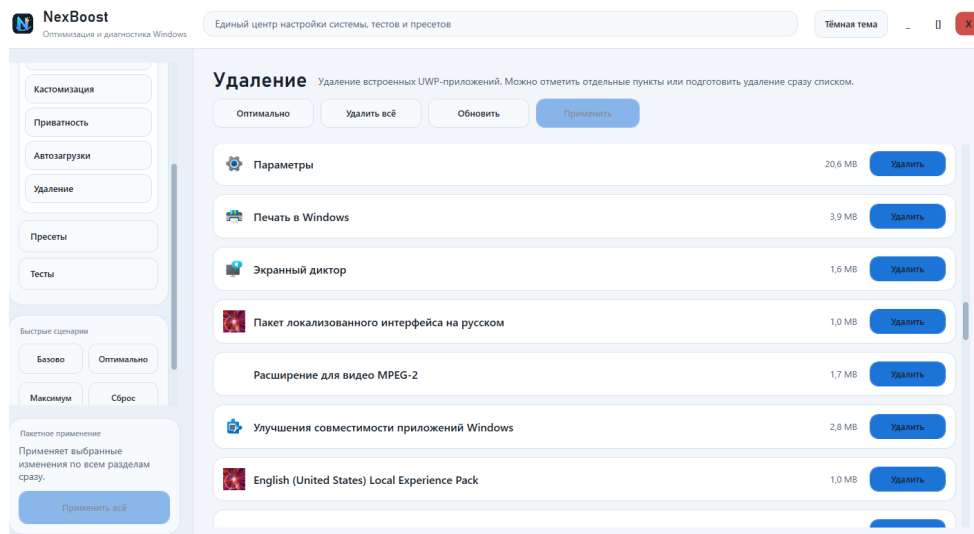


Рис. 6. Раздел удаление встроенных приложений операционной системы

В разделе тестирования реализован набор проверок, предназначенных для оценки эффективности выполненной оптимизации операционной системы. Он содержит тесты, фиксирующие изменение основных параметров системы до и после применения настроек, что позволяет оценить влияние оптимизационных действий на производительность. Также предусмотрен тест на основе ответов пользователя, в котором с помощью вопросов о сценарии использования системы и предпочтениях по оптимизации формируется рекомендация и автоматически подбирается наиболее подходящий пресет, упрощая процесс настройки для пользователя.

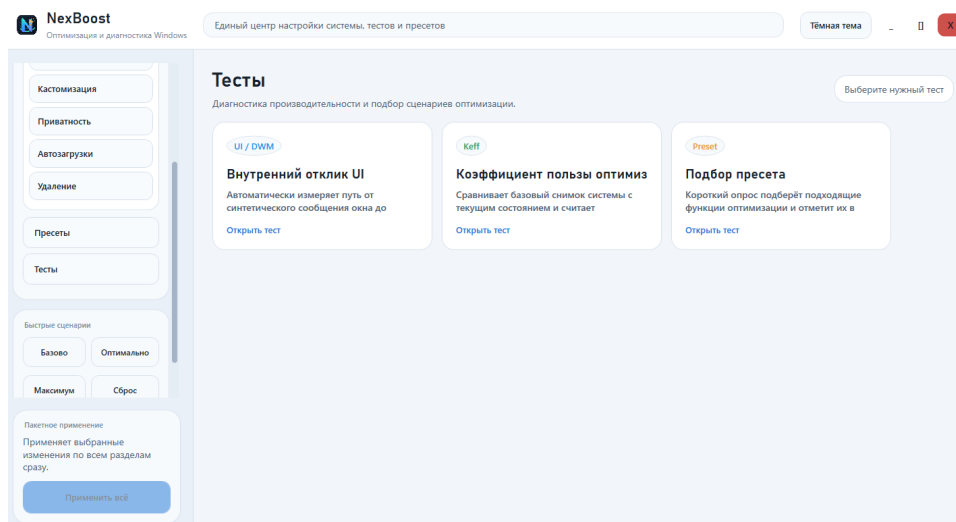


Рис. 7. Раздел с набором тестов

Программный комплекс объединяет все основные функции оптимизации и настройки системы в одном интерфейсе, позволяя пользователю быстро менять параметры, управлять системой и запускать тесты без ручного поиска настроек.

Разработка интерфейса и особенности работы программы

Пользовательский интерфейс приложения разрабатывался с упором на простоту и понятность, чтобы пользователь мог быстро разобраться в функциональности программы без необходимости изучения дополнительных инструкций. При этом важной задачей являлось обеспечение стабильной и плавной работы интерфейса на различных конфигурациях системы.

В процессе разработки были реализованы решения, направленные на повышение отзывчивости интерфейса и снижение нагрузки приложения на ПК. Ресурсоёмкие операции выполняются в фоновых потоках, что позволяет избежать задержек при взаимодействии пользователя с программой. Дополнительно улучшен механизм обновления данных в интерфейсе, благодаря чему уменьшается количество лишних перерисовок и повышается общая плавность работы программы.

В результате интерфейс корректно реагирует на действия пользователя и сохраняет стабильность при выполнении программных операций, обеспечивая комфортное взаимодействие с программой.

Выводы

В рамках выполненной работы был разработан программный комплекс, ориентированный на повышение производительности операционной системы Windows за счёт оптимизации системных настроек. В ходе разработки была спроектирована архитектура приложения на основе паттерна MVVM, реализован механизм управления системными параметрами, а также создан пользовательский интерфейс, обеспечивающий удобное и наглядное взаимодействие с программой. Особое внимание уделялось обеспечению стабильной и корректной работы приложения при выполнении операций.

Полученные результаты показывают, что предложенный подход позволяет упростить процесс настройки системы и сделать его более доступным для пользователя. Использование объединённых наборов параметров даёт возможность быстро применять изменения без необходимости детального изучения каждого отдельного компонента операционной системы, при этом сохраняя общее понимание выполняемых действий.

Разработанный программный комплекс может служить основой для дальнейшего развития. В перспективе возможно расширение функциональности за счёт добавления новых параметров оптимизации, более гибкой настройки конфигураций, а также внедрения дополнительных механизмов анализа состояния системы, что позволит повысить эффективность и адаптивность приложения.

Перечень ссылок

1. Руководство. Создание приложения WPF с помощью .NET. Microsoft [Электронный ресурс] / Интернет-ресурс. – Режим доступа : [www/ URL: https://learn.microsoft.com/ru-ru/dotnet/desktop/wpf/get-started/create-app-visual-studio](http://www/URL:https://learn.microsoft.com/ru-ru/dotnet/desktop/wpf/get-started/create-app-visual-studio). – Загл. с экрана.
2. Общие сведения о наборе средства MVVM Microsoft [Электронный ресурс] / Интернет-ресурс. – Режим доступа : [www/ URL: https://learn.microsoft.com/ru-ru/dotnet/communitytoolkit/mvvm](http://www/URL:https://learn.microsoft.com/ru-ru/dotnet/communitytoolkit/mvvm). – Загл. с экрана.
3. Таненбаум Э., Бос Х. Современные операционные системы [Текст] / Э. Таненбаум, Х. Бос // СПб.: Питер, 2015 – С. 950-952.
4. Что такое приложение Universal Windows Platform (UWP)? Microsoft [Электронный ресурс] / Интернет-ресурс. – Режим доступа : [www/ URL: https://learn.microsoft.com/ru-ru/windows/uwp/get-started/universal-application-platform-guide](http://www/URL:https://learn.microsoft.com/ru-ru/windows/uwp/get-started/universal-application-platform-guide). – Загл. с экрана.

УДК 004.89

ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ ТЕХНОСФЕРЫ КАК ОСНОВА ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

А.С. Кузнецов, С.В. Валицкая
ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»,
г. Донецк, ДНР

Аннотация. В статье рассмотрены особенности интеллектуализации техносферы в условиях цифровой трансформации промышленности. Проанализированы современные технологии искусственного интеллекта, автоматизации и промышленного интернета вещей. Определены преимущества внедрения интеллектуальных систем в производственные процессы, а также перспективы развития интеллектуальной техносферы.

Annotation. The article discusses the features of technosphere intellectualization in the context of industrial digital transformation. Modern technologies of artificial intelligence, automation and the industrial Internet of Things are analyzed. The advantages of implementing intelligent systems in production processes and the prospects for the development of the intelligent technosphere are determined.

Ключевые слова: техносфера, интеллектуализация, искусственный интеллект, автоматизация, цифровизация, промышленность, IoT.

Keywords: technosphere, intellectualization, artificial intelligence, automation, digitalization, industry, IoT.

Современное развитие общества характеризуется активным внедрением цифровых технологий во все сферы жизнедеятельности человека. Одним из ключевых направлений научно-технического прогресса является интеллектуализация техносферы, предполагающая интеграцию интеллектуальных систем, искусственного интеллекта и автоматизированных комплексов в производственные и технологические процессы.

Техносфера представляет собой совокупность технических объектов, созданных человеком для обеспечения производственной, социальной и бытовой деятельности. В современных условиях повышение эффективности функционирования техносферы невозможно без применения интеллектуальных технологий, обеспечивающих обработку больших объемов данных, принятие решений в режиме реального времени и минимизацию участия

человека в рутинных операциях [1].

Интеллектуализация техносферы включает использование систем искусственного интеллекта [2], нейронных сетей, роботизированных комплексов [3], промышленного интернета вещей [4] и цифровых платформ управления производством [1]. Данные технологии позволяют существенно повысить производительность предприятий, сократить затраты ресурсов и повысить уровень промышленной безопасности.

Одним из наиболее перспективных направлений является внедрение промышленного интернета вещей (Industrial Internet of Things, IIoT) [4]. С помощью датчиков и интеллектуальных устройств осуществляется непрерывный мониторинг оборудования, контроль параметров технологических процессов и прогнозирование возможных неисправностей. Это позволяет снизить вероятность аварийных ситуаций и уменьшить затраты на техническое обслуживание.

Особую роль в интеллектуализации техносферы играет искусственный интеллект [2]. Алгоритмы машинного обучения используются для анализа производственных данных, прогнозирования отказов оборудования и оптимизации технологических процессов. Применение интеллектуальных систем способствует повышению точности управления производством и сокращению влияния человеческого фактора.

Важным элементом интеллектуальной техносферы являются роботизированные производственные комплексы [3]. Современные промышленные роботы способны выполнять сложные операции с высокой точностью и скоростью. Их использование особенно актуально на опасных производствах, где существует высокий риск для жизни и здоровья работников.

Кроме промышленности, интеллектуализация техносферы активно развивается в транспортной отрасли, энергетике, строительстве и сфере жилищно-коммунального хозяйства. В транспортных системах применяются интеллектуальные системы управления движением и беспилотные технологии. В энергетике используются интеллектуальные сети энергоснабжения, обеспечивающие эффективное распределение ресурсов и снижение потерь энергии.

В условиях стремительного развития цифровой экономики особое значение приобретает концепция «умного производства» [1], основанная на объединении автоматизированных систем, искусственного интеллекта и технологий анализа данных.

Интеллектуальные производственные системы способны самостоятельно адаптироваться к изменениям внешней среды, анализировать эффективность технологических процессов и оптимизировать использование ресурсов. Благодаря этому предприятия получают возможность оперативно реагировать на изменения рыночного спроса и повышать качество выпускаемой продукции.

Одним из важных элементов интеллектуализации техносферы является применение технологии цифровых двойников. Цифровой двойник представляет собой виртуальную модель реального объекта или производственного процесса, которая позволяет моделировать различные режимы работы оборудования и прогнозировать возможные неисправности. Использование цифровых двойников способствует снижению затрат на эксплуатацию техники, повышению надежности оборудования и сокращению времени простоя производственных линий.

Большое значение в современных условиях имеет внедрение облачных технологий и систем хранения больших данных (Big Data). Предприятия ежедневно получают огромные объемы информации от датчиков, производственных линий и автоматизированных систем управления. Анализ данных позволяет выявлять скрытые закономерности, прогнозировать производственные риски и принимать эффективные управленческие решения. Современные аналитические платформы обеспечивают высокую скорость обработки информации и позволяют повысить эффективность функционирования предприятий.

Особое внимание уделяется вопросам промышленной безопасности в условиях интеллектуализации техносферы. Интеллектуальные системы контроля [5] способны автоматически выявлять отклонения технологических параметров от нормативных значений, предупреждать операторов о возникновении опасных ситуаций и предотвращать аварии. Использование автоматизированных систем мониторинга особенно актуально на предприятиях горнодобывающей, химической и металлургической промышленности, где последствия аварий могут представлять серьезную угрозу для окружающей среды и здоровья человека.

Развитие интеллектуальной техносферы также оказывает значительное влияние на экологическую безопасность. Современные интеллектуальные системы позволяют контролировать уровень выбросов вредных веществ, оптимизировать потребление электроэнергии и снижать негативное воздействие промышленности на окружающую среду. Использование энергосберегающих технологий и интеллектуальных систем управления ресурсами способствует

реализации принципов устойчивого развития и повышению экологической эффективности производства.

Несмотря на значительные преимущества интеллектуализации техносферы, существуют определенные проблемы внедрения данных технологий. К ним относятся высокая стоимость оборудования, необходимость модернизации производственной инфраструктуры, дефицит квалифицированных специалистов и риски информационной безопасности. Кроме того, широкое распространение автоматизации может привести к сокращению рабочих мест и необходимости переподготовки кадров.

Важным направлением развития интеллектуализации является подготовка квалифицированных кадров, способных работать в условиях цифрового производства. Современным специалистам необходимы знания в области программирования, анализа данных, автоматизации и искусственного интеллекта. В связи с этим возрастает роль высших учебных заведений и научно-исследовательских организаций в подготовке инженерных кадров нового поколения.

Перспективы развития интеллектуальной техносферы связаны с дальнейшим совершенствованием технологий искусственного интеллекта, развитием киберфизических систем и цифровых двойников производственных объектов. В будущем ожидается создание полностью автономных производственных комплексов, способных самостоятельно принимать решения и адаптироваться к изменяющимся условиям эксплуатации.

Таким образом, интеллектуализация техносферы является важнейшим направлением развития современной промышленности и экономики. Внедрение интеллектуальных технологий способствует повышению эффективности производства, обеспечению промышленной безопасности и устойчивому развитию предприятий [1, 5]. Развитие интеллектуальной техносферы будет определять уровень конкурентоспособности государства в условиях цифровой экономики.

Перечень ссылок

1. Кузнецов И.П. Цифровизация производственных процессов. – Москва: Инфра-М, 2022. – 256 с.
2. Гаврилов А.В. Искусственный интеллект в промышленности // Информационные технологии. – 2023. – №4. – С. 15-21.
3. Петров А.А. Роботизация промышленности как фактор повышения эффективности производства // Вестник технического университета. – 2024. – №1. – С. 73-79.
4. Сидоров Н.А. Промышленный интернет вещей и перспективы его развития // Автоматизация и управление. – 2024. – №2. – С. 37-44.
5. Иванов С.В. Интеллектуальные системы управления техносферой // Современные технологии. – 2023. – №7. – С. 52-58.

УДК 004.94

РАЗРАБОТКА ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

М. И. Кулишов, М. П. Руденко
ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»,
г. Донецк, ДНР

Аннотация. Рассмотрены принципы разработки цифровых двойников для интеллектуализации предприятий Донбасса. Описаны архитектура и этапы проектирования моделей. Обоснованы преимущества обслуживания оборудования по фактическому состоянию. Определены направления внедрения технологии в ключевых промышленных отраслях региона.

Annotation. Principles of digital twins development for the intellectualization of Donbass enterprises are considered. The architecture and stages of model design are described. Advantages of maintenance by actual state are substantiated. Directions of technology implementation in key regional industrial sectors are determined.

Ключевые слова: цифровой двойник, интеллектуализация техносферы, промышленный интернет вещей, предиктивная аналитика, математическое моделирование, промышленность Донбасса, технический объект.

Keywords: digital twin, technosphere intellectualization, industrial internet of things, predictive analytics, mathematical modeling, Donbass industry, technical object.

Введение

Цифровая трансформация промышленности является приоритетным направлением развития экономики Донбасса. В условиях необходимости модернизации производственных мощностей региона внедрение интеллектуальных систем управления становится ключевым фактором повышения конкурентоспособности. Технология цифровых двойников позволяет обеспечить эффективный мониторинг и безаварийную эксплуатацию сложного оборудования в металлургической, горнодобывающей и энергетической отраслях [1].

Цифровой двойник представляет собой динамическую программную модель физического объекта, функционирующую на основе данных, поступающих в реальном времени. В отличие от

статических компьютерных моделей, цифровой двойник непрерывно синхронизируется с оригиналом, что позволяет имитировать его поведение, проводить виртуальные испытания и прогнозировать ресурс работы без остановки реальных производственных процессов [2].

Цель статьи заключается в исследовании архитектуры цифровых двойников и анализе перспектив их применения для интеллектуализации техносферы промышленных предприятий Донбасса.

Понятие и принципы работы цифрового двойника

Цифровой двойник (ЦД) — это виртуальная копия физического устройства или системы, которая используется для моделирования, тестирования и обслуживания своего реального прототипа. В основе работы ЦД лежит непрерывный поток данных, обеспечивающий полную синхронизацию между физическим и цифровым мирами [1].

Основные функции цифрового двойника:

1. Мониторинг. Сбор и визуализация данных о текущем состоянии объекта (температура, давление, вибрация) в режиме реального времени.

2. Анализ состояния. Автоматическое сравнение фактических показателей с эталонными для выявления отклонений или скрытых дефектов.

3. Прогнозирование неисправностей. Использование предиктивной аналитики для определения вероятности поломок и планирования ремонтных работ до наступления аварийной ситуации.

Таким образом можно определить отличие двойника от обычной компьютерной модели. Традиционная математическая или 3D-модель является статической и описывает объект только в момент проектирования [2]. Цифровой двойник, напротив, динамичен: он учитывает историю эксплуатации, реальный износ и внешние условия. Если обычная модель отвечает на вопрос «как это должно работать?», то цифровой двойник показывает, «как это работает прямо сейчас» и «что с ним предположительно будет через месяц».

Архитектура и этапы создания цифрового двойника

Архитектура цифрового двойника представляет собой многоуровневое программно-аппаратное решение, которое обеспечивает непрерывный обмен данными между физическим оборудованием и его виртуальной копией. Основу этой системы составляет нижний уровень, состоящий из контрольно-измерительных приборов и датчиков, закрепленных на критических узлах технического объекта. Эти устройства фиксируют изменения

температуры, вибрации, давления и других рабочих параметров в реальном времени. Полученная информация преобразуется в цифровой код и передается по промышленным каналам связи на серверную платформу, которая отвечает за хранение и первичную обработку поступающих массивов данных [2].

Центральным элементом архитектуры является расчетное ядро, где сосредоточены математические модели, описывающие физику работы устройства. Программное обеспечение сопоставляет текущие показатели с эталонными значениями, заложенными в алгоритмы на этапе проектирования. Благодаря этому система получает возможность не только отображать состояние агрегата на мониторе оператора, но и проводить сложные вычисления внутренних процессов, которые невозможно измерить напрямую. Такая структура позволяет создать единую информационную среду, в которой виртуальная модель полностью синхронизирована с поведением реальной машины.

Процесс разработки цифрового двойника начинается с детального технического аудита оборудования и анализа проектной документации. Инженеры определяют наиболее уязвимые части механизма, поломка которых может привести к остановке производства или аварии. На основе этих данных создается математическое описание объекта, включающее в себя систему уравнений, отражающих динамику работы и износ деталей. Важно учитывать специфику эксплуатации на конкретном предприятии, так как внешние условия существенно влияют на точность будущих прогнозов.

Следующим этапом является практическая интеграция системы, в ходе которой производится монтаж сенсорной сети и настройка шлюзов передачи данных. После подключения всех компонентов наступает стадия верификации и калибровки. Специалисты сравнивают результаты виртуальных испытаний с фактическими показателями работающего оборудования в разных нагрузочных режимах. Если модель выдает ошибки, математические алгоритмы корректируются до достижения необходимой точности. Завершается работа внедрением системы в общую сеть управления предприятием, что дает инженерам надежный инструмент для контроля технического состояния и планирования ремонтных работ.

Преимущества и области применения

Использование технологии цифровых двойников позволяет промышленным предприятиям выйти на качественно новый уровень управления производственными активами. Основная ценность метода

заключается в формировании информативной базы для принятия управленческих решений, основанной на точных инженерных расчетах, а не на статистических усреднениях. Интеграция виртуальных моделей в производственный цикл обеспечивает прозрачность работы оборудования и позволяет минимизировать влияние человеческого фактора на диагностику неисправностей. Вместе с тем внедрение подобных систем сопряжено с рядом технических и организационных сложностей, которые необходимо учитывать при проектировании техносферы.

В таблице ниже систематизированы основные сильные стороны технологии и сдерживающие факторы ее внедрения на современном этапе развития промышленности.

Таблица 1 — Преимущества и недостатки

Преимущества	Ограничения
Сокращение затрат на внеплановые ремонты и закупку запчастей за счет предиктивного анализа	Высокая стоимость начальных инвестиций в программное обеспечение и аппаратную часть
Повышение коэффициента технической готовности и сокращение простоев оборудования	Необходимость в специалистах высокой квалификации для разработки и калибровки моделей
Возможность безопасного проведения виртуальных испытаний и поиска оптимальных режимов работы	Высокие требования к качеству и непрерывности поступающих с датчиков данных
Увеличение срока службы агрегатов благодаря контролю реальных нагрузок и износа	Риски информационной безопасности и необходимость защиты каналов передачи данных

Области практического применения цифровых двойников охватывают наиболее энергоемкие и важные отрасли экономики Донбасса. В горнодобывающем секторе данная технология востребована для мониторинга состояния шахтных подъемных машин и главных вентиляторных установок, где любой сбой влечет за собой остановку работы всего предприятия. Математические модели позволяют отслеживать усталостные изменения в металлоконструкциях и прогнозировать ресурс тросов и приводных механизмов.

В металлургии и тяжелом машиностроении цифровые двойники применяются для оптимизации работы доменных печей, прокатных станов и сложных станочных комплексов [3]. Постоянный анализ температурных полей и вибрационных характеристик дает возможность эксплуатировать оборудование на пределе проектной мощности без риска аварийного разрушения. В энергетике использование виртуальных копий турбогенераторов и котельных

агрегатов обеспечивает стабильность генерации и позволяет оперативно корректировать режимы работы в зависимости от текущего спроса на электроэнергию. Применение данных подходов в транспортной инфраструктуре региона позволяет более эффективно планировать обслуживание подвижного состава и контролировать состояние путевого хозяйства.

Заключение

Использование цифровых двойников становится обязательным условием для интеллектуализации современной техносферы и перехода к предиктивному управлению производством. Технология позволяет не только контролировать текущие параметры работы оборудования, но и заблаговременно выявлять критические изменения в его состоянии. Такой подход превращает разрозненные данные в эффективный инструмент прогнозирования, который минимизирует риски аварий и сокращает затраты на эксплуатацию.

Для промышленности Донбасса внедрение подобных систем в горной, металлургической и энергетической отраслях открывает возможности для качественной модернизации и повышения ресурса агрегатов. Разработка отечественных программных решений на базе цифровых копий обеспечит технологическую независимость и устойчивый экономический рост индустриального комплекса региона. В долгосрочной перспективе цифровизация производства станет фундаментом для создания высокотехнологичных рабочих мест и повышения конкурентоспособности продукции.

Перечень ссылок

1. Прохоров А., Лысачев М. Цифровой двойник. Анализ, тренды, мировой опыт. – М.: ООО «АльянсПринт», 2020. – 401 с. [Электронный ресурс] / Интернетресурс. - Режим доступа: [www/ URL: https://p.twirpx.one/file/3658234/](http://www/URL:https://p.twirpx.one/file/3658234/)
2. Боровков А. И., Рябов Ю. А. Цифровые двойники: определение, подходы и методы разработки // Цифровая трансформация экономики и промышленности: сборник трудов научно-практической конференции. — СПб.: Изд-во Политехнического университета, 2019. — С. 234–245 [Электронный ресурс] / Интернетресурс. - Режим доступа: [www/ URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_38525740_81115548.pdf](http://www/URL:https://elibrary.ru/download/elibrary_38525740_81115548.pdf)
3. Боровков А. И., Гамзикова А. А., Кукушкин К. В., Рябов Ю. А. Цифровые двойники в высокотехнологичной промышленности. Краткий доклад. — СПб.: Политех-пресс, 2019. — 62 с. [Электронный ресурс] / Интернетресурс. - Режим доступа: [www/ URL: https://assets.fea.ru/uploads/fea/news/2022/07/08/cifrovoy_dvoynik_.pdf](http://www/URL:https://assets.fea.ru/uploads/fea/news/2022/07/08/cifrovoy_dvoynik_.pdf)

УДК 681.3

АНАЛИЗ КРИТЕРИЕВ ВЫБОРА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МОДУЛЕЙ ДЛЯ АВТОНОМНЫХ БЕСПИЛОТНЫХ СИСТЕМ

Э. В. Лесовой

ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ ИНСТИТУТ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА»,
г. Донецк, ДНР

Аннотация. В работе проанализированы микрокомпьютеры для БПЛА по критериям: производительность, энергопотребление, масса, стоимость и интерфейсы связи. Рассмотрены Raspberry Pi 5, Orange Pi 5, NVIDIA Jetson Nano, Jetson Orin NX и NanoPi R6S. Определены области их применения. Наиболее эффективным решением является гибридная архитектура, объединяющая микроконтроллер и SBC-компьютер.

Abstract. The paper analyzes microcomputers for UAVs according to the following criteria: performance, power consumption, mass, cost and communication interfaces. Raspberry Pi 5, Orange Pi 5, NVIDIA Jetson Nano, Jetson Orin NX and NanoPi R6S are considered. The fields of their application are defined. The most effective solution is a hybrid architecture combining a microcontroller and an SBC computer.

Ключевые слова: БПЛА, микрокомпьютер, компьютерное зрение, искусственный интеллект, edge-AI, автономная навигация, энергопотребление.

Keywords: UAV, microcomputer, computer vision, artificial intelligence, edge-AI, autonomous navigation, power consumption.

Введение

Современные беспилотные авиационные системы (БАС) активно применяются в мониторинге, промышленности, логистике, сельском хозяйстве и транспортной инфраструктуре [1–3]. Расширение функциональных возможностей беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) приводит к росту требований к вычислительным платформам, обеспечивающим обработку данных, управление полётом и выполнение алгоритмов компьютерного зрения в реальном времени [4].

Ключевым элементом БПЛА является микрокомпьютер, отвечающий за обработку информации с датчиков, выполнение навигационных алгоритмов, передачу телеметрии и работу систем

искусственного интеллекта [5]. От выбора вычислительной платформы напрямую зависят производительность, автономность и энергоэффективность беспилотной системы.

В настоящее время существует большое количество одноплатных компьютеров и специализированных AI-платформ, различающихся производительностью, энергопотреблением, стоимостью и массой. Это требует проведения сравнительного анализа существующих решений для выбора наиболее эффективных платформ в зависимости от задач БПЛА.

Выбор микрокомпьютера для БАС определяется рядом технических параметров.

Энергопотребление является одним из ключевых критериев. Высокое потребление энергии ускоряет разряд аккумулятора и сокращает время полёта БПЛА. Недостаточное питание также может привести к нестабильной работе оборудования.

Масса и габариты напрямую влияют на полезную нагрузку и манёвренность беспилотника. Тяжёлые и крупные вычислительные модули ограничивают возможности размещения дополнительного оборудования.

Производительность определяет способность системы выполнять обработку видеопотоков, навигацию и алгоритмы искусственного интеллекта. Для простых задач мониторинга достаточно базовых SBC-платформ, тогда как системы с нейросетевой обработкой требуют более мощных решений.

Наличие интерфейсов также имеет важное значение. Для работы БПЛА необходимы UART-интерфейсы для связи с полётным контроллером и датчиками, MIPI CSI для подключения камер, а также I2C, SPI и CAN для работы с дополнительным оборудованием.

Стоимость влияет на масштабируемость и экономическую эффективность системы. Использование дорогих AI-платформ нецелесообразно для простых задач видеонаблюдения, однако при сложной обработке данных применение высокопроизводительных решений становится необходимым.

Таким образом, проектирование БАС требует компромисса между производительностью, энергопотреблением и стоимостью вычислительной платформы. Ниже рассмотрены основные вычислительные узлы применяемые в современных БАС.

Raspberry Pi 5 представляет собой современный одноплатный компьютер на базе четырёхъядерного процессора ARM Cortex-A76 с частотой до 2,4 ГГц. По сравнению с предыдущими версиями производительность платы значительно увеличилась, что позволяет

использовать её не только для телеметрии и мониторинга, но и для выполнения базовых алгоритмов компьютерного зрения (рис.1).



Рис. 1 — Raspberry Pi 5

Плата оснащается 4–8 Гб оперативной памяти, поддерживает камеры MIPI CSI и обладает развитой экосистемой Linux, ROS и OpenCV. Энергопотребление составляет около 6–12 Вт, масса — примерно 46 г.

Основными преимуществами Raspberry Pi 5 являются низкая стоимость, компактность и широкая программная поддержка. Однако вычислительных возможностей платы недостаточно для эффективного запуска современных нейросетевых моделей без дополнительных ускорителей.

Raspberry Pi 5 наиболее подходит для лёгких БПЛА, систем мониторинга и исследовательских проектов, где приоритетом являются низкое энергопотребление и минимальная масса.

Orange Pi 5 является более производительной альтернативой Raspberry Pi и построен на базе процессора Rockchip RK3588S. Платформа содержит восемь ядер Cortex-A76 и Cortex-A55, а также встроенный нейронный ускоритель производительностью до 6 TOPS (рис.2).



Рис. 2 — Orange Pi 5

Энергопотребление платы находится в диапазоне 8–15 Вт. Благодаря встроенному AI-ускорителю Orange Pi 5 способна выполнять алгоритмы компьютерного зрения и нейросетевой обработки в реальном времени.

Главным преимуществом данной платформы является удачное сочетание производительности, энергопотребления и стоимости. По

сравнению с Raspberry Pi 5 она обеспечивает значительно более высокую производительность при сохранении относительно небольшой массы.

Orange Pi 5 считается одним из наиболее сбалансированных решений для БАС, поскольку подходит как для систем мониторинга, так и для задач искусственного интеллекта.

NVIDIA Jetson Nano представляет собой специализированную платформу для задач искусственного интеллекта и компьютерного зрения. Она оснащена графическим процессором Maxwell с 128 CUDA-ядрами и поддерживает технологии CUDA и TensorRT (рис.3).



Рис. 3 — NVIDIA Jetson Nano

Энергопотребление платформы составляет около 5–10 Вт, что делает её достаточно энергоэффективной для применения в беспилотных системах. Jetson Nano способна выполнять алгоритмы распознавания объектов и обработки видеоданных в реальном времени.

Основным преимуществом платформы является хорошая поддержка AI-библиотек и экосистемы NVIDIA. Несмотря на сравнительно невысокую по современным меркам производительность, Jetson Nano остаётся востребованной благодаря стабильной работе с нейросетевыми моделями.

Платформа подходит для средних БПЛА, которым требуется выполнение задач компьютерного зрения и автономной навигации.

NanoPi R6S представляет собой компактную высокопроизводительную платформу на базе Rockchip RK3588S. Она оснащена восьмиядерным процессором и встроенным нейронным ускорителем производительностью до 6 TOPS (рис.4).



Рис. 4 — NanoPi R6S

Энергопотребление платы составляет около 10–18 Вт. Платформа обеспечивает высокую производительность при обработке изображений и запуске нейросетевых алгоритмов.

По сравнению с Orange Pi 5 NanoPi R6S обладает более высокой вычислительной мощностью, однако отличается большим энергопотреблением и массой. Благодаря этому плата подходит для задач edge-AI и обработки видеопотоков в реальном времени.

NanoPi R6S рекомендуется использовать в средних БПЛА, где требуется высокая производительность систем компьютерного зрения.

Заключение. Проведённый анализ показал, что выбор микрокомпьютера для БПЛА зависит от производительности, энергопотребления, массы, стоимости и набора интерфейсов. Для лёгких беспилотников оптимальны Raspberry Pi 5 и Orange Pi 5, а для задач компьютерного зрения и искусственного интеллекта — NVIDIA Jetson Nano, NanoPi R6S и NVIDIA Jetson Orin NX.

Наиболее перспективным решением является гибридная архитектура, в которой микроконтроллер отвечает за управление полётом, а производительный микрокомпьютер выполняет обработку данных и AI-алгоритмы.

Перечень ссылок

1. Сацюк, А. В. Мониторинг инфраструктуры на основе искусственного интеллекта / А. В. Сацюк // Автоматика, связь, информатика. – 2025. – № 9. – С. 32-34. – DOI 10.62994/AT.2025.9.9.005. – EDN OXBFPF.

2. Сацюк, А. В. Особенности разработки беспилотных летательных аппаратов для отрасли железнодорожного транспорта / А. В. Сацюк, А. А. Воробьев // Сборник научных трудов Донецкого института железнодорожного транспорта. – 2023. – № 68. – С. 13-21. – EDN GSWIPU.

3. Долинский К. Ю., Лыков А. А., Соколов В. А., Соколов В. Б., Осадчий Г. В. Система удаленного мониторинга состояния железнодорожной контактной сети // Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, практике, экономике. 2010. №5 (30).

4. Сацюк, А. В. Гибридные алгоритмы компьютерного зрения для прецизионного автономного управления БПЛА / А. В. Сацюк, Н. В. Володарец. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью «Научно-издательский центр ИНФРА-М», 2026. – 178 с. – ISBN 978-5-16-021492-4. – DOI 10.12737/2227081. – EDN UTBINO.

5. Панарин Р. Н., Соловьев А. А., Хворова Л. А. Применение технологий искусственного интеллекта и компьютерного зрения при решении задач автоматизации обработки и распознавания биологических объектов // Известия АлтГУ. 2022. №1 (123).

**ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО
ИНТЕЛЛЕКТА В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ
КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ**

М. В. Майер, Е. И. Шарибченко
ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»,
г. Донецк, ДНР

***Аннотация.** В статье рассматривается применение интеллектуальных систем в автоматизированном контроле качества продукции. Был проведен анализ существующих систем, в частности, сверточных нейронных сетей для распознавания дефектов продукции. В результате были выявлены преимущества и недостатки использования методов искусственного интеллекта для повышения эффективности систем контроля качества.*

***Annotation.** The article discusses the application of intelligent systems in automated product quality control. It analyzes existing systems, particularly convolutional neural networks, for detecting product defects. The article identifies the advantages and disadvantages of using artificial intelligence methods to enhance the efficiency of quality control systems.*

***Ключевые слова:** информация, контроль качества, изделия, автоматизированные системы, производственные процессы.*

***Keywords:** information, quality control, products, automated systems, production processes.*

Введение

В настоящее время происходит активное формирование техносферы, которое сопровождается внедрением рационализации и «алгоритмизации» в различные сферы деятельности человека. Данный процесс характеризуется созданием более технологичных методов обработки информации, а также возможностью формирования отчетов не только на основе текущих данных, но и с использованием методов прогнозирования.

Применение таких подходов способствует развитию современных автоматизированных систем и их применению на различных этапах производства, включая предварительную обработку входных данных, контроль качества в процессе производства и формирование итоговых производственных показателей.

В данной статье рассматривается этап контроля качества продукции с целью анализа современных автоматизированных систем.

Существует несколько видов контроля качества продукции, различающихся по типу используемого объекта контроля: применение физического прототипа и использование «цифрового двойника», обладающего характеристиками реального изделия. Также существуют методы, основанные на построении математической модели изделия, с целью контроля и прогнозирования состояния на основе математических расчетов, а также интеллектуальные системы контроля, которые представляют наибольший интерес в условиях перехода к «Индустрии 3.0» [1].

Интеллектуальные системы контроля (ИСК) представляют собой автоматизированные системы, которые используют методы искусственного интеллекта для анализа показателей продукции, оборудования, а также производственных процессов. С помощью систем данного типа возможно предиктивно оценивать состояние оборудования, выявлять дефекты и прогнозировать риски неисправностей. Это способствует предотвращению критических отклонений технологического процесса [2].

В современных производственных процессах ИСК используются для анализа изображений продукции, на основе которых происходит распознавание дефектов. С помощью алгоритмов происходит преобразование графической информации в данные для обучения моделей искусственного интеллекта. При наличии серьезных отклонений от заданных параметров происходит распознавание дефекта, и продукция либо возвращается на повторную обработку, либо помечается как брак. Визуализация данного процесса изображена на рис. 1.

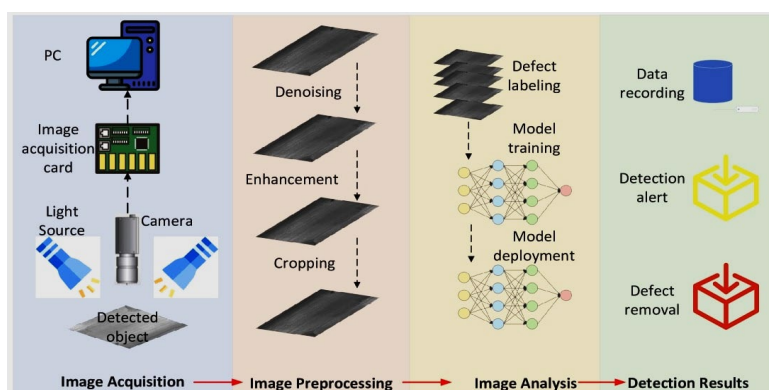


Рис. 1 – Процесс распознавания дефекта

Использование сверточных нейронных сетей

Для эффективного поиска неисправностей в режиме реального времени были разработаны системы компьютерного зрения, использующие сверточные нейронные сети CNN (от англ. Convolutional Neural Network). CNN выделяет характерные признаки объекта, такие как формы, контуры, текстуры. На основе полученных признаков системы контроля качества и машинного зрения происходит определение наличия дефекта.

На начальном этапе обработки изображения CNN анализирует отдельные участки изображения. Далее происходит выделение наиболее значимых признаков объекта, а также уменьшение объема обрабатываемых данных, что позволяет сократить время обработки и уменьшить объем вычислений. После этого полученные признаки передаются в модуль классификации, в котором и происходит окончательное определение наличия или отсутствия дефекта продукции [3].

Принцип обработки данных с помощью сверточных нейронных сетей показан на рис. 2.

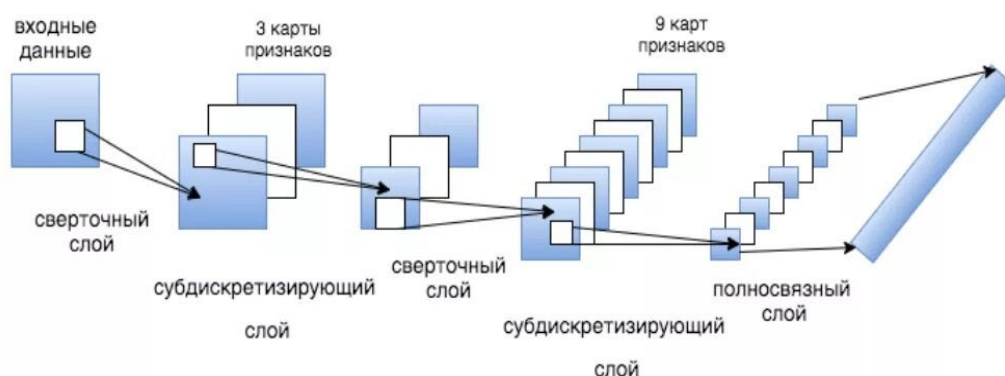


Рис. 2 – Обработка данных при помощи CNN

Для повышения качества обучения нейронных сетей используются методы аугментации данных, подразумевающие искусственное увеличение объема обучающей выборки путем изменения существующих изображений. Примерами таких преобразований являются поворот, масштабирование и отражение изображений. Это позволяет увеличить объем обучающей выборки и повысить точность распознавания дефектов [3].

Однако, несмотря на преимущества, современные системы имеют ряд недостатков. Во-первых, с увеличением количества производимой продукции также происходит экспоненциальный рост требований к вычислительным мощностям. Данный фактор обусловлен необходимостью большого объема единовременных расчетов, требующих повышенной точности.

Во-вторых, модели требуют значительного времени для обучения, так как сложные конструктивные особенности контролируемой продукции не могут определяться с достаточной точностью при отсутствии четко заданных параметров. Это ведет к увеличению ложных срабатываний, что может привести к уменьшению итоговой эффективности определения дефектов.

Помимо этого, работа интеллектуальных систем напрямую зависит от качества данных, используемых для обучения моделей и поступающих от систем компьютерного зрения. Условия съемки и недостаточное освещение способны снижать стабильность работы алгоритмов распознавания.

Тем не менее, интеллектуальные системы контроля являются одним из наиболее перспективных направлений в условиях цифровизации предприятий. Данная технология продолжает активно внедряться в современные производства. Это обусловлено возможностью автоматизации контроля качества, высокой скоростью обработки данных и снижением влияния человеческого фактора.

Выводы

Таким образом, был проведен анализ возможностей применения технологий искусственного интеллекта в автоматизированных системах контроля качества продукции. В условиях перехода к «Индустрии 3.0» использование интеллектуальных систем позволяет повысить эффективность производственных процессов.

Несмотря на ограничения, связанные с необходимостью высоких вычислительных мощностей и длительного обучения моделей, в настоящее время происходит активная оптимизация существующих технологий с целью повышения эффективности автоматизированных систем контроля качества.

Перечень ссылок

1. Круглов, М.Г. Контроль качества в современных условиях / М.Г. Круглов, Д.С. Юрин // Известия ТулГУ. Технические науки. 2023. №7. С. 193-199.
2. Решетов, М.А. Применение искусственного интеллекта для прогнозирования дефектности продукции / М.А. Решетов, С.В. Александрова // Известия ТулГУ. Технические науки. 2025. №5. С. 125-135.
3. Ульянов, С. В. Контроль качества продукции с использованием методов глубокого машинного обучения / С.В. Ульянов, А.В. Филиппев, К.В. Кошелев // Системный анализ в науке и образовании. 2020. №2. С. 177-186.

УДК 62-529.4

**СРАВНЕНИЕ СПОСОБОВ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ
МОРСКОГО ДНА С ПОМОЩЬЮ РАЗЛИЧНЫХ
РОБОТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ**

Д. К. Макарук, М. В. Майер, О. С. Немчинский, Е. И. Шарибченко
ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»,
г. Донецк, ДНР

***Аннотация.** В статье рассматриваются роботизированные системы, применяемые для картографирования морского дна и обследования подводных объектов. Проведен сравнительный анализ автономных подводных, надводных и телеуправляемых аппаратов, а также используемого гидроакустического оборудования. Рассмотрены преимущества различных платформ и роль технологий искусственного интеллекта в повышении эффективности подводных исследований.*

***Annotation.** The article discusses robotic systems for mapping the seabed and surveying underwater objects. A comparative analysis of autonomous underwater, surface and remote-controlled vehicles, as well as sonar equipment, has been carried out. The advantages of various platforms and the role of artificial intelligence in improving the efficiency of underwater research are described.*

***Ключевые слова:** роботизированные системы, картографирование морского дна, подводные аппараты, гидроакустическое оборудование, искусственный интеллект, автономные системы.*

***Keywords:** robotic systems, seabed mapping, underwater vehicles, hydroacoustic equipment, artificial intelligence, autonomous systems.*

Большая часть Мирового океана остаётся малоизученной. Детальное картографирование дна важно для навигации, прокладки подводных коммуникаций, экологического мониторинга и поиска затонувших объектов. Ранее использовались суда с буксируемыми аппаратами, но они были мало маневренны и требовали сложных операций спуска и подъёма.

С развитием технологий появились автономные подводные (AUV) и надводные (ASV) аппараты, работающие без постоянного контроля оператора. Современные AUV способны работать на больших глубинах, а компактные ASV эффективны для прибрежных зон. Разнообразие решений – от полностью автономных AUV до

кабельных ROV – требует системного подхода к выбору платформы [1].

Цель работы – проведение сравнительного анализа роботизированных систем картографирования морского дна для выявления эффективных и экономичных решений в зависимости от условий акватории и формулировки критериев выбора оптимальной аппаратуры для морских исследований.

Классификация методов картографирования

Современные технологии подводного картографирования базируются на двух основных компонентах: роботизированной платформе-носителе и гидроакустическом оборудовании. Выбор и внедрение этих компонентов напрямую определяют такие ключевые параметры съемки, как разрешение получаемых данных, площадь покрытия и глубину проведения работ. Выбор конкретной платформы представляет собой поиск оптимального баланса между преимуществами её эксплуатации и присущими ей ограничениями, что в итоге определяет эффективность применения различных методов гидролокации.

Роботизированные платформы

Автономные подводные аппараты (AUV) представляют собой полностью самоуправляемые подводные роботы, выполняющие миссию по заранее заложенной программе. Они не требуют кабеля связи с судном-носителем, что обеспечивает им высокую свободу маневра и возможность работы на больших глубинах. Однако отсутствие постоянной связи с оператором создает риск потери аппарата в случае технических сбоев или непредвиденных препятствий. Ключевые преимущества AUV – высокая автономность и независимость от состояния поверхности моря, что делает их оптимальным решением для масштабных исследований [1].

Автономные надводные аппараты (ASV) – это беспилотные катера или катамараны, на которых устанавливается измерительное оборудование, прежде всего, многолучевые эхолоты. Они обладают долговременностью, используют GPS/ГЛОНАСС для точного географического положения и поддерживают связь в реальном времени. Однако их применение ограничено поверхностным слоем, и они непригодны для прямого картографирования глубоководных районов [2].

Телеуправляемые подводные аппараты (ROV) управляются оператором с судна через кабель, который одновременно передает данные, обеспечивает управление и питание. Такая конструкция позволяет неограниченное время работы и прямой контроль в

реальном времени, делая ROV незаменимыми для детального обследования, видеофиксации и сложных манипуляций с локальными объектами (затонувшие суда, трубопроводы, глубоководная инфраструктура). Основное ограничение – привязка к судно-носителю, требующая специализированного судна с палубным оборудованием и увеличивающая стоимость работ.

Буксируемые аппараты (Towfish) – это гидроакустические приборы, буксируемые на тросе за судном. Несмотря на отработанность технологии, они постепенно уступают место AUV в связи с низкой маневренностью, риском зацепа и сложностью буксировки на больших глубинах [1].

Ключевое гидроакустическое оборудование

Многочувствительные эхолоты (Multibeam Echosounders) являются основным инструментом для построения высокоточной цифровой модели рельефа дна (ЦМР). Они формируют широкую веерообразную полосу акустического освещения, что позволяет с высокой производительностью получать плотную сетку измерений глубин и создавать трехмерные батиметрические карты. В отличие от однолучевых аналогов, эта технология обеспечивает сплошное покрытие дна без "слепых зон", что особенно важно при поиске подводных объектов и навигационных опасностей [2].

Гидролокаторы бокового обзора (ГБО, Side-Scan Sonar) предоставляют детальные изображения дна, аналогичные аэрофотоснимкам. Они идеально подходят для поиска и идентификации объектов (судов, трубопроводов, кабелей), но не обеспечивают точных данных о глубине, что ограничивает их использование для построения ЦМР [1].

Сравнительные критерии анализа

Для объективного сравнения платформ выделены следующие критерии, основанные на анализе литературы и практического опыта:

- операционная эффективность: площадь покрытия за миссию, скорость съемки, рабочий диапазон глубин;
- рентабельность: стоимость аппарата и эксплуатации, включая необходимость судна-носителя и экипажа;
- качество и детальность данных: разрешение батиметрии и изображений, точность геопозиционирования, возможность комплексного обследования;
- уровень автономии и сложность логистики: необходимость присутствия оператора и требования к инфраструктуре.

На основе выделенных критериев, была сформирована таблица, отражающая ключевые показатели эффективности.

Таблица 1 – Сравнительный анализ роботизированных систем картографирования

Критерий	ROV	ASV	AUV	Буксируемый аппарат
Автономность	Низкая	Высокая	Очень высокая	Низкая
Площадь покрытия	Очень малая	Средняя-большая	Очень большая	Большая
Глубина применения	Высокая	Низкая	Очень высокая	Высокая
Рентабельность (океан)	Низкая	Средняя	Высокая	Низкая
Качество данных	Высокое (визуальное обследование)	Высокое (батиметрия)	Высокое (комплексные данные)	Высокое (ГБО)
Сложность логистики	Высокая	Низкая	Средняя	Высокая
Пригодность для озер/рек	Высокая	Высокая	Средняя	Низкая

Таким образом, проведенный анализ позволяет сформулировать четкие направления по применению каждого типа систем, в зависимости от требуемых целей:

Для океанов и морей, где ключевыми факторами являются масштаб работ, глубина и рентабельность, наилучшее решение – автономные подводные аппараты (AUV). Их способность проводить длительные миссии без дорогостоящего судна поддержки, нести комплекс гидроакустического оборудования (многолучевой эхолот и ГБО) и работать на больших глубинах делает их самым практичным и сбалансированным выбором для прикладных задач.

Для внутренних водоемов и инженерных задач приоритетны ROV и ASV. Телеуправляемые аппараты незаменимы для точечного обследования объектов (трубопроводы, гидросооружения), а автономные надводные аппараты эффективны для детального картографирования глубин на акваториях с невысокими требованиями к автономности.

Эффективность AUV повышается за счет интеграции алгоритмов искусственного интеллекта, таких как SLAM и адаптивное планирование маршрута, что компенсирует ошибки навигации и раскрывает потенциал автономности аппаратов [3].

Выводы

Проведенное исследование подтвердило, что выбор оптимальной роботизированной системы для картографирования морского дна напрямую

зависит от конкретных условий и решаемых задач.

Автономные подводные аппараты (AUV) продемонстрировали наивысшую эффективность и рентабельность для масштабных работ в открытом океане и на морских глубинах, сочетая высокую автономность с возможностью сбора комплексных данных.

Для работ на ограниченных акваториях (реки, озера, порты), а также для детальной инспекции локальных объектов наиболее практичными решениями являются телеуправляемые аппараты (ROV) и автономные надводные аппараты (ASV).

Перспективы развития направления связаны с созданием гибридных систем (например, ASV как база для AUV), дальнейшим повышением интеллекта автономных аппаратов за счет ИИ и миниатюризацией гидроакустического оборудования. Внедрение роботизированных систем является ключевым фактором в решении глобальной задачи – создания точной и актуальной карты дна Мирового океана.

Перечень источников

1. Римский-Корсаков, Н. А. Технология исследования дна акваторий и подводных объектов гидролокационными методами: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 25.00.28 – Океанология / Н. А. Римский-Корсаков. – М., 2011. – 41 с.
2. Фирсов, Ю.Г. Основные требования к обеспечению качества современной батиметрической (топографической) съемки / Ю.Г. Фирсов // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова. – 2014. – №3 (25). – С. 171-179.
3. Jiang, M. A Survey of Underwater Acoustic SLAM System / M. Jiang, S. Song, Y. Li et al. // Intelligent Robotics and Applications (ICIRA 2019). – Springer, 2019. – P. 159–170.

УДК 528.94:332.72

ТЕМАТИЧЕСКОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ КАК ИНСТРУМЕНТ АНАЛИТИКИ В СФЕРЕ НЕДВИЖИМОСТИ

А. В. Маланчук

ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»,
г. Донецк, ДНР, Россия

Аннотация. В статье рассматривается тематическое картографирование как метод пространственного анализа рынка недвижимости. Исследуется роль ГИС в структурировании данных о недвижимости. Анализируются существующие решения визуализации и геоаналитики на российских и зарубежных платформах купли-продажи недвижимости.

Abstract. This article examines thematic mapping as a method of spatial analysis of the property market. It explores the role of GIS in organising property data. It analyses existing visualisation and geoinformatics solutions on Russian and international property trading platforms.

Ключевые слова. Тематическое картографирование, геоинформационные системы, ГИС, рынок недвижимости, ценовое зонирование, пространственный анализ, визуализация данных, геоаналитика.

Keywords. Thematic mapping, geographic information systems, GIS, real estate market, price zoning, spatial analysis, data visualization, geo-analytics

В условиях динамично развивающегося рынка недвижимости вопросы эффективной аналитики и визуализации пространственных данных приобретают всё большую актуальность. Покупатели, инвесторы, девелоперы и органы муниципального управления нуждаются в инструментах, позволяющих не просто просматривать перечень объектов, но и анализировать их пространственное распределение, стоимость, транспортную доступность и инфраструктурные характеристики.

Современные города представляют собой сложные социально-экономические системы, где стоимость недвижимости формируется под влиянием множества факторов, таких как транспортная доступность, инфраструктурная обеспеченность района, экологические условия и другие [1]. Традиционные методы анализа рынка, это табличные базы данных и статистические выборки,

которые не позволяют проследить пространственную взаимосвязь объектов. Именно в этом контексте тематическое картографирование выступает мощным аналитическим инструментом, способным трансформировать массивы разрозненных данных в наглядные пространственные модели.

Тематическое картографирование — это раздел картографии, ориентированный на отображение распределения конкретных явлений или показателей в пространстве. Они создаются для решения специализированных аналитических задач, отображая информацию, непосредственно связанную с исследуемой проблематикой.

Картография ориентирована на отображение и визуальное восприятие окружающего пространства человеком в виде образно-знаковой метрической модели. Сейчас карты становятся не только инструментом фиксации географических данных, но и механизмом анализа геопространственной информации [2].

Применительно к рынку недвижимости тематическое картографирование позволяет решать большое количество задач. Это визуализация ценового зонирования территорий, анализ пространственного распределения предложений по типам объектов, оценка транспортной и социальной доступности, выявление кластеров спроса и предложения, картографирование инфраструктурных ограничений и охранных зон.

Геоинформационные системы (ГИС) представляют собой совокупность программно-технологических инструментов, ориентированных на получение новой информации о различных аспектах окружающей среды. Применение этих технологий направлено на улучшение эффективности процессов хранения, обработки, отображения данных, а также обеспечение поддержки при принятии решений.

В отличие от обычных картографических материалов, ГИС объединяет географическую привязку с базами данных, позволяя выявлять сложные пространственные взаимосвязи и закономерности с преимуществами полноценной визуализации и географического анализа [1]. Для сферы недвижимости это означает возможность связывать атрибутивную информацию об объекте (площадь, цена, год постройки, и другие) с его точным местоположением на местности.

В практике анализа рынка недвижимости сложился ряд устойчивых типов тематических карт, каждый из которых решает специфические аналитические задачи.

Карты-хороплеты отображают статистические показатели — средние цены, плотность предложений, динамику изменения

стоимости — по административным или статистическим единицам (район, квартал). Градиент цвета позволяет мгновенно идентифицировать зоны повышенной и пониженной стоимости.

Тепловые карты отображают непрерывные поля концентрации объектов или значений показателей. В сфере недвижимости применяются для визуализации плотности предложений, горячих точек спроса и инвестиционной привлекательности.

Карты ценового зонирования строятся на основе кластерного анализа и позволяют выделять территориальные ценовые зоны, границы которых не совпадают с административными.

Карты изохрон транспортной доступности отображают зоны или конкретные места, до которых можно добраться от заданной точки за определённое время пешком, на общественном транспорте или автомобиле. Для покупателя недвижимости такая карта позволяет наглядно оценить отдаленность объекта до образовательных и медицинских учреждений и других мест интереса.

Многослойные тематические карты совмещают несколько информационных слоёв. Подобный подход реализован в работах по применению ГИС-технологий для оценки стоимости земельных участков в границах исторических поселений, где методы пространственного анализа позволяют учитывать влияние территорий с особыми условиями [1].

Трёхмерные картографические модели позволяют визуализировать объёмные показатели — например, высотность застройки. В России реализованы эксперименты с 3D-кадастром и трёхмерными паспортами объектов, однако их массовое применение ограничено высокой себестоимостью и отсутствием практической нормативной базы [3].

Несмотря на широкое распространение онлайн-платформ по продаже недвижимости — таких как ЦИАН, Авито Недвижимость, Домклик, Яндекс Недвижимость в России, а также Zillow и Redfin в США, — инструменты картографической аналитики на большинстве из них остаются крайне ограниченными и не соответствуют потенциалу современных ГИС-технологий.

Анализ отечественных сайтов, предоставляющих услуги по купле-продаже недвижимости, позволяет выделить ряд негативных черт, связанных с отображением геоданных объектов сделок.

Сведение карты к слою точек. Большинство платформ предлагают пользователю лишь точечную карту, где каждый маркер соответствует одному объявлению. При высокой плотности предложений маркеры перекрываются, и карта превращается в

визуальный шум, лишённый аналитической ценности.

Некорректная геолокация объектов. На Авито зафиксированы случаи, когда неправильно отображается местонахождение объекта, особенно применительно к загородной недвижимости и коттеджным посёлкам, не поставленным на кадастровый учёт. Отсутствие жёсткой привязки к кадастровым координатам ведёт к систематическому смещению маркеров.

Отсутствие аналитических слоёв. Ни на одной из ведущих российских платформ не представлены полноценные тематические слои: ценовые изолинии, карты доступности общественного транспорта, экологические ограничения, зоны кадастровой стоимости. Пользователь вынужден самостоятельно сопоставлять информацию из разных источников, что усложняет процесс принятия решений.

Статичность визуализации. Большинство платформ предлагают статичные карты без возможности динамической фильтрации по ценовым диапазонам, типам объектов или временным срезам [4].

Международный опыт демонстрирует значительно более глубокую интеграцию ГИС-инструментов в анализ рынка недвижимости.

Компания Zillow разработала Market Heat Index — индекс тепла рынка. Более высокий показатель индикатора указывает на рынок, где продавцы обладают большей переговорной силой, более низкий — на рынок покупателя. На основе данных Zillow, рассчитанных и картографированных по всем округам США, формируются тепловые карты прироста стоимости недвижимости, которые ежеквартально обновляются и позволяют отслеживать динамику.

Интерактивный картографический сервис Reventure App позволяет анализировать данные о рынке жилья в реальном времени для всех 50 штатов и 500 агломераций. Пользователь может визуализировать цены на жильё, демографические тренды и показатели переоценённости объектов.

Компания Esri — разработчик ArcGIS — предлагает специализированные решения для геоаналитики в сфере недвижимости, включая инструменты анализа местоположения (site analysis), исследования рынка и получения уникальных сведений об объектах и территориях [5]. Методы геостатистики в GIS-средах используются для оценки влияния инфраструктурных проектов на стоимость недвижимости.

Тематическое картографирование является полноценным аналитическим инструментом, способным качественно трансформировать процессы принятия решений на рынке

недвижимости. В отличие от простых точечных слоёв объявлений, тематические карты позволяют выявлять пространственные закономерности, недоступные при табличном анализе.

ГИС-база является необходимым фундаментом для структурирования данных о недвижимости и последующей их визуализации. ГИС-технологии позволяют хранить и обрабатывать значительные объёмы информации, предоставляют возможности для использования данных в оценочных процедурах [1]. Методы геостатистики и машинного обучения в ГИС-средах открывают возможности для прогнозного моделирования.

На данный момент существующие российские платформы купли-продажи недвижимости существенно уступают мировым аналогам по глубине картографической аналитики. Основными недостатками являются: ограничение карты слоем точечных маркеров, некорректная геолокация объектов, отсутствие аналитических тематических слоёв и неинтегрированность с кадастровыми реестровыми данными.

Мировая практика, напротив, демонстрирует высокую эффективность интеграции ГИС-аналитики в рынок недвижимости. Что помогает пользователям быстрее изучить рынок и более эффективно вложить свои средства [5].

Таким образом, перспективным направлением развития платформ недвижимости является интеграция полноценных ГИС-инструментов: внедрение слоёв кадастровой стоимости и зон планировочных ограничений из данных Росреестра, создание карт изохрон транспортной доступности и тепловых карт инфраструктурной обеспеченности. Это позволит трансформировать существующие листинговые платформы в полноценные аналитические системы поддержки принятия решений.

Перечень ссылок:

1. Мухамадеева А.Я. Картографическая визуализация ценового зонирования с использованием ГИС-технологий // Международный научный журнал «Вестник Науки». – 2025. – № 6 (87). – Т. 4. – С. 1925–1937.
2. Янкелевич С.С. Развитие тематической картографии на базе геопространственных знаний и когнитивного подхода // Вестник СГУГиТ. – 2022. – Т. 27. – № 4. – С. 122–127. – DOI 10.33764/2411-1759-2022-27-4-122-127.
3. Атаманов С.А., Григорьев С.А., Косаруков З.С., Чуприн М.С. Перспективы развития системы учёта недвижимости // Пространственные данные: наука и технологии. – 2023. – Т. 14. – № 4. – С. 28–46. – DOI: 10.30533/scidata-2023-14-16.
4. Почему Яндекс.Недвижимость, ЦИАН и Авито никогда не станут ТОПовыми сервисами для продажи элитной недвижимости. Vesco Group [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vesco.ru/rieltor/ne-stanut-top-servisami-dlya-prodazhi-elitnoj-nedvizhimosti>
5. PropertyRadar Blog. Using Market Heatmaps to Identify Hot Real Estate Opportunities [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.propertyradar.com/blog/how-to-use-a-market-heatmap>

ЭМОЦИОНАЛЬНЫЙ ИИ В УМНОЙ ТЕХНИКЕ

А. А. Малевская, Е. И. Шарибченко
ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»,
г. Донецк, ДНР

Аннотация. В статье анализируется внедрение технологий эмоционального искусственного интеллекта в интерфейсы «умной» бытовой и сервисной техники в контексте интеллектуализации техносферы. Рассматриваются методы машинного обучения для распознавания эмоций и принципы построения эмоционально-адаптивных систем, а также исследуется этический вопрос внедрения таких технологий.

Annotation. The article analyzes the implementation of emotional artificial intelligence technologies in the interfaces of smart household and service devices in the context of technosphere intellectualization. It examines machine learning methods for emotion recognition and the principles of building emotionally adaptive systems and investigates the ethical issues of implementing such technologies.

Ключевые слова: эмоциональный искусственный интеллект, умные устройства, конфиденциальность, этические проблемы эмоционального анализа, распознавание эмоций.

Keywords: emotional artificial intelligence, smart devices, privacy, ethical issues of emotion analysis, emotion recognition.

На сегодняшний день развитие технологической сферы невозможно представить без повсеместной интеграции искусственного интеллекта в окружение человека. Если раньше умные устройства ограничивались «сухим» выполнением команд и работой по заданным алгоритмам, то сегодня активно разрабатываются системы, способные воспринимать контекст, адаптироваться к поведению пользователя и распознавать его эмоциональное состояние.

Эмоциональный интеллект для современных интеллектуальных технологий становится новым приоритетом в эволюции машин, взаимодействующих с человеком, ведь системы, способные не просто исполнять чёткие команды, но и улавливать настроение пользователя, интерпретировать под него характер работы, открывают новые возможности в улучшении качества жизни [1].

Распознавание эмоционального состояния пользователя интеллектуальными устройствами базируется на анализе мультимодальных сигналов [2]. Современные системы используют три основные категории источников данных.

Во-первых, это визуальные сигналы, включающие анализ мимики, движений глаз и позы тела. Камеры, встроенные в устройства, позволяют отслеживать микровыражения лица – непроизвольные мышечные движения, которые коррелируют с базовыми эмоциями. Регистрация движений глаз дополняет эту картину информацией о фокусе внимания и степени вовлеченности пользователя.

Далее – акустические сигналы – речевые и паралингвистические характеристики голоса: интонация, темп, громкость, паузы, тембр. Нейросетевые модели способны выделять эмоциональную окраску высказывания независимо от его смыслового содержания.

И заключительные физиологические сигналы, становящиеся все более доступными благодаря развитию носимой электроники и тактильных интерфейсов. Измерение пульса, кожно-гальваническая реакция, температура кожи – эти параметры могут быть получены через смарт-часы, браслеты, а также через сенсорные панели устройств, с которыми взаимодействует пользователь.

Трансформация сырых сенсорных данных в интерпретацию эмоционального состояния требует сложных конвейеров машинного обучения [3]. Процесс включает несколько этапов. На этапе извлечения признаков происходит преобразование сигналов в числовые характеристики. Например, из видеопотока выделяются координаты ключевых точек лица, из аудиосигнала – характеристики тембра голоса. Для обеспечения точности работы модели, ее необходимо обучать на несбалансированных по демографическим, культурным и индивидуальным параметрам. К примеру, если система обучалась преимущественно на представителях определенной возрастной, гендерной или этнической группы, ее точность будет сомнительной для пользователей, отклоняющихся от имеющихся критериев.

Классификация эмоций может выполняться на основе распознавания базовых эмоций (радость, грусть, гнев, удивление, страх, отвращение) или с использованием измерений, где каждая эмоция описывается координатами в пространстве «приятность – возбуждение – доминирование» [3].

Эмоционально-интеллектуальный интерфейс способен изменять параметры взаимодействия в зависимости от состояния пользователя:

изменение тона озвучки на более мягкий, регуляция темпа и сложности предоставляемой информации, предложение сервисов для коррекции настроения пользователя (например, музыка, подкаст или простой диалог для мотивации и поддержки, если пользователь попал в стрессовую ситуацию). Особого внимания заслуживает концепция «эмпатичных технологий», развиваемая в приложениях для ментального благополучия. Например, платформа MoodMesh, использующая API синтеза речи с поддержкой SSML, обеспечивает голосовой вывод с эмоционально согласованными нюансами – тоном, ритмом, громкостью, что критически важно для медитаций и терапевтических диалогов, или концепт AI-компаньона SUSAN, предоставленный компанией ASUS, который способен распознать эмоциональное состояние пользователя, проанализировав голос или его особые модели поведения, что позволяет устройству адаптировать ответы под текущее настроение человека.

Несмотря на все вышеперечисленные плюсы, внедрение эмоционального интеллекта в бытовую технику порождает множество этических проблем, так как эмоциональные данные являются конфиденциальными сведениями, которыми не каждый человек согласен поделиться, ведь не исключены риски злоупотребления информацией системой: от таргетированной рекламы, использующей уязвимые состояния, до дискриминации на основе эмоционального профиля пользователя [4]. Поэтому немаловажно придерживаться сбора только тех данных, которые действительно необходимы для выполнения заявленных функций, и только с явного информированного согласия пользователя, а после выполнения поставленной задачи исходные данные необходимо удалять: долгосрочное хранение стоит разрешать только для анонимных статистик и только с согласия пользователя.

Также для обеспечения доверительных отношений с системой, пользователи должны понимать, как используются их данные; что именно предсказывается (например, уровень стресса, интенсивность боли, валентность настроения), почему это предсказывается (какова цель сбора и анализа эмоциональных данных) и как предсказание используется (хранится ли локально, передается ли третьим лицам т. п.).

К тому же, в контексте эмоционального ИИ «одноразовое» согласие при установке приложения является недостаточным. Настроение пользователя может меняться со временем и варьироваться в зависимости от типа предоставляемых параметров и цели их сбора. В связи с этим необходимо предоставлять возможность

выбирать, какие типы эмоциональных данных разрешено собирать, а также обеспечить обратимость, т. е. возможность в любой момент отозвать согласие.

В заключение можно сказать, что интеграция эмоционального искусственного интеллекта в интерфейсы «умной» техники представляет собой закономерный этап интеллектуализации техносферы. Переход от систем, реагирующих на явные команды, к системам, способным улавливать контекст и эмоциональное состояние пользователя, открывает возможности для более естественного, эмпатичного и персонализированного взаимодействия человека и машины. Однако практически все инновации сопровождаются этическими вызовами, и этот технологический переворот – не исключение. Способность алгоритмов интерпретировать внутренние состояния человека создаёт риски для приватности и психологического благополучия пользователей, так как эмоциональные данные относятся к числу наиболее чувствительных, а их сбор и обработка требуют особой осторожности [4].

Перечень ссылок

1. Picard R. W. *Affective Computing*. – Cambridge : MIT Press, 1997. – 292 p.
2. Calvo R. A., D'Mello S. Affect Detection: An Interdisciplinary Review of Models, Methods, and Their Applications // *IEEE Transactions on Affective Computing*. – 2010. – Vol. 1, № 1. – P. 18-37.
3. Карташева, А.А. Подходы к распознаванию эмоций в интеллектуальных системах / А. А. Карташева// *Технологос*. – 2020. – № 2 – С. 15-24.
4. Ратнер, Н.П. Этика искусственного интеллекта: вызовы, риски и решения / Н.П. Ратнер // *Вестник науки*. – 2023. – № 10 (67) – С. 308-318.

**ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ ТЕХНОСФЕРЫ НА ОСНОВЕ
НЕЙРОСЕТЕВЫХ И WEB-ТЕХНОЛОГИЙ**

И. В. Моисеенко, Т. В. Завадская
ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»,
г. Донецк, ДНР

Аннотация. В статье рассматривается трансформация технических систем под влиянием методов искусственного интеллекта и современных веб-технологий. Анализируются нейросетевые архитектуры для диагностики, прогнозирования и управления, а также протоколы реального времени для организации удалённого доступа. Приводятся примеры внедрения интеллектуальных систем в промышленности и городской инфраструктуре.

Annotation. The article examines the transformation of technical systems under the influence of artificial intelligence methods and modern web technologies. Neural network architectures for diagnostics, forecasting and control, as well as real-time protocols for remote access organization are analyzed. Examples of intelligent systems implementation in industry and urban infrastructure are given.

Ключевые слова: интеллектуализация техносферы, нейронные сети, веб-технологии, предиктивная аналитика, WebSocket, цифровые двойники.

Keywords: technosphere intellectualization, neural networks, web technologies, predictive analytics, WebSocket, digital twins.

Техносфера как совокупность технических объектов и систем, созданных человеком, вступает в этап глубокой трансформации. Классические алгоритмы управления, такие как ПИД-регуляторы и конечные автоматы, перестают справляться с ростом сложности, объёма данных и требований к надёжности. Интеллектуализация техносферы означает массовое внедрение методов искусственного интеллекта, особенно нейронных сетей, и современных веб-технологий для организации сбора, обработки данных и удалённого управления [1]. Согласно аналитическим отчётам, внедрение интеллектуальных систем в промышленности позволяет сократить внеплановые простои на значительную величину, а затраты на

техническое обслуживание также существенно снижаются. Количество научных публикаций по теме интеллектуальной техносферы с 2018 по 2025 год выросло в несколько раз. Основными драйверами выступают удешевление датчиков и вычислительных модулей, зрелость фреймворков глубокого обучения и повсеместное распространение веб-стандартов и протоколов реального времени.

Нейронные сети позволяют решать задачи, которые трудно формализовать аналитически. К таким задачам относятся распознавание аномалий в работе оборудования, прогнозирование остаточного ресурса, оптимизация режимов энергопотребления и многомерное управление с неполной информацией. В техносферных приложениях наиболее востребованы несколько типов архитектур. Свёрточные нейронные сети применяются для анализа вибрационных сигналов, тепловизионных изображений и спектрограмм. Они извлекают локальные паттерны, инвариантные к сдвигу. Примером служит обнаружение микротрещин на лопатках турбины по видеопотоку. Рекуррентные нейронные сети, включая LSTM и GRU, используются для работы с временными рядами температуры, давления и тока. LSTM-сети запоминают долгосрочные зависимости, что критически важно для прогнозирования остаточного ресурса за сотни часов до отказа. Трансформеры на основе архитектуры Attention представляют собой новейшее направление. Они превосходят рекуррентные сети на очень длинных последовательностях и позволяют строить единую модель для разнородных датчиков [2].

Для управления активными техническими системами, например роботизированной рукой или беспилотным погрузчиком, применяется обучение с подкреплением. Агент взаимодействует со средой, получая сигнал вознаграждения, и вырабатывает оптимальную политику. Однако отсутствие прозрачности нейросетевых моделей вызывает недоверие у инженеров-эксплуатантов. Поэтому активно развивается направление объяснимого искусственного интеллекта, включающее методы LIME и SHAP, а также визуализацию карт активации. Для прогноза перегрева подшипника такой подход указывает, какой именно датчик больше всего повлиял на решение [1].

Веб-технологии обеспечивают связность и доступность интеллектуальных модулей. Традиционные SCADA-системы, являющиеся проприетарными и монолитными, уступают место веб-ориентированным архитектурам. Протокол WebSocket представляет собой двунаправленный канал поверх HTTP и идеально подходит для потоков телеметрии с частотой сотни сообщений в секунду. Он используется в панелях мониторинга. Протокол MQTT over

WebSockets является легковесным протоколом publish/subscribe для интернета вещей и работает через веб-браузер без установки плагинов. Стандарт WebTransport, основанный на протоколе QUIC, обеспечивает более низкую задержку и поддержку ненадежных потоков, что полезно для передачи видео с камер в условиях плохой сети. Переход с опроса на WebSocket сокращает задержку передачи аварийных сигналов с нескольких секунд до десятков миллисекунд [3].

Современные интеллектуальные системы строятся как набор микросервисов. REST API с форматом JSON используется для конфигурации, получения последних значений и истории. GraphQL позволяет клиенту запрашивать именно те поля, которые нужны, уменьшая объём передаваемых данных. Это особенно полезно для приборных панелей с десятками виджетов. Высокопроизводительный бинарный протокол gRPC с protobuf применяется для обмена между нейросетевыми серверами и шлюзами. Нейросетевые модели упаковываются в контейнеры Docker и выставляются как веб-сервисы с помощью инструментов TensorFlow Serving или TorchServe. Это позволяет инженерам обновлять модель без остановки всей системы [3].

Обобщённая архитектура интеллектуальной техносферной системы включает три уровня. Уровень сбора и периферийной обработки включает датчики вибрации, тока, температуры, видео и акустических эмиссий, а также промышленные шлюзы на базе доступных вычислительных платформ. Простые нейросетевые модели, сжатые и квантованные, выполняются прямо на шлюзе, отправляя только аномалии или краткие признаки, что снижает нагрузку на сеть. Уровень обработки и аналитики размещается в облачной или локальной серверной среде и содержит контейнеризованные нейросетевые модели на серверах с графическими процессорами, очереди сообщений с поддержкой веб-сокетов и веб-ориентированные хранилища временных рядов, такие как InfluxDB, TimescaleDB или VictoriaMetrics. Уровень представления представляет собой одностраничные приложения на современных веб-фреймворках с визуализацией графиков реального времени, тепловых карт аномалий и трёхмерных моделей цифровых двойников. Доступ осуществляется через любой браузер, в том числе с мобильных устройств. Такая архитектура обеспечивает масштабируемость, отказоустойчивость и низкий порог внедрения [4].

Практические примеры подтверждают эффективность предложенного подхода. В пилотном проекте интеллектуального

освещения города веб-платформа собирает данные о трафике с камер и радаров, а также о погоде и времени суток. Нейросеть оптимизирует график включения и яркости каждого фонаря, снижая энергозатраты. Аномалии, такие как мигание или перегрев, детектируются свёрточной сетью по спектру тока и отправляются диспетчеру через WebSocket-уведомление. На горно-обогатительном комбинате свёрточная нейросеть анализирует видеоизображение конвейерной ленты, обнаруживая неравномерную загрузку, посторонние предметы и износ роликов. Веб-интерфейс позволяет диспетчеру подтверждать автоматическую остановку или изменение скорости. За период эксплуатации количество аварийных простоев существенно сократилось. Для компрессорных станций магистрального газопровода рекуррентная нейросеть LSTM использует несколько потоков данных, поступающих через WebSocket-соединения. Модель прогнозирует перегрев или повышенный износ за время, достаточное для принятия превентивных мер. Точность прогноза высока, а доля ложных срабатываний незначительна. В системе умного здания с адаптивным микроклиматом гибридная нейросеть, объединяющая свёрточную и рекуррентную архитектуры, управляет оборудованием отопления, вентиляции и кондиционирования, жалюзи и освещением. Веб-панель позволяет сотрудникам вносить коррективы, которые дообучают модель онлайн [1].

Интеллектуальная техносфера порождает новые уязвимости. Поскольку веб-интерфейсы доступны через корпоративные сети или интернет, они становятся мишенью для атак. Основными рисками являются отравление данных, при котором злоумышленник подменяет телеметрию, заставляя нейросеть принимать опасные решения, социальная инженерия через веб-панель, а также DoS-атаки на веб-API нейросервисов, которые могут перегрузить модели ложными запросами. Методами защиты выступают подпись каждого пакета данных на уровне шлюза, веб-брандмауэры с адаптивными правилами, сегментация сети и обязательное VPN-подключение для операторов. Регуляторные инициативы требуют, чтобы нейросетевые решения для критических применений имели сертификат объяснимости [2].

Направления развития интеллектуальной техносферы включают федеративное обучение, при котором нейросети обучаются на данных с десятков предприятий без централизации информации, сохраняя коммерческую тайну. Каждый узел обновляет только веса модели. Технология WebAssembly позволяет выполнять нейросети непосредственно в браузере оператора без задержек на сервер, что

полезно для быстрых интерактивных советов. Цифровые двойники с веб-интерфейсом обеспечивают полную интеграцию трёхмерной модели, симуляции и нейросетевого управления в едином браузерном окне [5]. Таким образом, интеллектуализация техносферы на основе нейросетевых и веб-технологий представляет собой объективный тренд, повышающий эффективность, безопасность и гибкость технических систем. Приведённые архитектурные решения и практические примеры подтверждают, что синергия глубокого обучения и веб-стандартов создаёт основу для самообучающихся заводов, энергосетей и городских инфраструктур.

Перечень ссылок

1. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс. — 2-е изд. — М.: Вильямс, 2016. — 1104 с.
2. Гудфеллоу Я., Бенджио И., Курвилль А. Глубокое обучение. — М.: ДМК Пресс, 2018. — 652 с.
3. Николенко С.И., Кадуринов А.А., Архангельская Е.О. Глубокое обучение. — СПб.: Питер, 2018. — 480 с.
4. Ясницкий Л.Н. Интеллектуальные системы: учебник. — М.: Лаборатория знаний, 2016. — 221 с.
5. Койбагаров М.К., Исабеков Ж.Н., Курмангалиева Л.А., Байтурганова В.К., Рахметова П.М. Разработка системы предиктивного обслуживания на основе машинного обучения // Вестник Satbayev University. — 2025. — № 2(18). — С. 80–89.

**ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ ТЕХНОСФЕРЫ КАК ФАКТОР
ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДОНБАССА**

К. А. Мокшин, Т. В. Завадская
ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»,
г. Донецк, ДНР

***Аннотация.** Статья посвящена анализу процесса интеллектуализации техносферы в контексте задач цифровой трансформации и устойчивого социально-экономического развития региона Донбасса. Рассматриваются теоретические основы понятия, современные направления реализации, роль в восстановлении промышленного потенциала, а также проблемы подготовки инженерных кадров.*

***Annotation.** The article analyzes the process of technosphere intellectualization in the context of digital transformation and sustainable socio-economic development of the Donbass region. Theoretical foundations of the concept, current implementation directions, the role in restoring industrial potential, and issues of engineering personnel training are considered.*

***Ключевые слова:** интеллектуализация техносферы, цифровая трансформация, восстановление Донбасса, инженерные кадры, устойчивое развитие, искусственный интеллект, умные системы.*

***Keywords:** technosphere intellectualization, digital transformation, Donbass restoration, engineering personnel, sustainable development, artificial intelligence, smart systems.*

Промышленная инфраструктура Донбасса находится в сложном состоянии вследствие длительной эксплуатации горнодобывающих и металлургических предприятий, а также последствий боевых действий. Традиционные методы восстановления, сводящиеся к простому воспроизведению устаревших технологических решений, не обеспечивают требуемой экономической эффективности и должного уровня промышленной безопасности. В связи с этим необходим переход к принципиально новой модели развития – интеллектуализации региональной техносферы. Под интеллектуализацией техносферы в данной статье понимается комплексное внедрение киберфизических систем, технологий

промышленного интернета вещей, элементов искусственного интеллекта и цифрового моделирования в производственные, энергетические и транспортные объекты. Главной целью является создание адаптивной, самообучающейся среды, способной диагностировать состояние оборудования, оптимизировать потоки ресурсов и минимизировать присутствие человека в опасных зонах [1].

Первая группа задач связана с цифровым восстановлением ключевых промышленных объектов. Для шахт, обогатительных фабрик и прокатных станов требуется создание цифровых двойников, отражающих не только геометрию и технологические схемы, но и реальное техническое состояние оборудования с учётом накопленного износа. На многих предприятиях отсутствует полная проектная документация, а режимы работы десятилетиями фиксировались только в бумажных журналах. Поэтому на начальном этапе необходим реинжиниринг с использованием трёхмерного лазерного сканирования и последующей параметризацией полученных моделей. Вторая группа задач касается построения надёжной сенсорной сети. Для принятия обоснованных решений в реальном времени техносфера должна быть оснащена датчиками вибрации, температуры, газового состава, деформации конструкций. Большинство предприятий Донбасса работает в условиях сильных электромагнитных помех от тяговых сетей и мощных электродвигателей, что требует специальных инженерных решений по помехозащите и резервированию каналов связи. На практике оправдано сочетание проводных интерфейсов RS-485 с волоконно-оптическими линиями для наиболее ответственных узлов и применение промышленных беспроводных протоколов для менее критичных участков [2].

Третья группа проблем связана с разработкой систем предиктивной аналитики. Интеллектуализация невозможна без алгоритмов, которые на основе накопленных данных о поломках прогнозируют остаточный ресурс оборудования и предлагают оптимальный график ремонтов. Для угольных шахт Донбасса особенно важна задача прогнозирования газодинамических явлений с помощью анализа показаний датчиков метанообильности и микросейсмической активности. Главная инженерная сложность заключается не в создании нейросетевой модели, а в её тщательной проверке и настройке под конкретные геологические условия каждой шахты. Переход к интеллектуальным системам не отменяет требований промышленной безопасности, а существенно их меняет. Классические системы защиты работают по принципу жёсткой логики

с фиксированными уставками. Интеллектуальные системы способны динамически менять пороги срабатывания в зависимости от текущего режима, что порождает новые риски: при неверной классификации ситуации алгоритм может пропустить развитие аварии.

В условиях Донбасса, где на многих участках до сих пор преобладает ручной труд, наиболее рациональной является гибридная архитектура. Интеллектуальная система должна выступать не полным заместителем человека, а надёжным советчиком. На практике это реализуется через специальные каналы отображения на диспетчерских пультах: оператор видит не только текущие параметры, но и аналитические подсказки, например, тренд роста вибрации с прогнозом достижения критического значения. Такой подход сохраняет за человеком окончательное решение и одновременно снижает его психологическую нагрузку. Отдельное внимание необходимо уделить кибербезопасности. Увеличение количества устройств с возможностью удалённого доступа расширяет поверхность атак. В условиях, когда оборудование поставляется разными производителями, важна унификация протоколов на уровне промышленных шлюзов. Рекомендуется применять изолированные доверенные вычислительные среды с аппаратной криптографической защитой [3].

Одной из главных преград на пути интеллектуализации остаётся кадровый вопрос. Большинство действующих специалистов ориентировано на работу с традиционными электромеханическими системами и простой автоматикой. Для работы с цифровыми двойниками и предиктивными системами требуются инженеры, сочетающие глубокие отраслевые знания с современными цифровыми компетенциями: программирование промышленных контроллеров, работа с временными рядами данных, основы машинного обучения. Более эффективным представляется модульный подход к повышению квалификации непосредственно на предприятиях с использованием реального промышленного оборудования. Ведь каждому инженеру важно научиться не писать алгоритмы с нуля, а грамотно ставить задачи специалистам по данным и адаптировать готовые библиотеки моделей под свои условия. Такой формат позволяет переподготовить действующих сотрудников за три-четыре месяца интенсивных практик.

Каждое инженерное решение в сфере интеллектуализации должно иметь экономическое обоснование. Наиболее ощутимые результаты для предприятий Донбасса включают сокращение внеплановых простоев оборудования за счёт перехода на ремонт по

фактическому состоянию, снижение аварийности, связанной с человеческим фактором, и оптимизацию энергопотребления благодаря поддержанию оптимальных технологических режимов в реальном времени. Внедрение целесообразно проводить поэтапно. На первом этапе создаются цифровые паспорта и оснащаются датчиками наиболее критичные агрегаты: подъёмные машины, главные вентиляторные установки, металлургические печи. На втором этапе выполняется пилотное развёртывание платформы промышленного интернета вещей на одном-двух предприятиях с отработкой предиктивных моделей. На третьем этапе осуществляется масштабирование на весь регион с созданием единого ситуационного центра. Важно понимать, что интеллектуализация не является самоцелью. В условиях ограниченных ресурсов простой датчик с надёжным компаратором может обеспечить большую безопасность, чем сложная нейросеть, если задача не требует прогнозирования.

Инновационное восстановление Донбасса невозможно без формирования интеллектуальной техносферы, объединяющей физические объекты, современные сенсорные сети, системы анализа данных и высококвалифицированных специалистов. Только такой комплексный подход позволяет перейти от простого ремонта разрушенной инфраструктуры к созданию принципиально новой, более надёжной, безопасной и экономически эффективной промышленной среды региона. Инженерные приоритеты постепенно смещаются: от традиционного строительства новых агрегатов к цифровому сопровождению всего жизненного цикла оборудования, от жёсткой логики защиты к гибридным интеллектуальным системам с элементами прогнозной аналитики, от универсальной подготовки кадров к целевым модульным компетенциям, получаемым непосредственно на рабочих местах. Реализация этих направлений будет способствовать не только техническому возрождению Донбасса, но и повышению качества жизни населения, росту производительности труда и обеспечению промышленной безопасности. Предложенные в работе подходы к организации сенсорных сетей, обеспечению кибербезопасности и поэтапному внедрению интеллектуальных технологий могут стать практической основой для разработки проектной документации по модернизации промышленных объектов региона. Перспективными направлениями дальнейших исследований являются создание отраслевых библиотек предиктивных моделей для типового горно-металлургического оборудования, отработка методик их валидации в реальных условиях эксплуатации, а также разработка региональных стандартов

интеллектуализации техносферы с учётом специфики Донбасса. Таким образом, интеллектуализация техносферы выступает не просто современным технологическим трендом, а стратегическим фактором инженерно-технического обеспечения устойчивого восстановления и развития региона [4].

Перечень ссылок

1. Витол Э.А. Интеллектуализация техносферы и вопросы промышленной безопасности. — М.: Наука, 2024. — 218 с.
2. Шваб К. Четвёртая промышленная революция / пер. с англ. — М.: Эксмо, 2019. — 208 с.
3. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности. Приказ Ростехнадзора № 123 от 2023 г.
4. Овчинников В.В., Мингалеев С.Г. Применение высокотехнологичных средств в ликвидации чрезвычайных ситуаций // Технологии гражданской безопасности. — 2020. — Т. 17, № 2 (64). — С. 19–23.

УДК 331.45:658.382

**АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ФАКТОРА НА
ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ТРАВМАТИЗМ И РАЗРАБОТКА
РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ВНЕДРЕНИЮ ПОВЕДЕНЧЕСКИХ
ПРОГРАММ БЕЗОПАСНОСТИ**

А. С. Мосеева, К. А. Подвигин
ФГБОУ ВО «ЧЕРЕПОВЕЦКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»,
г. Череповец, Россия

***Аннотация.** Проведён анализ влияния человеческого фактора на производственный травматизм, который показал, что большинство несчастных случаев обусловлены поведенческими причинами, а существующая система управления безопасностью недостаточно готова к внедрению современных превентивных подходов. Предложен поэтапный алгоритм внедрения поведенческого аудита, реализация которого направлена на трансформацию корпоративной культуры и позволяет достичь значительного снижения уровня травматизма.*

***Abstract.** An analysis of the human factor impact on occupational injury rates has been conducted, revealing that the root causes of the majority of accidents are behavioral in nature, while the existing safety management framework demonstrates insufficient readiness for the implementation of modern preventive strategies. A phased algorithm for introducing behavioral safety auditing is proposed, the implementation of which is aimed at transforming corporate safety culture and is expected to yield a substantial reduction in injury rates.*

***Ключевые слова:** человеческий фактор; производственный травматизм; поведенческая безопасность; поведенческий аудит безопасности; культура безопасности; металлургическое предприятие.*

***Key words:** human factor; occupational injuries; behavior-based safety; behavioral safety audit; safety culture; metallurgical enterprise.*

Металлургическое производство традиционно относится к наиболее травмоопасным отраслям промышленности. По данным Росстата, коэффициент частоты травматизма в металлургии стабильно превышает средний показатель по промышленности, что подтверждается и отечественными исследованиями [1; 5]. Установлено, что от 70 до 90 % несчастных случаев в данной отрасли обусловлены человеческим фактором — ошибочными действиями,

нарушениями требований безопасности и небезопасным поведением [2]. Традиционные организационно-технические меры, ориентированные преимущественно на контроль и наказания, не обеспечивают коренного перелома ситуации. В связи с этим в мировой практике с 1990-х годов активно применяются поведенческие программы безопасности (Behavior-Based Safety, BBS), предполагающие систематические наблюдения, обратную связь и поощрение безопасных моделей поведения [3]. Однако для российских металлургических предприятий подобные программы остаются недостаточно адаптированными. В рамках настоящей работы поставлена цель — на основе анализа влияния человеческого фактора на производственный травматизм в ПАО «Северсталь» разработать поэтапные рекомендации по внедрению элементов поведенческого аудита безопасности. Для её достижения решались задачи классификации причин несчастных случаев, выявления мотивов нарушений, оценки текущей готовности персонала и разработки плана внедрения BBS. Объектом исследования выступает ПАО «Северсталь» (г. Череповец) — металлургический комбинат полного цикла, а предметом — человеческий фактор как причина производственного травматизма и организационные условия для внедрения программ поведенческой безопасности.

Результаты исследования. Проведён анализ 29 актов формы Н-1 за 2019–2023 гг. с классификацией причин по модели «швейцарского сыра» Дж. Ризона [2]. Анкетированием охвачено 120 работников (80 рабочих и 40 инженерно-технических работников); анкета содержала 18 вопросов о мотивах допускаемых нарушений. Выполнено 30 сессий структурированного наблюдения в цехах горячего проката и ремонтно-механическом цехе с применением чек-листа из 22 пунктов. Статистическая обработка выполнена с использованием критерия χ^2 и корреляции Спирмена ($p < 0,05$). Распределение несчастных случаев по причинам представлено в таблице 1.

Таблица 1. Распределение несчастных случаев по причинам (2019–2023 гг.)

Причина	Количество случаев	Доля, %
Небезопасные действия работников (нарушения инструкций, отключение блокировок, работа без СИЗ)	21	72,4
Технические неисправности оборудования	5	17,2
Недостатки в организации работ	3	10,4
Всего	29	100

Как видно из таблицы 1, человеческий фактор явился причиной

72,4 % инцидентов. Дальнейшее анкетирование показало, что основными мотивами нарушений (множественный выбор) выступают производственная спешка (43 % опрошенных), переоценка собственного опыта (38 %), физическая усталость к концу смены (27 %), неудобство средств индивидуальной защиты (19 %), отсутствие контроля (11 %) и иные причины (8 %) (рисунок 1).

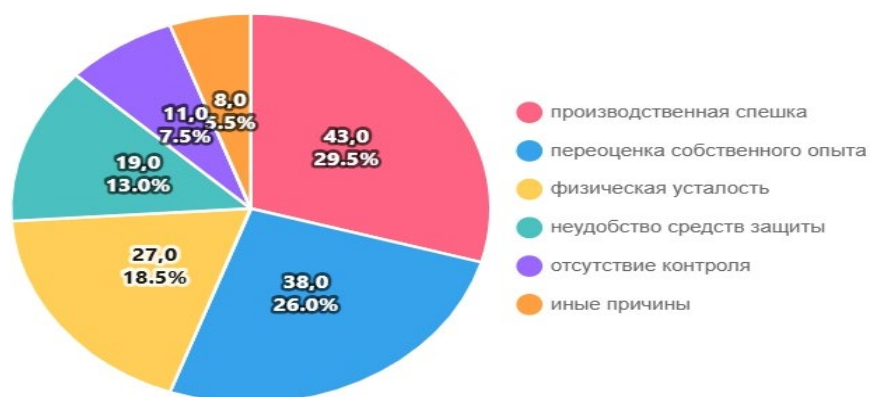


Рисунок 1 — Основные мотивы нарушений правил безопасности (по результатам анкетирования, n=120)

При этом 68 % рабочих и 41 % ИТР признали допущение сознательных нарушений ($p=0,041$). Структурированное наблюдение выявило в среднем 2,3 небезопасных действия на одного работника в смену, которые, однако, редко приводят к травмам благодаря существующим техническим барьерам (ограждения, блокировки), что полностью согласуется с моделью Ризона [2].

Интегральная оценка готовности предприятия к внедрению BBS, выполненная по критериям доверия, информированности, квалификации службы охраны труда и мотивации, составила 4,75 балла из 10, что соответствует среднему уровню. Главными барьерами выступают недоверие персонала к возможным последствиям наблюдений (41 % опрошенных опасаются наказаний) и практически полное отсутствие положительного подкрепления безопасного поведения.

С учётом выявленных проблем был разработан поэтапный план внедрения программы поведенческого аудита безопасности, представленный в таблице 2.

Таблица 2. Комплекс мероприятий по внедрению поведенческих программ безопасности (BBS)

Направление (этап)	Конкретные мероприятия	Срок реализации	Ожидаемый эффект
Подготовительный	Создание рабочей группы, проведение встреч с коллективом, предоставление гарантий анонимности, входное анкетирование культуры безопасности	3–4 мес.	Формирование первичного доверия, снятие страха наказаний
Обучение наблюдателей	Отбор 20–25 авторитетных работников, проведение тренингов по методике наблюдения и технике позитивной обратной связи	1–2 мес.	Повышение квалификации наблюдателей, обеспечение объективности наблюдений
Пилотное внедрение	Проведение наблюдений дважды в неделю в двух цехах, предоставление позитивной обратной связи, ежемесячный анализ поведенческих трендов и корректировка чек-листов	6 мес.	Снижение частоты небезопасных действий на пилотных участках на 20–30 %
Масштабирование	Распространение программы на все цеха, интеграция в систему нематериальной мотивации, внедрение анонимного канала для сообщений о рисках	Постоянно	Формирование устойчивой культуры безопасности, общее снижение травматизма на 25–30 %

Выводы.

Проведённый анализ влияния человеческого фактора на производственный травматизм в ПАО «Северсталь» позволил установить, что 72,4 % несчастных случаев обусловлены небезопасными действиями работников. Ключевыми поведенческими паттернами являются производственная спешка (43 %), переоценка опыта (38 %) и физическое утомление (27 %). Интегральная оценка готовности предприятия к внедрению BBS составила 4,75 балла из 10, что обосновывает необходимость поэтапного перехода от карательной модели к культуре открытого информирования. Разработанный комплекс мероприятий, включающий подготовительный этап, обучение наблюдателей, пилотное внедрение и последующее масштабирование, может способствовать снижению уровня производственного травматизма на 25–30 %. Дальнейшие исследования целесообразно направить на пилотную апробацию предложенного плана и мониторинг устойчивости сформированных безопасных поведенческих

паттернов.

Перечень ссылок

1. Травматизм на производстве в Российской Федерации в 2023 году: стат. бюл. — М. : Росстат, 2024. — 45 с.
2. Reason J. Human error: models and management // BMJ. — 2000. — Vol. 320, № 7237. — P. 768–770.
3. Geller E.S. The psychology of safety: how to improve behaviors and attitudes at work. — 2nd ed. — Boca Raton : CRC Press, 2001. — 388 p.
4. Sulzer-Azaroff B., Austin J. Does BBS work? Behavior-based safety and injury reduction: a meta-analysis // Professional Safety. — 2000. — Vol. 45, № 7. — P. 19–24.
5. Козлов А.В., Михайлов Ю.И. Анализ влияния человеческого фактора на производственный травматизм в металлургии // Безопасность труда в промышленности. — 2021. — № 7. — С. 34–39.

УДК 004.65:004.75:004.056

СТРУКТУРА ДОСТУПА К ДАННЫМ В СОВРЕМЕННЫХ СЕРВЕРНЫХ СИСТЕМАХ

Д.Е. Нематов, Т.В. Завадская
ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»,
г. Донецк, ДНР

Аннотация. В статье рассмотрены принципы построения современных серверных систем: организация баз данных, доступ к серверу, структура ролей и взаимодействие программных компонентов. Показано, что устойчивость информационной системы определяется не только производительностью оборудования, но и качеством разграничения прав, журналирования, резервного копирования и сетевой изоляции.

Annotation. The paper considers the principles of modern server systems: database organization, server access, role structure, and interaction between software components. It is shown that system reliability depends not only on hardware performance, but also on access control, logging, backup policy, and network isolation.

Ключевые слова: серверная архитектура, база данных, доступ, роли, API, безопасность, компоненты.

Keywords: server architecture, database, access, roles, API, security, components.

Современная серверная система редко представляет собой один физический сервер, на котором одновременно расположены сайт, база данных и файлы пользователей. На практике даже небольшое приложение постепенно разделяется на несколько слоёв: клиентскую часть, точку входа в сеть, сервер приложения, базу данных, кэш, файловое или объектное хранилище, систему журналирования и подсистему резервного копирования. Такое разделение усложняет первоначальную настройку, но делает систему управляемой: каждый компонент получает собственную задачу, собственные права и собственную зону ответственности. В инфраструктурах, построенных на контейнерах и оркестрации, эта идея выражена особенно явно. Kubernetes описывает приложение через рабочие узлы, Pod, Service, Ingress и другие объекты, позволяющие отделить выполнение программы от сетевого доступа к ней [1]. Логика разделения сохраняет свою полезность и в тех проектах, где Kubernetes не

используется: входящие запросы не должны хаотично попадать на любой процесс, а должны проходить через понятный маршрут с проверкой, балансировкой и контролем ошибок.

Базовая модель серверного приложения может быть представлена следующим образом. Пользователь обращается к веб-интерфейсу или мобильному приложению. Запрос проходит через доменное имя, защищённое соединение, обратный прокси-сервер или балансировщик нагрузки. Далее он попадает в сервер приложения, где выполняется проверка учётной записи, обработка бизнес-логики и обращение к внутренним сервисам. Только после этого сервер приложения обращается к базе данных, кэшу, очереди сообщений или файловому хранилищу. Клиент при такой схеме не получает прямого доступа к базе данных, потому что база является внутренним ресурсом системы, а не публичной частью сервиса. База данных в современной серверной системе выполняет не только функцию хранилища. Она фиксирует состояние приложения, обеспечивает целостность данных, поддерживает транзакции, связи между сущностями и ограничения на уровне схемы. Например, в учебной информационной системе база может хранить пользователей, роли, документы, статусы заявок, историю изменений и технические журналы. Ошибка в структуре таблиц или правах доступа опасна не меньше, чем ошибка в программном коде: приложение может работать внешне нормально, но постепенно накапливать неверные связи, дубли или несанкционированные изменения.

Для работы с данными целесообразно разделять учётные записи базы данных по назначению. Администратор базы должен использоваться только для настройки и обслуживания. Сервер приложения должен иметь отдельную сервисную роль с минимально необходимыми правами. Отдельная роль может применяться для миграций схемы, отдельная – для чтения аналитических отчётов, отдельная – для резервного копирования. В PostgreSQL управление доступом строится вокруг ролей, которые могут владеть объектами базы и получать права на чтение, изменение или выполнение отдельных операций [2]. Эта модель иллюстрирует общий принцип: право должно выдаваться не «на всякий случай», а под конкретную задачу. Структура доступа обычно включает несколько уровней. Первый уровень – пользовательский: обычный пользователь, модератор, оператор, администратор, аудитор. Второй уровень – сервисный: учётные записи приложений, фоновых задач, интеграций и систем мониторинга. Третий уровень – инфраструктурный: доступ к операционной системе сервера, панели управления, хранилищу

секретов, резервным копиям и сетевым правилам. Ошибка многих учебных и небольших коммерческих проектов состоит в том, что эти уровни смешиваются. Один пароль используется и для входа на сервер, и для базы данных, и для панели администрирования. Такая схема удобна только до первой аварии.

Доступ к серверу следует рассматривать отдельно от доступа к приложению. Пользователь приложения может входить через логин, пароль, одноразовый код или внешнего провайдера идентификации. Администратор инфраструктуры получает доступ через SSH, VPN, bastion host или панель облачного провайдера. Эти каналы должны иметь разные правила, разные журналы и разные способы восстановления. С точки зрения безопасности важно не просто «спрятать» сервер от внешнего мира, а ограничить каждое действие: кто подключился, откуда, на какой ресурс, с какой целью и какое изменение выполнил. Подход Zero Trust формулирует эту идею как отказ от доверия только на основании нахождения внутри корпоративной сети. В документах NIST подчёркивается, что фокус смещается с периметра на пользователя, ресурс и контекст запроса [3]. Для серверной системы это означает, что внутренний сервис не должен автоматически считаться безопасным. Если один компонент обращается к другому, он должен подтверждать свою идентичность, работать по ограниченному интерфейсу и оставлять след в журнале событий. Такая схема особенно важна для распределённых приложений, где ошибка одного микросервиса не должна открывать доступ ко всей системе.

Сетевое взаимодействие компонентов строится вокруг чётких интерфейсов. Внешний клиент обычно работает с API, а не с внутренними таблицами. API принимает запрос, проверяет формат данных, применяет ограничения прав и передаёт задачу в сервер приложения. Если операция быстрая, например получение профиля пользователя, сервер может сразу обратиться к базе данных или кэшу. Если операция длительная, например генерация отчёта или обработка большого файла, она может быть отправлена в очередь сообщений, а отдельный рабочий процесс выполнит её асинхронно. За счёт этого основной сервер не блокируется, а пользователь получает предсказуемый ответ. Отдельное значение имеет защищённый транспорт. TLS 1.3 описывает механизм, позволяющий клиентским и серверным приложениям обмениваться данными через сеть с защитой от перехвата, подмены и изменения сообщений [4]. Для практической архитектуры это означает, что даже правильно настроенная база данных и роли не компенсируют отсутствие защиты канала. Пароль,

токен авторизации или персональные данные не должны передаваться в открытом виде. При этом шифрование не отменяет остальные меры безопасности: оно защищает путь между участниками обмена, но не исправляет ошибку в правах пользователя или SQL-запросе.

Важной частью системы является журналирование. Журналы доступа позволяют восстановить цепочку событий: кто вошёл в систему, какой запрос выполнил, какой компонент вернул ошибку, какие данные были изменены. Однако журналы сами по себе становятся чувствительным ресурсом. В них нельзя без необходимости сохранять пароли, полные токены, номера документов и другие данные, которые при утечке могут нанести ущерб. Поэтому журналирование должно быть достаточно подробным для расследования инцидентов, но не превращаться в вторую, плохо защищённую базу персональных данных. Резервное копирование и восстановление также относятся к структуре доступа, хотя на первый взгляд выглядят как техническая процедура. Копия базы данных часто содержит все сведения, которыми располагает система. Если резервные копии хранятся без шифрования или доступны тем же учётным записям, что и основная база, то компрометация одной роли может привести к потере всей информации. Поэтому для копий нужны отдельные учётные записи, отдельные ключи, проверка восстановления и ограниченный срок хранения. Резервная копия полезна только тогда, когда её можно восстановить, а не просто, когда файл где-то лежит.

Практические требования к безопасности веб-приложений систематизированы в OWASP ASVS. Стандарт рассматривает проверку аутентификации, управление сессиями, контроль доступа, защиту данных, обработку ошибок и другие аспекты, которые непосредственно связаны с серверной архитектурой [5]. Для небольшой информационной системы не обязательно внедрять все механизмы корпоративного уровня, но полезно использовать такую структуру как контрольный список: есть ли разделение ролей, проверяются ли права на стороне сервера, защищены ли секреты, ведутся ли журналы, выполняется ли резервное копирование. Современный сервер представляет собой не только вычислительный ресурс, а организованную среду взаимодействия компонентов. База данных хранит состояние и ограничения, сервер приложения выполняет логику и проверку доступа, API задаёт безопасный внешний интерфейс, прокси и балансировщики управляют входящим трафиком, кэш и очереди снижают нагрузку, а журналы и резервные копии обеспечивают наблюдаемость и восстановление. Чем яснее

распределены эти обязанности, тем меньше система зависит от случайных ручных действий администратора. Надёжность серверной системы формируется не одной технологией, а архитектурной дисциплиной. Нельзя обеспечить безопасность только выбором «хорошей» базы данных или мощного сервера. Необходимо заранее описать, какие компоненты существуют, как они взаимодействуют, какие учётные записи используются, какие права им выданы и как фиксируются действия. Такой подход делает систему понятной для разработки, сопровождения и аудита, а также снижает риск ошибок при дальнейшем расширении проекта.

Перечень ссылок

1. The Kubernetes Authors. Kubernetes Documentation: Cluster Architecture; Service; Secrets. URL: <https://kubernetes.io/docs/concepts/>
2. PostgreSQL Global Development Group. PostgreSQL 18 Documentation: Database Roles; Privileges. URL: <https://www.postgresql.org/docs/current/>
3. Rose S., Borchert O., Mitchell S., Connelly S. Zero Trust Architecture. NIST Special Publication 800-207. National Institute of Standards and Technology, 2020. DOI: 10.6028/NIST.SP.800-207
4. Rescorla E. The Transport Layer Security (TLS) Protocol Version 1.3. RFC 8446. IETF, 2018. URL: <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc8446>
5. OWASP Foundation. Application Security Verification Standard 5.0.0. 2025. URL: <https://owasp.org/www-project-application-security-verification-standard/>

УДК 623.746-519:004.8

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ БЕСПИЛОТНЫЕ СИСТЕМЫ КАК ЭЛЕМЕНТ РАЗВИТИЯ ТЕХНОСФЕРЫ

О.С. Немчинский, Е.И. Шарибченко
ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»,
г. Донецк, ДНР

Аннотация. В статье рассматривается процесс интеллектуализации техносферы на примере использования беспилотных летательных аппаратов. Анализируется их применение в различных сферах и роль искусственного интеллекта в повышении автономности систем. Особое внимание уделено основным проблемам и рискам внедрения дронов.

Ключевые слова: интеллектуализация техносферы, беспилотные летательные аппараты, искусственный интеллект, дроны, автоматизация.

Abstract. The article examines the process of technosphere intellectualization by the example of using unmanned aerial vehicles. Its application in various fields and the role of artificial intelligence in increasing the autonomy of systems are analyzed. Special attention is paid to the main problems and risks of introducing drones.

Keywords: technosphere intellectualization, unmanned aerial vehicles, artificial intelligence, drones, automation.

Введение

Современное общество развивается за счёт внедрения интеллектуальных технологий, способных выполнять сложные задачи без участия человека. Такой процесс называется интеллектуализацией техносферы – среды, включающей технические системы, инфраструктуру и цифровые технологии, управляемые с помощью автоматизации и искусственного интеллекта. Одним из ключевых примеров таких технологий являются беспилотные летательные аппараты (дроны), которые сегодня активно применяются в гражданских сферах: сельском хозяйстве, строительстве и спасательных операциях. Развитие искусственного интеллекта (ИИ) делает их более автономными и эффективными.

Актуальность темы связана с тем, что дроны повышают скорость и точность выполнения задач, снижают затраты и увеличивают безопасность.

Использование беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве

Одним из важных направлений интеллектуализации техносферы является внедрение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в сельское хозяйство. Дроны становятся эффективным инструментом цифровизации аграрного производства, повышая точность и оперативность управления процессами. Основной функцией БПЛА является мониторинг посевов: с их помощью проводится аэрофотосъёмка, анализируется состояние растений, выявляются зоны с недостатком влаги, удобрений или признаками заболеваний. Это позволяет своевременно принимать решения и предотвращать потери урожая.

Кроме того, дроны используются в точном земледелии для дифференцированного внесения удобрений и средств защиты растений, что снижает затраты и уменьшает воздействие на окружающую среду. Также они обеспечивают оперативное обследование больших территорий, сокращая время получения данных и повышая их точность, что особенно важно для крупных сельскохозяйственных предприятий. Таким образом, использование БПЛА в сельском хозяйстве является важным элементом интеллектуализации техносферы, объединяя сбор данных, цифровой анализ и элементы искусственного интеллекта в единую систему управления [1].

Применение дронов в строительстве

В строительной отрасли беспилотные летательные аппараты становятся важным инструментом цифровизации и повышения эффективности инженерных процессов. Их использование позволяет осуществлять постоянный контроль за ходом строительства, повышать точность измерений и снижать риски, связанные с человеческим фактором. Дроны применяются для аэрофотосъёмки строительных площадок и создания актуальных карт местности. Полученные данные используются для анализа этапов строительства, контроля соответствия проектной документации и оценки объёмов выполненных работ. Это особенно важно при реализации крупных инфраструктурных проектов, где требуется регулярное обновление информации о состоянии объекта.

Также беспилотники используются для создания трёхмерных моделей зданий и территорий. Такие модели позволяют выявлять отклонения от проектных решений, оптимизировать расход строительных материалов и повышать точность планирования дальнейших этапов работ. Это способствует снижению финансовых

затрат и повышению качества строительства.

Важным направлением применения дронов является контроль труднодоступных и потенциально опасных участков. Использование беспилотников позволяет проводить инспекцию высотных конструкций, мостов и промышленных объектов без необходимости непосредственного присутствия человека, что значительно повышает уровень безопасности на строительных площадках. Таким образом, внедрение дронов в строительную сферу способствует интеллектуализации техносферы за счёт автоматизации мониторинга, цифровой обработки данных и повышения эффективности управления строительными процессами [2].

Дроны в спасательных операциях

В условиях чрезвычайных ситуаций особое значение приобретает использование высокотехнологичных средств, позволяющих повысить эффективность поисково-спасательных и гуманитарных операций. Беспилотные летательные аппараты рассматриваются как важный элемент современных мобильных технических комплексов, применяемых для мониторинга и ликвидации последствий катастроф. Дроны используются для оперативного обследования больших и труднодоступных территорий, пострадавших в результате природных или техногенных чрезвычайных ситуаций. Они позволяют получать актуальную информацию о состоянии местности, выявлять зоны разрушений, очаги пожаров и затопления, а также оценивать масштаб происшествия в кратчайшие сроки.

Важной задачей беспилотных систем является снижение риска для личного состава спасательных подразделений. Использование дронов позволяет проводить разведку опасных зон дистанционно, без непосредственного участия человека в потенциально опасных условиях, таких как обрушения зданий, зоны пожаров или химического заражения. Таким образом, применение дронов в спасательных операциях повышает оперативность реагирования, улучшает качество оценки обстановки и способствует снижению человеческих потерь, что делает их важным элементом интеллектуализации техносферы [3].

Роль искусственного интеллекта в развитии дронов

Развитие беспилотных летательных аппаратов тесно связано с внедрением технологий искусственного интеллекта, которые обеспечивают переход от дистанционно управляемых устройств к автономным интеллектуальным системам. Использование алгоритмов ИИ позволяет значительно расширить функциональные возможности

дронов и повысить их эффективность при выполнении сложных задач.

Современные беспилотные системы способны самостоятельно анализировать окружающую среду на основе данных, поступающих с камер и датчиков. Алгоритмы компьютерного зрения позволяют распознавать объекты, определять их положение и оценивать ситуацию в режиме реального времени. Это делает возможным автоматическое планирование маршрута полёта и обход препятствий без участия оператора. Важную роль искусственный интеллект играет в задачах навигации и управления полётом. Дроны могут адаптироваться к изменяющимся условиям внешней среды, корректировать траекторию движения и поддерживать устойчивость в сложных погодных условиях. Такие возможности особенно важны при использовании беспилотников в спасательных операциях и мониторинге труднодоступных территорий. Кроме того, ИИ обеспечивает обработку больших объёмов данных, получаемых в процессе работы дронов. Это позволяет не только фиксировать информацию, но и проводить её анализ в режиме реального времени. В результате беспилотные системы могут выявлять закономерности, определять отклонения и формировать выводы, полезные для принятия решений в различных сферах.

Таким образом, искусственный интеллект является ключевым элементом развития беспилотных летательных аппаратов, обеспечивая их автономность, интеллектуальность и высокую точность выполнения задач. Его внедрение способствует дальнейшей интеллектуализации техносферы и расширению областей применения дронов [4].

Проблемы и риски использования дронов

Использование беспилотных летательных аппаратов связано не только с расширением их функциональных возможностей, но и с рядом серьёзных проблем и потенциальных рисков. Несмотря на активное внедрение дронов в гражданскую и профессиональную сферы, практика показывает наличие уязвимостей, которые могут ограничивать их безопасное применение. Одной из ключевых проблем является возможность несанкционированного вмешательства в работу беспилотных систем. Дроны могут подвергаться внешнему воздействию, включая перехват управления или нарушение навигационных сигналов, что приводит к потере контроля над устройством и возникновению аварийных ситуаций. Также существенным риском является использование беспилотников в противоправных целях. В отдельных случаях дроны применяются для слежки, незаконного сбора информации или нарушения частной

жизни. Это создаёт угрозу конфиденциальности и требует усиления нормативного регулирования их применения.

Отдельное внимание уделяется вопросам безопасности эксплуатации. Инциденты с беспилотниками показывают, что при неправильной эксплуатации или технических сбоях они могут представлять опасность для людей и инфраструктуры, особенно в городских условиях и вблизи объектов повышенной важности. Таким образом, несмотря на высокую эффективность беспилотных летательных аппаратов, их применение сопровождается рядом технических, правовых и рисков в области безопасности, которые необходимо учитывать при дальнейшем развитии и внедрении беспилотных технологий. [5]

Выводы

Дроны являются важным элементом интеллектуализации техносферы, так как объединяют автоматизацию, цифровые технологии и искусственный интеллект. Они широко применяются в сельском хозяйстве, строительстве и спасательных операциях, повышая эффективность работы, точность данных и безопасность человека.

Использование беспилотных летательных аппаратов позволяет ускорить выполнение задач и снизить затраты, однако сопровождается рядом рисков, включая технические сбои, угрозы кибербезопасности и проблемы правового регулирования.

Таким образом, развитие дронов и внедрение искусственного интеллекта в их работу открывает широкие перспективы, но требует дальнейшего совершенствования технологий и контроля их применения.

Перечень ссылок

1. Крухмалев, А. В. Использование беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве: современные технологии и перспективы / А. В. Крухмалев // International Journal of Advanced Studies – 2025 – № 15(2)– С. 124-142. doi:10.12731/2227-930X-2025-15-2-342
2. Кудасова, А.С. Применение беспилотных летательных аппаратов в строительстве / А.С. Кудасова, А.Д. Тютин, Э.В. Сокольникова// Инженерный вестник Дона – 2021 – № 8 (80) – С. 31-38.
3. Овчинников, В. В. Применение группировок высокотехнологичных средств единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций в крупномасштабных спасательных и гуманитарных операциях / В.В. Овчинников, С.Г. Мингалева// Технологии гражданской безопасности – 2020 – Т. 17 – № 2 (64) – С.19-23.
4. Бояринов, Е. Искусственный интеллект в беспилотных летательных аппаратах / Е. Бояринов// Вестник науки – 2023 – Т 4 – № 5 (62) – С. 770-773.
5. Проблемы и опасности, связанные с беспилотниками. Инциденты [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://robotrends.ru/robopedia/problems-and-dangers-related-to-unmanned-aerial-vehicles-incidents>

**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА АДАПТАЦИИ
НАУКОЕМКОГО КОНТЕНТА В ЦИФРОВОЙ
КОММУНИКАЦИОННОЙ СРЕДЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ВУЗА**

А. Р. Нестеренко, А. В. Боднар
ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»,
г. Донецк, ДНР

***Аннотация.** В работе представлена интеллектуальная система семантической адаптации наукоемкого контента в цифровой среде вуза. Предложен алгоритм, объединяющий методы NLP, нейросетевое переформулирование и проверку точности данных. Подход обеспечивает адаптацию сложной технической информации для различных аудиторий без потери фактической достоверности.*

***Annotation.** The paper presents an intelligent system for semantic adaptation of knowledge-intensive content in a university digital environment. The proposed algorithm combines NLP methods, neural reformulation, and data accuracy verification. The approach enables adaptation of complex technical information for diverse audiences without loss of factual reliability.*

***Ключевые слова:** интеллектуальные системы, обработка естественного языка, семантическая трансформация, извлечение информации, суммаризация текста, техносфера.*

***Keywords:** intelligent systems, natural language processing, semantic transformation, information extraction, text summarization, technosphere.*

Введение.

Процесс интеллектуализации техносферы предполагает формирование эффективных каналов передачи знаний между инженерным сообществом и широкой аудиторией потенциальных кадров. Историческое развитие высшего образования в технических вузах сопровождается концентрацией специализированного контента с высокой степенью научной формализации. Возникает парадокс: информация, необходимая для привлечения молодежи в инженерные специальности, остается недоступной в силу высокого уровня энтропии восприятия. Данное явление порождает информационный барьер между техносферой и потенциальным контингентом абитуриентов, что затрудняет решение задачи кадрового обеспечения инновационного развития регионов.

Решение обозначенной проблемы требует разработки методологического и технического аппарата, позволяющего осуществлять адаптацию сложного контента без снижения его научной валидности. В контексте современного развития методов обработки естественного языка и компьютерной лингвистики представляется целесообразным использование инновационных подходов для реализации этого процесса [1].

Актуальность и постановка задачи

Трансформация контента в цифровой среде требует учета специфики различных целевых аудиторий. В соответствии с современными стратегиями образовательной коммуникации, научно-популяризационная коммуникация предполагает переформулирование профессионального дискурса без потери его содержательного наполнения [2]. Задача усложняется необходимостью обеспечения терминологической точности параллельно со снижением сложности синтаксических структур и лексического состава текста. Развитие методов автоматической суммаризации и извлечения информации из текстов создает новые возможности для автоматизации подобных трансформаций [3]. Исследования последних лет демонстрируют, что интеллектуальная обработка текстовой информации с применением нейросетевых алгоритмов позволяет снизить риск потери критического содержания и обеспечить адекватное представление исходного материала [4].

Архитектура интеллектуальной системы адаптации контента

Предложенная система реализует трёхуровневую архитектуру обработки наукоёмкого контента. На начальном этапе (уровень извлечения сущностей и информации) система выполняет анализ структурной организации исходного текста и идентификацию ключевых семантических единиц. Применение методов извлечения информации позволяет выделить специализированные термины, определить их семантические роли и установить иерархические отношения между концептами. Процедура включает использование предметных онтологий и тезаурусов, которые обеспечивают формализацию интересов пользователя и представление конечного результата работы системы [5].

На втором уровне (семантическая трансформация) реализуется процесс переформулирования текстового содержания без изменения семантического ядра. Система применяет нейросетевые алгоритмы для трансформации из академического в научно-популярный стиль. Применяется методология автоматической суммаризации, которая

обеспечивает редукцию синтаксической сложности при сохранении смысла. Важно отметить, что семантическая трансформация предусматривает сохранение всех существенных фактических деталей при устранении излишней терминологической перегруженности. Система использует синтаксические зависимости между словами и семантические роли групп слов для установления отношений между информационными элементами.

Третий уровень (верификация информационной точности) предусматривает проведение процедуры контроля качества адаптированного контента. Методология включает автоматическую проверку логической непротиворечивости преобразованного текста, верификацию соответствия ключевых утверждений исходным документам, а также оценку степени семантического сохранения. Система позволяет выявить случаи, когда упрощение привело к потере критической информации, и предложить альтернативные формулировки.

Технологическая реализация и применение

Интеграция методов компьютерной лингвистики осуществляется в соответствии с современной парадигмой обработки естественного языка. Система не ограничивается единичным подходом к анализу текста, а реализует комплексную архитектуру, в которой процесс преобразования сопровождается глубоким семантическим анализом. Система извлекает релевантные фрагменты из специализированной базы знаний вуза, включающей спецификации, стандарты, научные отчеты и учебные материалы, обеспечивая контроль над фактической точностью генерируемого контента. Разработка специализированных стратегий адаптации предусматривает создание набора инструкций, оптимизированных под различные целевые аудитории: абитуриенты, школьники, студенты, работодатели и представители средств массовой информации. Каждый вариант адаптации содержит явные указания на требуемый уровень формализации, целевой объем текста, стилистические предпочтения и набор недопустимых операций. Это позволяет системе генерировать контент, адаптированный не только к целевой аудитории, но и к специфике отдельных коммуникационных каналов: веб-сайта, социальных сетей и профориентационных платформ.

Ожидаемые результаты и практическое значение

Реализация предложенной интеллектуальной архитектуры обеспечит комплексную автоматизацию процессов генерации и дистрибуции адаптированного наукоемкого контента для широкого спектра целевых аудиторий. Это позволит не только существенно

снизить трудозатраты сотрудников на производство информационного обеспечения маркетинговой деятельности вуза, но и минимизировать влияние человеческого фактора при интерпретации сложных технических данных.

Внедрение системы гарантирует высокую степень консистентности и строгую терминологическую точность передаваемой информации при её масштабном распространении через гетерогенные каналы цифровой коммуникации. За счет применения алгоритмов верификации исключается риск искажения смыслов при переходе от академического дискурса к научно-популярному.

Значительное повышение доступности и привлекательности информации о технических специальностях для потенциальных абитуриентов будет достигнуто благодаря эффективному снижению когнитивных, культурных и коммуникационных барьеров. Интеллектуальная адаптация превращает «закрытое» экспертное знание в открытый информационный ресурс, понятный молодежной аудитории.

Наконец, создание подобных инструментов закладывает фундамент для глобальной интеллектуализации процессов управления знаниями внутри образовательного учреждения. Разработанные методологические подходы и программные решения обладают высокой степенью универсальности, что позволяет успешно масштабировать их на другие области деятельности вуза, включая международное научное сотрудничество и взаимодействие с индустриальными партнерами в рамках техносферы.

Выводы

Предложенная в настоящей работе архитектура интеллектуальной системы адаптации наукоемкого контента представляет собой концептуально новый, инновационный подход к преодолению фундаментальной проблемы информационной доступности в условиях глобальной цифровой трансформации высшей технической школы. Разработанный программно-алгоритмический комплекс функционирует как высокотехнологичный семантический преобразователь, который гармонично интегрирует в себе передовые методологии обработки естественного языка (NLP), прикладной компьютерной лингвистики и стратегического управления знаниями в университетской среде.

Практическая реализация оригинальной трёхуровневой архитектуры в сочетании с алгоритмическими методами глубокого извлечения сущностей и адаптивной автоматической суммаризации создает необходимые технологические условия для генерации верифицированного контента. Данный процесс позволяет трансформировать сложный инженерный и научно-исследовательский дискурс в доступные формы изложения, обеспечивая при этом безусловное сохранение научной валидности.

Представленные результаты могут служить надежной базой для дальнейших междисциплинарных исследований в области внедрения методов

искусственного интеллекта в системы организационного управления знаниями, а также для совершенствования инновационных коммуникационных стратегий современного технического университета в условиях цифровой экономики.

Перечень ссылок

1. Пикалов Иван Юрьевич КОНЦЕПЦИЯ ИЗУЧЕНИЯ ОБРАБОТКИ ЕСТЕСТВЕННОГО ЯЗЫКА (NLP) В ВЫСШЕЙ ШКОЛЕ // Вестник МГПУ. Серия: Информатика и информатизация образования. 2025. №3 (73). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kontseptsiya-izucheniya-obrabotki-estestvennogo-yazyka-nlp-v-vysshey-shkole>
2. Дудник Анастасия Димитриевна, Асянова Светлана Рифовна Способы коммуникации образовательных учреждений и абитуриентов при помощи СМИ // Journal of Monetary Economics and Management. 2024. №8. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sposoby-kommunikatsii-obrazovatelnyh-uchrezhdeniy-i-abiturientov-pri-pomoschi-smi>
3. Сорокина Светлана Геннадьевна Интеллектуальная обработка текстовой информации: обзор автоматизированных методов суммаризации // Виртуальная коммуникация и социальные сети. 2024. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/intellektualnaya-obrabotka-tekstovoy-informatsii-obzor-avtomatizirovannyh-metodov-summarizatsii>
4. Кирилл Вячеславович Ребенок Эффективность нейросетевых алгоритмов в автоматическом реферировании и суммаризации текста // Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии. 2024. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/effektivnost-neyrosetevyh-algoritmov-v-avtomaticheskom-referirovanii-i-summarizatsii-teksta>
5. Сидорова Е. А. Подход к моделированию процесса извлечения информации из текста на основе онтологии // Онтология проектирования. 2018. №1 (27). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/podhod-k-modelirovaniyu-protsessa-izvlecheniya-informatsii-iz-teksta-na-osnove-ontologii>.

УДК 681.3

**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАСПОЗНАВАНИЯ ДЕФЕКТОВ
ДОРОЖНОГО ПОЛОТНА НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНОГО
ЗРЕНИЯ**

В. Н. Нижник

ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ ИНСТИТУТ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА»,
г. Донецк, ДНР

Аннотация. Разработана интеллектуальная система автоматизированного распознавания дефектов дорожного полотна с использованием нейросетевой модели YOLOv12n. Результаты валидации демонстрируют Precision 0.936, Recall 0.914, mAP50 0.967 при скорости 24 FPS, что подтверждает эффективность предложенного решения для задач мониторинга дорожной инфраструктуры.

Abstract. An intelligent system for automated road surface defect recognition has been developed using the YOLOv12n neural network model. Validation results demonstrate a Precision of 0.936, Recall of 0.914, and mAP50 of 0.967 at a speed of 24 FPS, confirming the effectiveness of the proposed solution for road infrastructure monitoring tasks.

Ключевые слова: компьютерное зрение, обнаружение дефектов дорожного полотна, YOLOv12, глубокое обучение, интеллектуальная система мониторинга, трекинг объектов, CRDDC2022.

Keywords: Computer Vision, Road Damage Detection, YOLOv12, Deep Learning, Intelligent Monitoring System, Object Tracking, CRDDC2022.

Состояние дорожного полотна является критическим фактором, определяющим безопасность дорожного движения и эффективность транспортной логистики. Согласно статистическим данным [1], дороги с неудовлетворительным состоянием покрытия увеличивают вероятность дорожно-транспортных происшествий на 20–30%. Особую остроту проблема приобретает в условиях Донецкой Народной Республики, где дорожная инфраструктура подвергается интенсивным разрушениям вследствие обстрелов, взрывов и движения тяжелой техники.

Традиционные методы диагностики, основанные на визуальном осмотре инспекторами, обладают рядом существенных недостатков:

высокая трудоемкость, субъективность оценок, низкая производительность (5–10 км в день). Специализированные дорожные лаборатории обеспечивают высокую точность, однако их стоимость (20–50 млн рублей) и сложность эксплуатации ограничивают широкое внедрение.

Современным решением является применение методов компьютерного зрения и глубокого обучения для анализа изображений, получаемых с видеорегистраторов, смартфонов или беспилотных летательных аппаратов [2].

В соответствии с ГОСТ Р 50597-2017 выделены основные типы дефектов: продольные трещины (D00), поперечные трещины (D10), «крокодиловое» растрескивание (D20) и выбоины (D40). Каждый тип дефекта характеризуется специфическими геометрическими параметрами и визуальными признаками, что учитывалось при проектировании системы.

Для обучения модели использован датасет CRDDC2022 (Crowdsensing-based Road Damage Detection Challenge), содержащий 47 420 цветных изображений, из которых 38 385 размечены. Данные собраны в шести странах (Япония, Китай, Индия, Чехия, Норвегия, США) с различными типами дорожного покрытия и условиями освещения. Разметка из формата PASCAL VOC преобразована в формат YOLO. Применены методы аугментации: гауссово размытие, преобразование в оттенки серого, CLAHE, горизонтальное отражение, изменение яркости/контраста, поворот до $\pm 10^\circ$, масштабирование.

Архитектура системы построена по модульному принципу и включает: модуль ввода данных; модуль предобработки, модуль детекции (YOLOv12n); модуль постобработки и трекинга; модуль хранения (SQLite); модули визуализации и формирования отчетов [3].

Выбор модели YOLOv12n обусловлен оптимальным балансом точности и скорости. Ключевые особенности архитектуры: механизм Area Attention, заменяющий традиционные свертки в backbone; многомасштабная агрегация признаков в Neck (PANet); разделенная голова (decoupled head) для независимого предсказания рамок и классов. Модель содержит 2.4 млн параметров, 6.9 GFLOPs, обеспечивая скорость инференса 172 FPS.

Обучение модели проведено в среде Google Colab с параметрами: эпохи = 100, imgsz = 640, батч = 16, оптимизатор AdamW (lr = 0.00125). Отсутствие переобучения подтверждается синхронным снижением тренировочных и валидационных потерь (рис. 1).

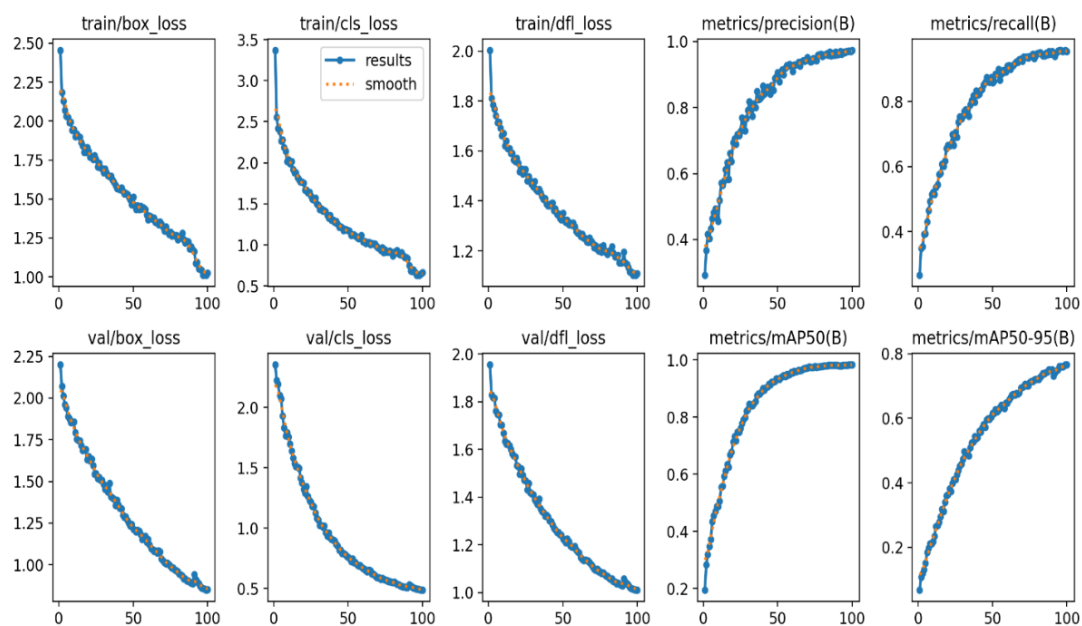


Рис. 1 - Основные метрики полученные в ходе обучения модели

Результаты валидации обученной модели представлены в таблице 1. Достигнутые метрики превосходят показатели более ранних версий при меньшем количестве параметров.

Таблица 1 – Результаты валидации модели YOLOv12n

Версия YOLO	Precision(B)	Recall(B)	mAP50(B)	mAP (50-95)	Параметры (M)
Yolo v12n	0.936	0.914	0.967	0.707	2,6
Yolo v5s	0.6822	0.6576	0.7016	0.4389	9,1
Yolo v8s	0.7306	0.7564	0.7967	0.5246	11,2
Yolo v11s	0.8383	0.7970	0.8782	0.6119	9,4

Разработанное программное обеспечение реализует многопоточную архитектуру: главный поток отвечает за графический интерфейс; поток детекции выполняет чтение кадров, инференс и отрисовку; поток авто-мониторинга периодически проверяет папку на наличие новых видео; поток асинхронного сохранения обрабатывает запросы в БД. Трекинг через модель YOLO с трекером ByteTrack присваивает уникальные идентификаторы каждому дефекту, что исключает повторный учет при обработке последовательных кадров [4]. Результаты визуализируются на интерактивной карте с GPS-привязкой и экспортируются в форматы для дальнейшего планирования ремонтных работ.

Заключение. Разработанная интеллектуальная система обеспечивает автоматизированное распознавание дефектов дорожного полотна с высокой точностью ($mAP50 = 0.967$) и скоростью (24 FPS), превосходя существующие аналоги. Модульная архитектура, многопоточность и трекинг объектов

гарантируют отказоустойчивость и исключение дублирования записей. Практическая значимость заключается в снижении трудоемкости, повышении объективности диагностики и возможности оперативного мониторинга дорожной сети. Перспективы развития включают интеграцию с БПЛА для обследования труднодоступных участков и внедрение модуля оценки критичности дефектов для автоматического планирования ремонтных работ.

Перечень ссылок

1. ГОСТ Р 50597-2017. Дороги автомобильные и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения. – Москва : Стандартинформ, 2017. – 33 с.

2. Сацюк, А. В. Компьютерное зрение и нейронные сети. Практика: Учебное пособие. Для студентов технических вузов, инженеров и аспирантов, специализирующихся в области автоматизации, искусственного интеллекта, программирования и робототехники. / А. В. Сацюк. – Москва Вологда: Инфраинженерия, 2025. – 364 с. – ISBN 978-5-9729-2706-7. – EDN VAPSD.

3. Сацюк, А. В. Разработка системы обнаружения дефектов дорожного полотна на основе компьютерного зрения / А. В. Сацюк, В. Н. Нижник // Сборник научных трудов Донецкого института железнодорожного транспорта. – 2025. – № 3(78). – С. 23-34. – EDN TJNKBA.

4. Сацюк, А. В. Разработка алгоритма поиска заданного объекта в видеопотоке реального времени на основе метода корреляционного поиска / А. В. Сацюк, Е. Г. Воевода, Р. Я. Каминский // Сборник научных трудов Донецкого института железнодорожного транспорта. – 2025. – № 1(76). – С. 15-23. – EDN VKNJZZ.

УДК 004.94

**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ ИНФОРМАЦИОННОЕ
МОДЕЛИРОВАНИЕ (BIM) ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ
ОБЪЕКТОВ РЕНОВАЦИИ ИНДУСТРИАЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ
ДОНБАССА**

Т. В. Никитина, М. П. Руденко
ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»,
г. Донецк, ДНР

Аннотация. Рассматриваются подходы к применению BIM-технологий для реновации промышленных зон региона. Описаны методы создания цифровых двойников для оценки состояния конструкций и инструменты оптимизации пространственных решений при трансформации промышленных площадок в современные общественные пространства.

Annotation. The article discusses BIM-based approaches for the renovation of industrial zones in the region. It describes digital twin methods for structural assessment and spatial optimization tools for transforming industrial sites into modern public spaces.

Ключевые слова: BIM-моделирование, реновация, промышленные территории, цифровые двойники, Донбасс.

Keywords: BIM modeling, renovation, industrial territories, digital twins, Donbas.

Введение

В условиях современной цифровой трансформации строительной отрасли технология информационного моделирования (BIM – Building Information Modeling) становится базовым инструментом проектирования. В отечественной практике данная методология определяется как ТИМ (технологии информационного моделирования), предполагающая создание цифрового двойника объекта [1], который аккумулирует архитектурные, конструкторские, технологические и экономические данные на всех этапах его жизненного цикла.

Для Донбасса, обладающего значительным количеством промышленных территорий, требующих восстановления или перепрофилирования, вопросы реновации промышленных зон стоят особенно остро. Процесс реновации таких объектов осложняется высокой степенью износа конструкций, плотностью существующей

застройки и необходимостью интеграции новых функций в исторически сложившуюся промышленную среду. Традиционные методы проектирования часто не позволяют оперативно и точно оценить потенциал трансформации подобных территорий.

Интеллектуализация техносферы в данном контексте подразумевает переход от простого трехмерного моделирования к созданию «умных» моделей, способных к автоматизированному анализу проектных решений. Применение BIM-технологий позволяет не только визуализировать будущий облик объектов реновации, но и проводить междисциплинарный анализ: от оценки прочности сохранившихся элементов до моделирования экологического воздействия и оптимизации энергоэффективности обновленных пространств.

Таким образом, внедрение интеллектуального информационного моделирования в задачи реновации индустриального наследия Донбасса является необходимым шагом для качественного обновления городской среды и создания высокотехнологичных общественных и промышленных кластеров.

Общая постановка проблемы

Проблема эффективной реновации индустриальных территорий Донбасса сегодня выходит за рамки чисто строительных задач и требует комплексного научно-дизайнерского подхода. Основная сложность заключается в том, что большинство промышленных объектов региона проектировались десятилетия назад, и актуальная проектная документация на них часто либо утеряна, либо не соответствует фактическому состоянию из-за многократных реконструкций и повреждений.

Внедрение интеллектуальных BIM-технологий позволяет решить ряд критических проблем, возникающих при работе с «заброшенными» или пострадавшими промзонами:

- Недостаток достоверных данных. Использование методов лазерного сканирования и фотограмметрии позволяет создать точное «облако точек», на основе которого строится интеллектуальная модель текущего состояния объекта (As-Built модель). Это минимизирует риск ошибок при проектировании новых систем в теле старых цехов.

- Сложность функциональной трансформации. Реновация часто предполагает смену назначения объекта (например, превращение цеха в технопарк или общественный центр). Интеллектуальное моделирование дает возможность провести вариантный анализ: как

изменение планировки повлияет на освещенность, акустику, прочность конструкций и логику потоков людей.

– Координация инженерных сетей. При реновации необходимо интегрировать современные цифровые коммуникации в существующий каркас зданий. BIM-платформы автоматически выявляют «коллизии» – пересечения новых труб или кабелей с историческими несущими балками, что исключает дорогостоящие переделки на этапе строительства.

Для проектных организаций региона переход на BIM-рельсы при работе с индустриальным наследием становится единственным способом обеспечить прозрачность инвестиций и точность графиков работ [2]. Однако на пути широкого внедрения стоят вызовы, связанные с необходимостью переобучения кадров и подбора специализированного программного обеспечения, способного работать с деформированными и сложными геометрическими формами, характерными для старых заводов.

Особенности интеллектуального моделирования при реновации промышленных объектов

В основе интеллектуального BIM-подхода лежит использование параметрических объектов (семейств), которые содержат не только геометрию, но и обширную базу метаданных. При реновации индустриальных зон Донбасса это критически важно: каждый элемент модели (колонна, ферма перекрытия, фрагмент стены) наделяется атрибутами, описывающими степень износа, марку материала, историческую ценность и несущую способность.

Процесс создания интеллектуальной модели объекта реновации предполагает использование следующих этапов:

– Интеграция данных натурных обследований. В модель закладываются результаты лазерного сканирования. Интеллектуализация процесса заключается в автоматическом распознавании образов, когда программные алгоритмы идентифицируют типовые конструктивные элементы среди «облака точек», значительно ускоряя создание базовой модели.

– Вариантное параметрическое проектирование. В отличие от классического строительства, реновация требует поиска баланса между сохранением старого и внедрением нового. С помощью инструментов визуального программирования (например, Dynamo или Grasshopper) создаются скрипты, которые позволяют автоматически генерировать десятки вариантов перепланировки цеха под новые нужды, выбирая оптимальный по освещенности, эргономике и стоимости.

– Создание единой среды данных (CDE). Важнейшим аспектом является организация совместной работы архитекторов, дизайнеров и инженеров в облачных сервисах. Это обеспечивает мгновенную синхронизацию изменений и возможность получения полного комплекта исполнительной документации на всех этапах работы в единой среде данных (CDE) [3].

Интеллектуальная модель становится основой для «цифрового двойника» (Digital Twin) территории. Это позволяет еще на этапе проектирования имитировать различные сценарии эксплуатации: от логистики грузовых потоков в обновленном технопарке до анализа пешеходного трафика в рекреационных зонах, созданных на месте бывших промплощадок. Такой подход превращает BIM из простого инструмента черчения в систему поддержки принятия управленческих решений, что является ключевым требованием для инновационного развития техносферы региона.

Проблемы и вызовы цифровой реконструкции сложных промышленных пространств

Применение технологий интеллектуального моделирования в задачах реновации промышленных зон Донбасса сопряжено с рядом специфических вызовов. Одной из ключевых проблем является сложность интерпретации пространственных данных. В отличие от типового гражданского строительства, промышленные объекты обладают уникальной, часто нелинейной геометрией, возникшей в результате десятилетий эксплуатации и частичных разрушений.

В рамках работы выделяются следующие проблемные аспекты:

– Субъективность восприятия и сложность визуализации. Создание реалистичной визуализации промышленного объекта — сложная дизайнерская задача. Необходимо учитывать специфику текстур (металл, бетон со следами износа) и сложное освещение огромных цехов. Недостаточная детализация модели на этапе презентации проекта реновации может привести к неправильному пониманию концепции инвесторами или общественностью, создавая ложное впечатление о «депрессивности» территории вместо её потенциала.

– Технические ограничения при обработке больших данных. Создание высокоточных цифровых двойников заводов требует обработки колоссальных объемов геопро пространственных данных (облаков точек) [4]. Это создает высокую нагрузку на вычислительные ресурсы. Многие проектные организации региона сталкиваются с нехваткой мощностей для плавной работы с

детализированными интеллектуальными моделями целых индустриальных кварталов.

– Отсутствие стандартизированных библиотек элементов. Большинство стандартных BIM-семейств ориентированы на современное строительство. При реновации исторических заводов Донбасса проектировщикам приходится «с нуля» создавать цифровые прототипы уникальных станков, мостовых кранов и ферм перекрытий XIX–XX веков, что значительно увеличивает трудоемкость процесса.

– Проблема интеграции расчетных и дизайнерских сред. Существует технологический разрыв между программами для точных инженерных расчетов (CAE) и софтом для высококачественного рендеринга и дизайна. Интеллектуализация техносферы требует поиска путей бесшовной передачи данных между этими средами, чтобы эстетические решения дизайнеров не вступали в противоречие с конструктивной безопасностью объекта.

Таким образом, успешная реализация проектов реновации требует не только владения инструментами моделирования, но и инвестиций в обучение кадров, а также разработки новых методик цифровой реконструкции, адаптированных под специфику индустриального ландшафта региона.

Программы для BIM-моделирования и цифрового дизайна

Выбор программного обеспечения для задач реновации индустриальных зон определяется необходимостью сочетания точного инженерного моделирования и высококачественной визуализации. В практике используется комплексный подход, объединяющий несколько программных платформ. Для оценки эффективности различных инструментов в контексте восстановления промышленных территорий проведено сравнение ключевых характеристик используемых программных продуктов (см. Таблица 1).

Таблица 1 – Анализ преимуществ и недостатков специализированного ПО

Параметры сравнения	Autodesk Revit	Civil 3D	Blender / 3ds Max	Unreal Engine
Стоимость	Платно	Платно	Бесплатно / Платно	Бесплатно
Работа с BIM-данными	Высокая	Средняя	Низкая	Средняя
Качество визуализации	Среднее	Низкое	Высокое	Ультра
Производительность	Средняя	Средняя	Высокая	Высокая
Поддержка VR/AR	Нет	Нет	Ограниченно	Высокая

Результат анализа показывает, что для качественной реновации промышленных территорий Донбасса оптимальным решением является совместное использование различного ПО: применение Revit для формирования информационной базы и Unreal Engine или Blender для создания визуально-коммуникативной среды проекта.

Интеллектуальный анализ и визуализация в задачах адаптивного использования промзон

В процессе реализации проектов реновации промышленный дизайн и визуализация занимают центральное место. Интеллектуализация техносферы в данном контексте подразумевает использование алгоритмов генеративного дизайна для поиска новых функций старых пространств. Инструменты компьютерного моделирования позволяют дизайнерам не просто создавать «красивую картинку», а моделировать взаимодействие человека с обновленной средой.

Адекватная визуализация промышленного наследия в 3D-модели позволяет обнаружить возможные недостатки проектных решений (например, проблемы с инсоляцией глубоких цеховых залов или эргономические просчеты) еще на стадии концепции. Применение интерактивных движков дает возможность превратить проект реновации в полноценный цифровой тренажер, что становится неотъемлемой частью успешной реализации проектов в современных условиях [5], где инвестор или житель города может совершить виртуальную прогулку, оценив удобство и безопасность будущих общественных пространств Донбасса.

Выводы

В заключение, технология интеллектуального информационного моделирования (BIM) представляет собой качественный скачок в области реновации промышленных территорий. Благодаря интеграции инженерных данных, исторических архивов и современных инструментов дизайна, BIM позволяет существенно улучшить координацию между всеми участниками процесса восстановления региона, сократить затраты на этапе реализации и повысить общую эффективность проектных решений.

Данный подход не только упрощает работу с разрушенными или изношенными объектами, но и обеспечивает создание долговечной и эстетически привлекательной городской среды. Внедрение интеллектуальных методов моделирования открывает новые возможности для развития техносферы Донбасса, способствуя превращению промышленного прошлого в высокотехнологичное будущее.

Перечень ссылок

1. Моделирование в проектировании зданий (BIM) / [Электронный ресурс] / Интернет-ресурс. – Режим доступа: <https://osnova.org.ru/blog-statii/tpost/100xj2elo1-modelirovanie-v-proektirovanii-zdani-bi>.

2. BIM — технология информационного моделирования / [Электронный ресурс] / Интернет-ресурс. – Режим доступа: <https://bimacad.ru/articles/bim-proektirovanie/>.

3. Андрей Андреев. Просто о BIM: что такое, как работает, где применяется / [Электронный ресурс] / Интернет-ресурс. – Режим доступа: <https://bim-info.ru/articles/prosto-o-bim-chto-takoe-kak-rabotaet-gde-primenyaetsya/>.

4. Городское планирование 3D: будущее архитектуры и инженерии / [Электронный ресурс] / Интернет-ресурс. – Режим доступа: <https://it-vacancies.ru/blog/gorodskoe-planirovanie-3d/>.

5. Талапов В.В. Технология BIM: суть и особенности внедрения информационного моделирования зданий / [Электронный ресурс] / Интернет-ресурс. – Режим доступа: https://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=14078.

УДК 004.85

СИНТЕЗ АДАПТИВНОЙ ЛОКОМОЦИИ ФИЗИЧЕСКИ СИМУЛИРОВАННОГО АГЕНТА МЕТОДОМ ОБУЧЕНИЯ ПО УЧЕБНОМУ ПЛАНУ

А. Н. Петров, В. А. Павлий
ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»,
г. Донецк, ДНР

Аннотация. Статья посвящена методу автоматической генерации локомоторного поведения для многосуставных физических агентов. Предложен подход на основе глубокого обучения с подкреплением с использованием поэтапного усложнения задач. Разработана композитная функция вознаграждения, стимулирующая выработку биомеханически корректной походки и удержание равновесия при внешних возмущениях. Представленная модель обеспечивает стабильное перемещение к цели в динамически изменяющейся среде.

Annotation. The article discusses a method for the automatic generation of locomotor behavior for multi-joint physical agents. An approach based on deep reinforcement learning using a stepwise increase in task complexity is proposed. A composite reward function has been developed that stimulates the generation of a biomechanically correct gait and maintaining balance under external perturbations. The presented model provides stable movement towards the target in a dynamically changing environment.

Ключевые слова: обучение по учебному плану, процедурная анимация, локомоция, физическая симуляция, многосуставной агент, функция вознаграждения, адаптивное поведение.

Keywords: curriculum learning, procedural animation, locomotion, physical simulation, multi-joint agent, reward function, adaptive behavior.

Введение

В современной практике разработки интерактивных пространств и автономной робототехники одной из наиболее ресурсоемких задач является создание реалистичного движения персонажей. Традиционная кинематическая анимация обладает фундаментальным недостатком — отсутствием физической достоверности при взаимодействии с непредсказуемой средой [1]. Решение данной проблемы лежит в плоскости процедурной анимации на основе симуляции законов механики. Однако ручная настройка контроллеров для систем с большим количеством степеней свободы

крайне неэффективна.

В связи с этим актуальным становится применение алгоритмов машинного обучения для самостоятельного поиска агентом оптимальных стратегий управления телом [2]. Основной проблемой при обучении «с нуля» является высокая вероятность схождения системы к локальным минимумам: агент часто находит способы передвижения, не соответствующие поставленной задаче и биомеханике (например, скольжение на сочленениях конечностей), либо не обучается вовсе из-за высокой сложности координации суставов [3].

Постановка задачи и архитектура модели

Целью работы является создание самообучающейся системы управления физическим агентом для решения задачи направленной локомоции (ходьбы) к цели в условиях внешних возмущений и динамического окружения.

Виртуальный агент представляет собой систему сочлененных твердых тел, имитирующую гуманоидное строение [1]. Тела соединены настраиваемыми шарнирами, имеющими ограничения по углам вращения по трем координатным осям, что имитирует физиологические пределы суставов человека. Управление осуществляется путем генерации нейронной сетью непрерывных сигналов, которые интерпретируются физическим движком как целевые вращательные моменты (усилия), применяемые к каждому суставу [3].

Для оценки текущего состояния пространства вектор наблюдений агента включает пространственные координаты, линейные и угловые скорости каждого сегмента тела, а также относительные направления тазового сегмента. Взаимодействие с поверхностью фиксируется датчиками касания, расположенными на стопах. Для формирования естественного ритма шага в модель интегрирован внутренний фазовый осциллятор [4], передающий в нейросетевую модель значения тригонометрических функций от текущей фазы, зависящей от заданной частоты движения. Вычислительная система агента также непрерывно получает нормализованный вектор направления к изменяющейся целевой точке (рисунок 1).

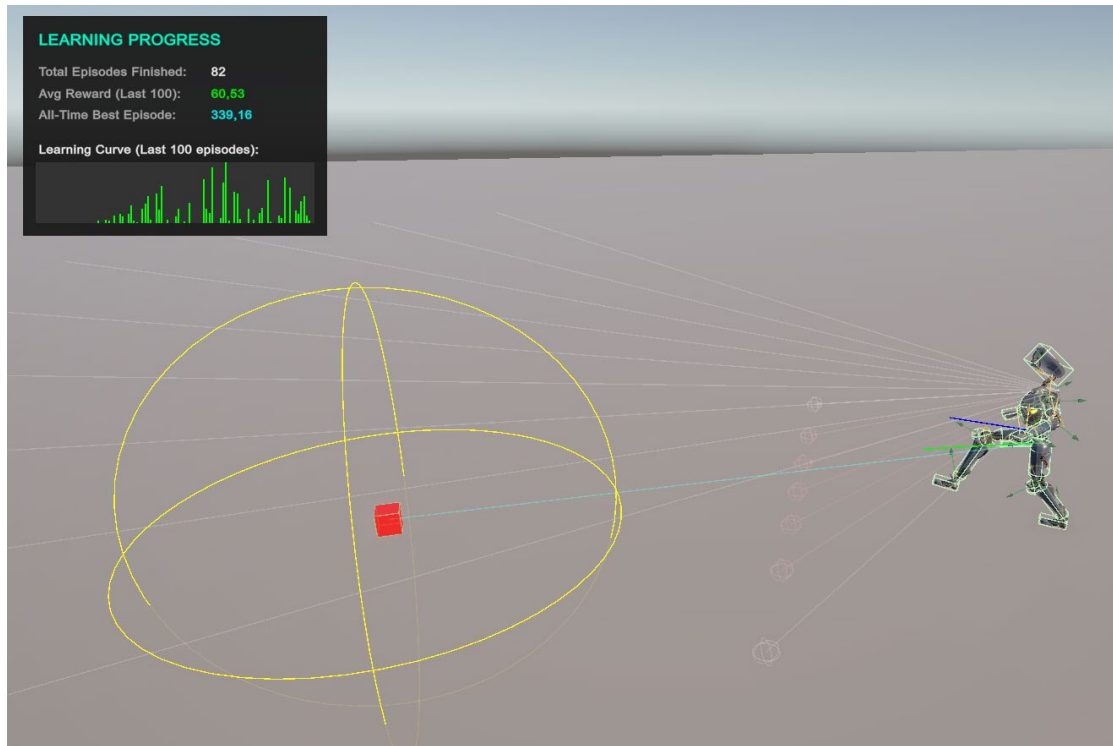


Рисунок 1 – Программная реализация среды обучения: визуализация физического агента, векторов управления и системы сенсоров

Обучение по учебному плану и формирование робастности

Для преодоления проблемы размытого градиента в высокоразмерном пространстве состояний применен метод обучения по учебному плану [5]. Суть метода заключается в разделении сложной итоговой задачи на последовательность более простых уроков, переключение между которыми осуществляется автоматически контроллером процесса при достижении агентом целевых метрик результативности.

В рамках базового урока перед агентом ставится задача достижения случайно генерируемой точки на плоскости. По мере приближения к цели точка случайным образом перемещается в заданном радиусе, формируя непрерывный процесс движения и обновляя таймер эпизода [4].

С целью повышения устойчивости вырабатываемой походки в среду внедрен генератор силовых импульсов. Через заданные интервалы времени к центру масс агента прикладывается случайный вектор силы, параллельный поверхности, имитирующий внешние толчки. Агент вынужден адаптировать паттерн шага, чтобы восстанавливать баланс и не прерывать движение, что исключает заучивание статичных идеальных траекторий [2].

Структура функции вознаграждения

Ключевым элементом предложенного подхода является композитная функция вознаграждения, оценивающая качество действий агента на каждом шаге симуляции [1]. Итоговое скалярное вознаграждение рассчитывается как суперпозиция поощрений и штрафов:

$$R = R_{vel} + R_{dir} + R_{up} + R_{air} - P_{energy} - P_{cheat}$$

где R_{vel} — награда за поддержание требуемой скорости, вычисляемая на основе экспоненциальной функции затухания, где аргументом выступает квадрат разности между текущей проекцией скорости на вектор цели и требуемой скоростью;

R_{dir} — вознаграждение за ориентацию фронтальной оси корпуса в направлении цели;

R_{up} — награда за поддержание вертикального положения тела, определяемая через скалярное произведение вектора вертикальной ориентации таза и глобального вектора нормали [4];

R_{air} — бонус за чередование фаз полета и опоры, поощряющий поочередный отрыв стоп от земли;

P_{energy} — функция штрафа за энергозатраты, прямо пропорциональная сумме квадратов всех приложенных управляющих сигналов. Этот компонент необходим для формирования плавных движений без избыточных осцилляций и дрожи;

P_{cheat} — штраф за некорректные контакты с поверхностью любыми частями тела, кроме стоп, выступающий в роли защитного механизма от нежелательных способов перемещения [1].

За успешное сокращение дистанции до цели на минимально допустимое расстояние агент получает дополнительное дискретное вознаграждение. Эпизод принудительно прерывается с применением максимального штрафа в случае падения (снижения высоты центра масс ниже критического порога).

Условием успешного завершения текущего урока и перехода на следующий уровень сложности является устойчивое достижение показателем средней скорости значения не менее заданного процента от целевой на протяжении анализируемой выборки эпизодов [5].

Выводы

Применение метода обучения по учебному плану в сочетании с алгоритмами непрерывного управления [3] позволило решить задачу выработки стабильной адаптивной локомоции для многосуставного агента. Математическая формулировка штрафов за касание земли нецелевыми сегментами тела успешно исключила появление паразитных паттернов передвижения. Внедрение стохастических возмущающих воздействий обеспечило высокую степень выживаемости агента и адаптивности походки к внешним факторам. Компонент оптимизации энергозатрат привел к формированию визуально правдоподобной и

гладкой динамики движений. Разработанная модульная архитектура демонстрирует высокую масштабируемость и может служить фундаментальной базой для дальнейшего интеграции в системы процедурной генерации анимаций реального времени и управления автономными шагающими роботами.

Перечень ссылок.

1. Peng X. B., Abbeel P., Levine S., van de Panne M. DeepMimic: Example-Guided Deep Reinforcement Learning of Physics-Based Character Skills // ACM Transactions on Graphics (TOG). — 2018. — Vol. 37, No. 4. — P. 1–14. DOI: 10.1145/3197517.3201311
2. Heess N., Sriram S., Lemmon J., Merel J., Wayne G., Tassa Y. et al. Emergence of Locomotion Behaviours in Rich Environments // arXiv preprint arXiv:1707.02286. — 2017.
3. Schulman J., Wolski F., Dhariwal P., Radford A., Klimov O. Proximal Policy Optimization Algorithms // arXiv preprint arXiv:1707.06347. — 2017.
4. Babadi A., Naderi K., Hämmäläinen P. Self-Imitation Learning of Locomotion Movements through Termination Curriculum // Proceedings of Motion, Interaction and Games (MIG '19). — ACM, 2019. — 7 p. DOI: 10.1145/3359566.3360072
5. Bengio Y., Louradour J., Collobert R., Weston J. Curriculum Learning // Proceedings of the 26th Annual International Conference on Machine Learning (ICML '09). — ACM, 2009. — P. 1–8. DOI: 10.1145/1553374.1553380

ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ ТЕХНОСФЕРЫ: АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ ИТ-СФЕРЫ В ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКЕ

Е.А. Питель, Е.И. Шарибченко
ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»,
г. Донецк, ДНР

Аннотация. В данной статье исследуется интеллектуализация техносферы ДНР через развитие ИТ-сферы. Проанализированы цифровая инфраструктура, промышленная цифровизация и «умный город». Рассмотрены вопросы кадров, импортозамещения и киберзащиты. В заключении сделан вывод, что внедрение отечественного ПО и IoT-платформ обеспечивает технологический суверенитет и устойчивое развитие региона.

Annotation. This article explores the intellectualization of the DPR's technosphere through the development of the IT sector. It analyzes digital infrastructure, industrial digitalization, and smart cities. The article also addresses issues related to personnel, import substitution, and cybersecurity. In conclusion, it concludes that the implementation of domestic software and IoT platforms ensures technological sovereignty and sustainable development in the region.

Ключевые слова: цифровая трансформация, ИТ-сфера ДНР, промышленный интернет вещей, импортозамещение программного обеспечения, кибербезопасность, умный город.

Keywords: digital transformation, IT sphere of the DPR, industrial Internet of Things, import substitution of software, cybersecurity, and smart city.

Современный этап технологического развития характеризуется переходом от механистической модели техносферы к когнитивно-адаптивной, в которой физические производственные, энергетические и инфраструктурные системы неразрывно связаны с цифровыми платформами, алгоритмами искусственного интеллекта и распределёнными сетями связи. Интеллектуализация техносферы представляет собой системный процесс внедрения самообучающихся, прогнозирующих и автономных решений в управление промышленными и социальными комплексами [1]. В условиях региональной трансформации Донецкой Народной Республики

развитие информационных технологий выступает ключевым фактором модернизации экономики, повышения эффективности базовой инфраструктуры и формирования устойчивой цифровой экосистемы. Данная статья посвящена анализу теоретических основ, текущего состояния, практических направлений и перспектив интеллектуализации техносферы в контексте становления IT-сферы в ДНР.

Теоретические основы интеллектуализации техносферы базируются на концепции киберфизических систем, объединяющих вычислительные мощности, распределённые датчики, сети передачи данных и управляющие алгоритмы в единую адаптивную среду. Согласно современным исследованиям, интеллектуализация предполагает не просто автоматизацию рутинных операций, а переход к системам, способным анализировать контекст, обучаться на исторических данных и принимать управленческие решения в реальном времени [2]. В основе данного процесса лежат технологии больших данных, машинное обучение, промышленный интернет вещей (IIoT) и цифровые двойники. Эти инструменты позволяют минимизировать влияние человеческого фактора, повысить точность прогнозирования отказов оборудования, оптимизировать расход ресурсов и снизить эксплуатационные затраты. Для регионов с высоким уровнем промышленной концентрации, к которым исторически относится ДНР, интеллектуализация техносферы выступает стратегическим приоритетом, обеспечивающим технологический суверенитет, конкурентоспособность производств и устойчивость инфраструктуры к внешним воздействиям [3].

Современное состояние IT-инфраструктуры в Донецкой Народной Республике определяется приоритетным развитием региональных центров обработки данных (ЦОД), которые выступают вычислительным ядром для развёртывания интеллектуальных систем управления техносферой. В условиях высокой нагрузки на промышленные и инфраструктурные объекты акцент смещён на создание отказоустойчивых серверных мощностей, способных агрегировать потоки телеметрии и обеспечивать работу алгоритмов предиктивной аналитики в режиме реального времени. Развёртывание локальных облачных платформ позволяет предприятиям переходить от изолированных систем автоматизации к единой среде интерпретации данных, что формирует технологический базис для внедрения цифровых двойников и адаптивных диспетчерских контуров [4]. Ключевой задачей при этом остаётся обеспечение аппаратно-программной совместимости с отечественными

операционными системами и гипервизорами, а также построение многоуровневой защиты критических информационных ресурсов от внешних киберугроз. Интеграция региональных вычислительных узлов в федеральную сетевую архитектуру создаёт устойчивую основу для масштабирования когнитивных технологий на уровне всей производственной инфраструктуры ДНР.

Цифровая трансформация промышленности в ДНР сосредоточена на ключевых отраслях: металлургии, машиностроении, энергетике, химическом производстве и логистике. Интеллектуализация процессов реализуется через модернизацию АСУ ТП, внедрение предиктивной аналитики и создание цифровых двойников производственных линий. В энергетике развиваются системы интеллектуального учёта и распределения энергии, оптимизирующие нагрузку и минимизирующие потери. Транспортная инфраструктура модернизируется за счёт систем управления грузопотоками, телематики и цифровых диспетчерских платформ. Особое внимание уделяется проектам «умного города», включающим цифровизацию ЖКХ, экологический мониторинг, видеоаналитику и интегрированные диспетчерские центры. Эти инициативы повышают качество жизни, эффективность управления ресурсами и снижают эксплуатационные издержки [5].

Образовательный контур и кадровый потенциал играют определяющую роль в успешной интеллектуализации техносферы. В ДНР функционируют высшие учебные заведения и профессиональные колледжи, осуществляющие подготовку специалистов в области информационных технологий, кибербезопасности, анализа данных, робототехники и промышленной автоматизации. Развиваются программы переподготовки инженеров и технологов, направленные на освоение современных цифровых инструментов, языков программирования и платформ машинного обучения. Важным направлением является создание IT-акселераторов, хакатонов и инновационных площадок, где студенты и молодые разработчики могут реализовывать прикладные проекты в сотрудничестве с промышленными предприятиями и муниципальными структурами. Государственно-частное партнёрство способствует формированию устойчивой экосистемы, в которой академические исследования и учебные программы трансформируются в коммерческие продукты и готовые технологические решения. При этом сохраняется устойчивый запрос на повышение уровня преподавания дисциплин, связанных с искусственным интеллектом, нейросетевыми архитектурами, промышленным интернетом вещей и цифровой безопасностью.

Развитие интеллектуальной техносферы в ДНР сталкивается с

практическими барьерами: разрыв в качестве цифровой связи между промышленными центрами и периферией, дефицит системных архитекторов и инженеров, способных сопровождать сложные программно-аппаратные комплексы. Параллельно решается задача замены зарубежных сетевых компонентов и ПО сертифицированными отечественными аналогами без потери надёжности. Критически важна защита информационных ресурсов: сбои или внешние вмешательства способны нарушить управление энергосистемой, транспортом и производством. Смягчить эти ограничения позволит региональная программа цифровой трансформации, сочетающая целевое финансирование, адаптацию нормативной базы и налоговые преференции для локальных ИТ-предприятий. Встраивание региональных вычислительных узлов в федеральные платформы, переход к модульной архитектуре и создание центров компетенций сформируют условия для устойчивого технологического роста. В конечном счёте, интеллектуализация техносферы — это инструмент снижения себестоимости продукции, стабилизации инфраструктуры и формирования долгосрочного технологического суверенитета республики.

Интеллектуализация техносферы превращает ИТ-инструменты в рабочий рычаг управления производством и городской средой. Для Донецкой республики цифровизация становится стержнем модернизации: она перезапускает промышленные цепочки, оживляет инфраструктуру и меняет формат муниципальных сервисов. Реальный результат достижим лишь при согласованной работе инвесторов, профильных вузов, исследовательских центров и бизнеса. Поэтапное внедрение умных систем, унификация цифровых решений, жёсткая защита критических узлов и выращивание локальных технологических команд создадут не «цифровую витрину», а саморегулируемую экосистему, гарантирующую устойчивый экономический рост региона.

Перечень ссылок

1. Иванов А. С., Петрова М. В. Киберфизические системы и интеллектуализация промышленности. — М.: Издательство «Техносфера», 2022. — 312 с.
2. Сидоров К. Н., Лебедева Е. А. Цифровые двойники в управлении техносферой: методы и практики // Автоматизация в промышленности. — 2023. — № 4. — С. 15–22.
3. Министерство цифрового развития ДНР. Стратегия цифровой трансформации региона на 2024–2030 годы. — Донецк, 2024. — 84 с.
4. Кузнецов В. И., Смирнова О. Л. Информационная безопасность промышленных IoT-систем. — СПб.: БХВ-Петербург, 2021. — 256 с.
5. Волкова Т. С. Умный город: концепции, технологии, реализация. — Ростов н/Д: Феникс, 2022. — 198 с.

**ОТ ХРАНИЛИЩА ДАННЫХ К ЖИВОМУ ДВОЙНИКУ:
ПЕРЕОСМЫСЛЕНИЕ АРХИТЕКТУРЫ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ТЕХНОСФЕРЫ**

С. К. Прокуров, Т. В. Завадская
ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»,
г. Донецк, ДНР

***Аннотация.** В статье описывается архитектурная модель интеллектуальной техносферы на основе событийно-ориентированного подхода. Рассматривается переход от статичных хранилищ к потоковой обработке данных, двухконтурному управлению и формированию цифрового двойника как непрерывно обновляемой проекции на основе лога событий.*

***Annotation.** The article describes an architectural model of an intelligent technosphere based on an event-driven approach. The transition from static storage to stream processing, two-circuit control, and the formation of a digital twin as a continuously updated projection based on an event log is considered.*

***Ключевые слова:** интеллектуальная техносфера, событийная архитектура, цифровой двойник, потоковая обработка, двухконтурное управление.*

***Keywords:** intelligent technosphere, event-driven architecture, digital twin, stream processing, two-circuit control.*

При создании интеллектуальных техносферных объектов, таких как самообучающиеся производственные цеха, инженерные сети с прогнозированием отказов или цифровые двойники очистных сооружений, ключевыми аспектами являются организация хранения данных, управление доступом и способы взаимодействия компонентов. В традиционном подходе данные сначала накапливаются в хранилищах и только потом обрабатываются. В предлагаемой архитектуре реализуется противоположный принцип: данные анализируются в процессе движения, а не после накопления. Информация не хранится статически, а циркулирует в системе, избирательно оседая в различных типах хранилищ в зависимости от решаемой задачи [1].

Центральным элементом архитектуры выступает событийная

шина на базе Apache Kafka, которая выполняет функцию распределённого журнала событий всей системы. Такой подход, называемый Event Sourcing, позволяет в любой момент восстановить состояние объекта на любом временном срезе, пересчитав сохранённый лог событий без обращения к конечным хранилищам данных. Для оперативного хранения текущего состояния критически важных параметров используется in-memory хранилище Redis, которое обеспечивает мгновенную отдачу данных для быстрых реакций и может выполнять функции брокера сообщений по протоколу Pub/Sub. Показания датчиков, образующие временные ряды, направляются в специализированные системы управления базами данных, такие как TimescaleDB или InfluxDB. Эти системы поддерживают выполнение непрерывных запросов, например, периодический пересчёт скользящего среднего значений вибрации, и могут публиковать агрегированную информацию обратно в событийную шину в виде производных событий [2].

Для долгосрочного хранения и аналитической обработки данных за длительные периоды эксплуатации применяется колоночное хранилище ClickHouse, которое забирает данные непосредственно из Kafka и формирует представления, доступные для выполнения быстрых аналитических запросов. Параллельно с ним функционирует «озеро данных» — объектное хранилище (MinIO или S3 с движком Delta Lake), куда без фильтрации поступают все сырые пакеты, логи и потоки данных. Это хранилище выполняет функцию долговременной памяти, материалы которой могут быть переобработаны заново при необходимости. Для отражения связей между оборудованием применяется графовая база данных Neo4j, которая подписывается на события Kafka и поддерживает актуальную схему соединений в режиме реального времени. В такой графовой модели рёбра между узлами могут получать веса, отражающие силу взаимного влияния, вычисленную из исторических данных. Это позволяет при отказе одного узла прогнозировать вероятность отказов связанных с ним элементов. Конфигурационная информация и паспортные данные оборудования, не укладывающиеся в строгие табличные схемы, размещаются в документной базе MongoDB с поддержкой JSON Schema, что обеспечивает единообразие структуры документов для всех читающих сервисов [3].

Управление интеллектуальным техносферным объектом строится на двух контурах, работающих на разных скоростях. Рефлекторный (локальный) контур размещается на Edge-контроллерах, работает по протоколу MQTT, использует локальный

экземпляр Redis и оперирует жёсткими пороговыми значениями. При выходе параметра за допустимый предел контроллер принимает мгновенное решение, например, отключает оборудование, без ожидания ответа от центральной системы. На каждом Edge-узле развёрнута облегчённая ML-модель (TensorFlow Lite) и ведётся локальный журнал событий, который при восстановлении связи досылает накопленные данные в центральную Kafka через механизм догоняющей репликации. Когнитивный (облачный) контур размещается в серверной части и выполняет обработку накопленной истории из ClickHouse, выявляет долгосрочные тренды, переобучает модели и вырабатывает управляющие сигналы, которые через Kafka доставляются на Edge-узлы для корректировки их поведения [4].

Для обнаружения аномалий в работу системы включается потоковый процессор, который анализирует данные непосредственно в движении, не сохраняя их в базу данных. Применяя лёгкие модели машинного обучения, процессор выявляет отклонения от нормального поведения и генерирует сигналы тревоги. Образцы нормального поведения периодически пересчитываются и хранятся в Redis, а паттерны сбоев записываются в граф инцидентов. Доступ к распределённой системе строится не на статических ролях, а на модели динамического доверия и гео-привилегии. Политики доступа выносятся в отдельный сервис (Open Policy Agent). Запрос от локального контроллера, имеющего прямую связь с оборудованием, получает более высокий уровень доверия, чем запрос из облачного сервиса через публичную сеть. Уровень доверия к источнику может динамически снижаться при аномальности передаваемых данных или при приближении срока истечения сертификата. Технически контроль доступа реализуется через API-шлюз (Kong или NGINX), который при каждом запросе проверяет токен, запрашивает решение у Policy Engine и только после этого маршрутизирует вызов. Критические команды требуют дополнительного подтверждения и обязательно фиксируются в аудиторском журнале [5].

Цифровой двойник в предлагаемой архитектуре не является отдельным объектом или хранилищем. Он представляет собой совокупность проекций, формируемых по запросу из непрерывно обновляемых данных. Двойник всегда актуален, поскольку строится из потока событий в момент запроса. Используя сохранённый лог Kafka, можно построить состояние системы на любой момент в прошлом, что позволяет проанализировать инцидент заново с новыми данными. Взаимодействие между компонентами системы строится по принципу: все события передаются через Kafka, синхронные запросы

выполняются по протоколам REST или gRPC. Полевой уровень общается с системой через MQTT. Длительные операции оформляются как задачи в очередях RabbitMQ или Redis Streams. ML-модели упаковываются в Docker-контейнеры, а их жизненным циклом управляет оркестратор Kubernetes. Внешние интеграции выносятся в специальные шлюзы, которые изолируют сторонние протоколы и приводят данные к внутреннему каноническому формату. Предложенная архитектура позволяет обеспечить отказоустойчивость системы при сбоях сети, адаптацию моделей к медленным изменениям среды и прогнозирование каскадных аварий на основе графовых зависимостей.

Перечень ссылок

1. Ньюмен С. Создание микросервисов. 2-е изд. / пер. с англ. И. Пальти. – СПб.: Питер, 2023. – 624 с.
2. Гудков Д.А., Иванов С.Е. Применение Apache Kafka как событийной шины в промышленных системах реального времени // Материалы 7-й Международной научно-технической конференции «Автоматизация и приборостроение: проблемы, решения», г. Севастополь, 12–14 сентября 2023 г. – Севастополь: СевГУ, 2023. – С. 87–92.
3. Кузнецов А.В., Петрова М.Н. Построение гибридных хранилищ данных для цифровых двойников техносферных объектов: опыт совмещения TimescaleDB и ClickHouse // Вестник кибернетики и цифровых технологий. – 2024. – № 3(19). – С. 45–56.
4. Смирнов Д.О. Графовые базы данных в задачах анализа отказоустойчивости инженерных сетей: от статической топологии к вероятностным зависимостям // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. – 2023. – Т. 66, № 9. – С. 812–821.
5. Чжан И., Гулиев Р.А. Поточковая обработка телеметрии в контуре аварийного реагирования: сравнение Kafka Streams и Apache Flink для задач техносферного мониторинга // Программные системы и вычислительные методы. – 2024. – № 1. – С. 12–25.

УДК 004.056

ПРИМЕНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ НЕЙРОСЕТЕЙ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Д.В. Пшеничный
ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»,
г. Донецк, ДНР

Аннотация. Рассматриваются возможности применения отечественных нейросетей для оптимизации типовых процессов информационной безопасности в образовательной организации. Основное внимание уделено подготовке документов, инвентаризации ИСПДн, обучению пользователей и безопасному использованию ИИ с учетом требований защиты информации.

Annotation. The paper considers the use of domestic neural networks for optimizing typical information security processes in an educational organization. The focus is on document preparation, personal data information system inventory, user training and secure AI use with regard to information protection requirements.

Ключевые слова: информационная безопасность, персональные данные, ИСПДн, нейросети, GigaChat, ИИ, ДонНТУ.

Keywords: information security, personal data, personal data information systems, neural networks, GigaChat, AI, DonNTU.

Введение

Развитие цифровой образовательной среды повышает значение информационной безопасности в деятельности университетов. Образовательная организация обрабатывает служебную информацию, персональные данные работников и обучающихся, использует информационные системы и электронные сервисы, поэтому защита данных, актуализация документации и контроль выполнения требований ИБ становятся постоянными организационно-техническими задачами.

Применение отечественных нейросетей может рассматриваться как одно из направлений интеллектуализации процессов ИБ. На примере типовых задач отдела информационной безопасности Управления комплексной безопасности ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет» можно выделить несколько практических областей: подготовка проектов документов,

систематизация сведений по информационным системам персональных данных, формирование обучающих материалов и предварительная аналитическая обработка информации. При этом применение ИИ не отменяет требований законодательства о персональных данных и требований к защите информации [1-4].

При этом нейросетевые инструменты целесообразно рассматривать не как самостоятельный механизм принятия решений, а как вспомогательное средство специалиста ИБ. Такой подход позволяет использовать ИИ для оптимизации повторяющихся и текстоориентированных задач без передачи ему полномочий по окончательной оценке и принятию решений.

Практическое применение отечественных нейросетевых инструментов в ИБ

К процессам, наиболее пригодным для оптимизации с помощью ИИ, относятся задачи, связанные с обработкой текстовой информации и большим количеством повторяющихся действий. В подразделении ИБ образовательной организации это подготовка проектов приказов, распоряжений, планов мероприятий, инструкций, памяток, аналитических справок, а также материалов для проведения инструктажей по вопросам защиты персональных данных.

Отдельное значение имеет сопровождение работ по инвентаризации ИСПДн. Такая работа требует сбора сведений о системах, в которых обрабатываются персональные данные, уточнения целей обработки, состава данных, ответственных подразделений и состояния документации. Нейросеть может помогать при подготовке шаблонов анкет, унификации формулировок, структурировании обезличенных сведений и формировании предварительных выводов для дальнейшей проверки специалистом.

Еще одним направлением является методическая поддержка пользователей. ИИ может использоваться для подготовки памяток, сценариев лекций, тестовых вопросов и кратких инструкций, адаптированных под разные категории работников. Это повышает доступность материалов по защите персональных данных и снижает нагрузку на специалистов, отвечающих за их подготовку.

Отечественные нейросетевые инструменты, включая GigaChat, могут применяться для генерации и редактирования текстов, подготовки проектов документов и информационно-аналитических материалов. Согласно официальной документации GigaChat API, сервис может использоваться для автоматизации работы с текстом и решения аналитических задач [5]. В контексте ИБ это позволяет быстрее получать черновую структуру документа, перечень разделов

инструкции, варианты формулировок и проект плана мероприятий.

Например, при подготовке проекта приказа нейросеть способна предложить типовую логику документа: основание, цель, поручения, ответственные лица, сроки исполнения и порядок контроля. При разработке инструкции ИИ может изложить сложные положения более понятным языком для работников структурных подразделений. При подготовке аналитической справки нейросеть может помочь сгруппировать сведения по направлениям: документооборот, ИСПДн, обучение пользователей и контроль выполнения требований.

Любые материалы, подготовленные с использованием ИИ, должны рассматриваться только как черновики. Нейросеть может не учитывать реальные локальные регламенты, особенности конкретной информационной системы и ограничения по обработке сведений. Поэтому результат работы ИИ должен проходить обязательную проверку ответственным специалистом отдела ИБ.

Особую актуальность теме придает приказ ФСТЭК России от 11.04.2025 № 117, вступающий в силу с 1 марта 2026 г. Документ устанавливает требования к защите информации, содержащейся в государственных информационных системах и иных информационных системах государственных органов, государственных унитарных предприятий и государственных учреждений [4]. Для образовательной организации такие требования являются важным ориентиром при организации процессов ИБ.

В приказе № 117 отдельно выделены мероприятия по защите информации при использовании искусственного интеллекта. При применении ИИ необходимо исключать несанкционированный доступ к информации, несанкционированное распространение и модификацию сведений, а также нерегламентированное влияние ИИ на функционирование информационных систем [4]. Это позволяет рассматривать нейросеть не только как инструмент оптимизации, но и как объект контролируемого использования.

Практическая модель безопасного применения ИИ должна включать ограничения. В нейросетевые сервисы не должны передаваться реальные персональные данные, пароли, сведения о внутренней инфраструктуре, информация ограниченного доступа и иные конфиденциальные материалы. Для свободных текстовых запросов следует определить допустимые тематики, а ответы ИИ должны проверяться на достоверность, полноту и соответствие локальным документам.

На первом этапе ИИ целесообразно использовать для подготовки черновых документов и методических материалов без

обработки чувствительных сведений. Это направление дает быстрый практический эффект и не требует передачи в нейросеть персональных данных или внутренней информации ограниченного доступа.

На втором этапе возможно применение нейросетей для поддержки инвентаризации ИСПДн: формирования унифицированных анкет для подразделений, шаблонов сводных таблиц, перечней уточняющих вопросов и структуры аналитической справки. Окончательная оценка состава ИСПДн, уровня защищенности и необходимых мер защиты должна выполняться специалистами ИБ с учетом требований постановления Правительства РФ № 1119 и приказа ФСТЭК России № 21 [2, 3].

На третьем этапе возможна организация внутреннего цифрового помощника подразделения ИБ. Его функции могут включать поиск шаблонов документов, подготовку типовых запросов, формирование планов обучения и выдачу справочной информации по утвержденным внутренним материалам. Дополнительно такой помощник может применяться для предварительной проверки полноты проектов документов и подготовки перечня вопросов для подразделений. Такая система должна работать в пределах определенных тематик и не принимать решений без участия человека.

Преимущества и ограничения

К преимуществам применения нейросетей относятся сокращение времени на подготовку черновиков, повышение единообразия документов, ускорение систематизации сведений и поддержка обучения пользователей. Для небольших подразделений ИБ это позволяет перераспределить рабочее время в пользу задач, требующих экспертной оценки: анализа рисков, контроля выполнения требований и подготовки предложений по развитию системы защиты информации.

В то же время внедрение ИИ связано с рисками. Основными из них являются возможная передача конфиденциальной информации во внешнюю систему, получение неточных ответов, формирование некорректных рекомендаций и чрезмерное доверие к результатам автоматизированной обработки. Эти риски усиливаются в сфере ИБ, где ошибка в документе или неверная рекомендация могут повлиять на организацию мер защиты.

Для снижения рисков необходимо закрепить внутренние правила применения ИИ: разрешенные и запрещенные типы данных, допустимые задачи, порядок проверки результатов и ответственность за использование материалов, подготовленных нейросетью. Важно

также вести учет типовых ошибок ИИ и использовать проверочные вопросы перед включением текста в официальный документ.

Выводы

Отечественные нейросетевые инструменты могут быть полезны для оптимизации процессов информационной безопасности в образовательной организации. Наиболее реалистичными направлениями их применения являются подготовка проектов документов, поддержка инвентаризации ИСПДн на основе обезличенных сведений, разработка обучающих материалов и структурирование аналитической информации.

Учет приказа ФСТЭК России № 117 позволяет рассматривать ИИ не только как средство повышения производительности, но и как объект регламентированного и контролируемого использования. Поэтому внедрение нейросетей должно сопровождаться правилами обработки запросов, ограничением передаваемых данных, контролем форматов ответов и обязательной проверкой результатов специалистом.

Предложенный подход соответствует тематике интеллектуализации техносферы, поскольку направлен на применение интеллектуальных цифровых инструментов в организационно-технических процессах защиты информации. При соблюдении принципа «ИИ – помощник специалиста» отечественные нейросети способны повысить эффективность работы подразделений ИБ без раскрытия чувствительных сведений и без передачи ИИ полномочий по принятию окончательных решений.

Перечень ссылок

1. Федеральный закон от 27.07.2006 № 152-ФЗ «О персональных данных» // Собрание законодательства Российской Федерации. 2006. № 31 (ч. 1). Ст. 3451.
2. Постановление Правительства РФ от 01.11.2012 № 1119 «Об утверждении требований к защите персональных данных при их обработке в информационных системах персональных данных» // Собрание законодательства Российской Федерации. 2012. № 45. Ст. 6257.
3. Приказ ФСТЭК России от 18.02.2013 № 21 «Об утверждении состава и содержания организационных и технических мер по обеспечению безопасности персональных данных при их обработке в информационных системах персональных данных» // Российская газета. 2013. № 107.
4. Приказ ФСТЭК России от 11.04.2025 № 117 «Об утверждении Требований о защите информации, содержащейся в государственных информационных системах, иных информационных системах государственных органов, государственных унитарных предприятий, государственных учреждений» (зарегистрирован в Минюсте России 16.06.2025 № 82619).
5. GigaChat API: обзор // Документация для разработчиков. URL: <https://developers.sber.ru/docs/ru/gigachat/api/overview>

УДК 004.4'2

АНАЛИЗ ПЛАТФОРМ РАЗРАБОТКИ МОНИТОРИНГОВЫХ СИСТЕМ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ РАЗВИТИЯ

А.И. Ракша, О.Ю. Чередникова
ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»,
г. Донецк, ДНР

***Аннотация.** В статье рассмотрены современные платформы и инструменты для создания мониторинговых систем предлагается идея простой мониторинговой системы, предназначенной для обычного пользователя.*

***Annotation.** The article discusses modern platforms and tools for creating monitoring systems and suggests the idea of a simple monitoring system designed for the average user.*

***Ключевые слова:** мониторинг, персональный компьютер, универсальная система, резервное копирование, контроль, продуктивность.*

***Keywords:** monitoring, personal computer, universal system, backup, control, productivity.*

Общая постановка проблемы

Мониторинговые системы в 2026 году значительно эволюционировали и вышли далеко за рамки традиционного контроля инфраструктуры. Большинство людей, работающих за компьютером, не являются специалистами в области IT. Они не знают, как настроить системы резервного копирования. При этом каждый сталкивался с ситуацией, когда важный файл случайно удалялся, а восстановить его было нечем; или, когда после долгой работы выключился свет, и все несохраненные изменения пропали [1]. Также существует потребность в контроле: родителям следует знать, чем занимаются дети за компьютером, руководители компаний – не теряют ли сотрудники важные данные при выполнении рабочей задачи. Следует также иметь в виду забывчивость: человек открыл документ, внёс правки, отвлёкся, закрыл файл, и нажал «Не сохранять».

Анализ платформ для разработки мониторинговых систем

Контроль действий пользователя включает анализ логина, доступа к файлам, сетевой активности, шаблонов поведения и даже поведения автономных ИИ-агентов. Это позволяет выявлять аномалии

(необычные часы работы, массовое копирование данных), предлагать реальную помощь в работе — автоматические рекомендации по оптимизации задач, анализ продуктивности и персонализированные подсказки. Автоматическое резервирование файлов гарантирует бесперебойную работу: при обнаружении изменений или угроз система мгновенно создаёт бэкап, сравнивает и позволяет восстановить данные «до и после» изменения.

На рынке существуют мощные системы мониторинга, такие как Prometheus, Zabbix, Wazuh, Splunk, Datadog [2]. Они позволяют следить за серверами, сетями, приложениями, а также анализировать поведение пользователей (так называемые UEBA-решения - User and Entity Behavior Analytics). Однако все они рассчитаны на подготовленных администраторов, требуют настройки серверной части, часто работают через облако и стоят дорого.

Рассмотрим их сильные и слабые стороны:

- Prometheus – относительно новый продукт, который завоевал свою популярность. Он стал фактически промышленным стандартом для мониторинга динамических систем. Преимущество – способность автоматически обнаруживать, высокая масштабируемость, активное сообщество, обеспечивает несравненно более высокие скорости обработки данных. Однако для обычного пользователя он сложен: требуется настройка сервера, изучение языка запросов, интеграция нескольких компонентов. Нет встроенного механизма простого резервного копирования файлов пользователя.

- Zabbix – мощная система мониторинга инфраструктуры со сбором данных. Плюсы: имеет веб-интерфейс, работает на многих ОС. Минусы: отсутствие поддержки современных принципов управления инфраструктурой, интерфейс перегружен, настройка «раздражителей» и оповещений требует времени, функции контроля действий конкретного пользователя ограничены. Это инструмент для администраторов, а не для домашнего использования.

- Wazuh. Открытая платформа с возможностью анализа поведения пользователей (UEBA) и контроля целостности файлов. Сильная сторона – бесплатность, наличие готовых правил для выявления аномалий. Недостатки: требует отдельного сервера, настройки на каждом ПК, написания собственных правил. Для одного домашнего компьютера это избыточно.

- Splunk. Коммерческая платформа для анализа логов и поведения пользователей. Обладает мощным поиском и машинным обучением. Главные недостатки: очень высокая стоимость, облачная

или серверная архитектура, сложность настройки. Используется крупным бизнесом, а не рядовыми пользователями.

- **Datadog.** Это система, которая работает через интернет. Её плюс: для специалистов, которые управляют серверами, она проста в подключении и показывает красивые графики. Но для обычного человека есть минусы: нужно платить каждый месяц за каждый компьютер и за каждый запрос к системе; все данные о ваших файлах и действиях уходят в интернет (в облако); вы не можете сами управлять резервными копиями на своём компьютере — всё зависит от настроек на стороне компании.

Разработка мониторинговой системы

Для обычного человека, который хочет защитить свои документы или проконтролировать время ребёнка за компьютером, эти инструменты непригодны. Нет простого, бесплатного, локального решения, которое совмещало бы помощь и контроль без сложностей в установке и настройке. Поэтому было принято решение разработать мониторинговую систему.

Разрабатываемая программа рассчитана на обычного пользователя. Она работает на одном компьютере, не требует интернета и специальных знаний. Установка занимает пару минут. Программа реализует два режима, которые выбираются при запуске [3]:

1. Режим «Помощник» следит за выбранными папками (например, «Документы», «Рабочий стол»). При любом изменении файла автоматически создаётся его резервная копия с датой и временем. Если пользователь случайно удалил или испортил документ, он находит копию в специальной папке и восстанавливает в один клик. Также система проверяет, не открыт ли документ без сохранения, и выводит напоминание. В конце дня появляется отчёт: работали разные программы, сколько файлов было изменено, сколько копий создано. Все данные хранятся только на локальном диске [4].

2. Режим «Контроль» записывает, какие приложения и сайты (только названия, не содержимое) запускал пользователь, как долго они были активны, а также фиксирует изменения в важных файлах. Доступ к настройкам и отчётам защищён паролем – ребёнок или сотрудник не может отключить мониторинг. Можно установить ограничения: например, разрешить игры не больше часа в день. При превышении лимита система показывает предупреждение, а через 5 минут закрывает приложение. Родитель или руководитель в любой момент может зайти в защищённую панель и посмотреть, чем занимались за компьютером [5].

Тенденции развития систем мониторинга

На сегодняшний день системы мониторинга имеют следующие тенденции своего развития:

1. Использование искусственного интеллекта (ИИ). ИИ анализирует корень проблем, предсказывает сбои по поведению пользователей и автоматически запускает резервное копирование. Более 60% крупных компаний уже внедряют ИИ для таких задач. ИИ поведение тоже нужно отслеживать, чтобы предотвращать утечки данных.

2. Системы мониторинга работают не в центре, а на краю сети – прямо на устройствах пользователей.

3. Мониторинг больше не отдельная настройка, он становится частью процесса разработки. Правила контроля действий пользователей и политики резервного копирования описываются в коде и автоматически применяются.

4. Отдельные системы анализа поведения пользователей уходят в прошлое. Их функции встраиваются прямо в платформы сбора событий и управления безопасностью.

Выводы

Проведённый анализ показал, что существующие платформы мониторинга ориентированы на профессионалов и не подходят обычным пользователям. Предлагаемая универсальная система заполняет этот пробел, совмещая функции помощника (автоматическое резервирование, напоминания, статистика продуктивности) и инструмента контроля (родительский надзор, учёт рабочего времени). Простота установки, локальное хранение данных, отсутствие слежки за содержимым экрана и гибкость режимов делают разработку востребованной для студентов, родителей, сотрудников малых предприятий.

Будущее мониторинга — в единой интеллектуальной экосистеме, где действия пользователей и ИИ-агентов анализируются в реальном времени, ИИ обеспечивает безопасность и помощь в работе, а автоматические бэкапы гарантируют 100 % бесперебойность даже при угрозах или случайных изменениях. Будущие системы мониторинга станут умнее, быстрее и проще. Предлагаемая в статье двухрежимная программа – шаг в этом направлении: локальная, с автоматическими бэкапами и элементами контроля, без сложной настройки. Таким образом, предложенная концепция является перспективной и заслуживает практической реализации.

Перечень ссылок

1. Петрова Е.И. Как не потерять данные: практические советы для пользователей Windows. – М.: Инфопресс, 2025. – 112 с.

2. Сидоров В.А. Компьютерная помощь без программистов: обзор утилит для домашнего использования // Домашний ПК. – 2025. – № 6. – С. 28–31.

3. Проект «OpenMonitor» – пример реализации двухрежимного мониторинга [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://openmonitor.example/>

4. Смирнов А.А. Мониторинг продуктивности: от теории к простым инструментам // Наука и жизнь. – 2026. – № 2. – С. 14–18.

5. Официальная документация по отслеживанию изменений файлов в ОС Windows [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://learn.microsoft.com/>

УДК 004.932.72

**ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ КОРРЕКЦИИ АРТЕФАКТОВ
ОКРАШИВАНИЯ ГИСТОЛОГИЧЕСКИХ СНИМКОВ ДЛЯ
ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ НЕЙРОСЕТЕВОЙ
СЕГМЕНТАЦИИ**

М. А. Рябко, Т. А. Васяева
ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»,
г. Донецк, ДНР

***Аннотация.** Локальные артефакты окрашивания гистологических срезов существенно снижают точность нейросетевой сегментации структур щитовидной железы. В статье предложен модуль адаптивной коррекции, выполняющий разделение изображения на низкочастотные структурные и высокочастотные артефактные компоненты с подавлением последних легковесной нейронной сетью.*

***Annotation.** Local staining artifacts of histological sections significantly reduce the accuracy of neural network segmentation of thyroid structures. The article proposes an adaptive correction module that separates the image into low-frequency structural and high-frequency artifact components, suppressing the latter using a lightweight neural network.*

***Ключевые слова:** предобработка, гистологические снимки, сегментация изображений, глубокое обучение.*

***Keywords:** preprocessing, histological images, image segmentation, deep learning.*

Цифровая гистопатология активно внедряет методы автоматизированного анализа гистологических снимков, однако их обработка, как правило, осуществляется на уровне фрагментов из-за ограничений вычислительных ресурсов и архитектуры нейросетей. Для диагностики патологий щитовидной железы критически важна сохранность тонких морфологических признаков. Стандартизация гистологических срезов осложняется вариабельностью протоколов окрашивания, калибровки сканеров и условий фиксации ткани, что приводит к возникновению локальных артефактов. В отличие от глобальных методов нормализации цвета, локальные искажения не устраняются статистическими преобразованиями и существенно снижают точность нейросетевой сегментации клеточных и тканевых структур [1].

Существующие подходы к локальной коррекции, такие как

CLANE, Retinex, Guided Filter, чрезмерно сглаживают диагностически значимые текстуры, а также требуют ручной настройки параметров под каждый препарат. Генеративные модели демонстрируют высокое качество стилизации, но обладают значительной вычислительной сложностью, нестабильностью обучения и склонностью к артефактной генерации деталей [2]. Таким образом, сохраняется потребность в легковесном, адаптивном методе предобработки, работающем на уровне отдельных PNG-тайлов без потери структурной целостности ткани и совместимом с конвейерной обработкой WSI.

Цель работы — разработка частотно-пространственного модуля коррекции артефактов, способного автоматически подавлять локальные искажения окрашивания при сохранении морфологических границ, значимых для последующей нейросетевой сегментации. В отличие от известных методов, предлагаемый подход не требует парных эталонных данных, обучается в режиме самостоятельной проверки и валидируется через прирост точности задачи сегментации.

Задача коррекции формулируется как поиск отображения F , минимизирующего влияние локальных артефактов окрашивания при сохранении диагностически значимых границ. Артефакты гистологии имеют преимущественно высокочастотную природу и проявляются как локальные вариации интенсивности и цвета, тогда как архитектурные паттерны ткани сосредоточены в низкочастотной области спектра [3].

Для разделения сигнала применяется дифференцируемое частотное разложение на основе двумерного быстрого преобразования Фурье (2D FFT). Низкочастотный компонент вычисляется как:

$$I_{low} = F^{-1}\{F(I) \odot M_{LP}\}, I_{high} = I - I_{low}, \quad (1)$$

где F и F^{-1} — прямое и обратное преобразование Фурье, M_{LP} — маска идеального низкочастотного фильтра, $\odot$ — поэлементное произведение.

Подавление артефактов осуществляется через предсказание маски коррекции A_{mask} с помощью сверточной сети с механизмом канального внимания:

$$A_{mask} = \sigma(W_2 \cdot ReLU(W_1 \cdot CA(I_{high}) + b1) + b2), \quad (2)$$

где σ — сигмоидальная активация, CA — блок Channel Attention, вычисляющий адаптивные веса на основе глобального среднего пулинга. Веса A_{mask} интерпретируются как степень артефактности пикселя и используются для адаптивной фильтрации.

Оптимизация модуля проводится в режиме самообучения при отсутствии парных эталонных данных. Функция потерь включает

компонент точности реконструкции и регуляризатор разреженности маски. Минимизация функции потерь обеспечивает баланс между устранением артефактов и сохранением структурной целостности ткани, что напрямую повышает устойчивость последующей нейросетевой сегментации [4].

Эксперименты проводились на наборе гистологических снимков щитовидной железы, оцифрованных в формате NDPI. Исходные WSI были фрагментированы на 2500 более мелких изображений с сохранением в формате PNG. Для валидации метода отобрано 300 фрагментов с визуально подтверждёнными артефактами окрашивания (градиенты прокрашивания, локальное выцветание, микропятна) и 100 «чистых» фрагментов в качестве контрольной группы. Данные разделены на обучающую (70%), валидационную (15%) и тестовую (15%) подвыборки с исключением пересечения слайдов между наборами.

Программный модуль реализован на языке Python с использованием фреймворка PyTorch. Обучение проводилось с использованием оптимизатора Adam, размер батча — 16, количество эпох — 30.

В качестве базовых алгоритмов выбраны:

1. Адаптивная гистограммная эквализация (CLAHE);
2. Метод Retinex с одношкальным окружением (SSR);
3. Метод Guided Filter.

Параметры методов оптимизированы на валидационной подвыборке путём перебора сетки. Все методы применены к одним и тем же тестовым изображениям, а последующая сегментация выполнена предобученной моделью, созданной ранее [5].

Качество коррекции оценено по трём группам метрик:

1. Восстановление сигнала: пиковое отношение сигнал/шум (PSNR, дБ), структурное сходство (SSIM);
2. Сохранение структуры: метрика структурного сохранения (SPI), вычисляемая как SSIM между картами градиентов исходного и скорректированного изображений;
3. Влияние на задачу: прирост коэффициента Дайса для сегментации изображения относительно необработанных фрагментов, коэффициент точности выделения объектов, точность и чувствительность, а также время обработки одного фрагмента (мс).

После завершения работы программного кода, были получены соответствующие маски, а также результаты работы в виде оценок по перечисленным выше группам метрик. В таблице 1 представлены результаты оценки качества восстановления сигнала и сохранения

структурной целостности ткани после применения различных методов предобработки.

Таблица 1 – Результаты оценки качества предобработки изображения

Метод	PSNR, дБ.	SSIM	SPI	Время, мс.
CLANE	23,7	0,784	0,732	8,2
SSR	24,9	0,806	0,758	24,7
Guided Filter	26,1	0,831	0,794	12,3
Без коррекции	21,4	0,721	0,683	-
Предложенный метод	28,3	0,892	0,861	9,8

Предложенный модуль демонстрирует статистически значимое превосходство над базовыми методами по всем метрикам качества коррекции. Прирост структурного сходства (SSIM) составил +14,2% относительно исходных данных и +7,3% относительно метода Guided Filter. Наибольший вклад внесла метрика структурного сохранения SPI, а именно +11,8% относительно исходных, что подтверждает способность метода избирательно подавлять высокочастотные артефакты без размывания диагностически значимых элементов. При этом время обработки одного фрагмента остаётся сопоставимым с наиболее быстрым методом CLANE и обеспечивает возможность конвейерной обработки.

Для оценки практической значимости предложенного подхода проведена сегментация изображений в сравнении с сегментацией без проведенной предобработки. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты оценки качества сегментации изображения

Метод	Dice	IoU	Чувствительность	Точность
CLANE	0,794	0,658	0,751	0,831
SSR	0,801	0,667	0,778	0,836
Guided Filter	0,813	0,684	0,792	0,847
Без коррекции	0,782	0,641	0,751	0,824
Предложенный метод	0,846	0,732	0,831	0,868

Предложенный модуль обеспечивает наибольший прирост точности сегментации по всем метрикам. Коэффициент Dice увеличился на +6,4 п.п. относительно исходных данных и на +3,3 п.п. относительно лучшего базового метода. Наибольший вклад внесло повышение чувствительности, что свидетельствует о надёжном восстановлении границ ядер в зонах с неравномерным прокрашиванием. Одновременно выросла и точность, +2,1 п.п., что указывает на снижение числа ложноположительных срабатываний за счёт подавления артефактных высокочастотных компонентов.

По итогам проведенной работы, следует отметить, что предложенный модуль обеспечивает эффективное подавление локальных артефактов окрашивания гистологических снимков щитовидной железы, повышая точность нейросетевой сегментации на 6,4 % при времени обработки менее 11 мс на фрагмент. Метод сохраняет диагностически значимые морфологические границы, но требует дальнейшей доработки для работы с более сложным набором изображений.

Перечень источников

1. Tellez D. et al. Quantifying the effects of data augmentation and stain color normalization in convolutional neural networks for computational pathology // *Med. Image Anal.* – 2019. – Vol. 58. – Art. 101544. – DOI: 10.1016/j.media.2019.101544.
2. Vahadane A. et al. Structure-preserving color normalization and sparse stain separation for histological images // *IEEE Trans. Med. Imaging.* – 2016. – Vol. 35, № 8. – P. 1962–1971. – DOI: 10.1109/TMI.2016.2543920.
3. Wang Z., Bovik A. C., Sheikh H. R., Simoncelli E. P. Image quality assessment: from error visibility to structural similarity // *IEEE Trans. Image Process.* – 2004. – Vol. 13, № 4. – P. 600–612. – DOI: 10.1109/TIP.2003.819861.
4. Isensee F. et al. nnU-Net: a self-configuring method for deep learning-based biomedical image segmentation // *Nat. Methods.* – 2021. – Vol. 18, № 2. – P. 203–211. – DOI: 10.1038/s41592-020-01008-z.
5. Васяева Т.А., Рябко М.А. Исследование методов компьютерной обработки медицинских изображений// *BIG DATA и анализ высокого уровня = BIG DATA and Advanced Analytics: сб. науч. ст. XII Междунар. науч.-практ. конф. (Респ. Беларусь, Минск, 23 апр. 2026 г.): в 2 ч. Ч. 2 / редкол.: В.А. Богуш [и др.]. – Минск: БГУИР, 2026. – 354 с. ISBN 978-985-543-878-7 (ч. 2).*

УДК 681.3

**РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОНОМНОГО УДЕРЖАНИЯ
ОБЪЕКТА ДЛЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ
АППАРАТОВ САМОЛЕТНОГО ТИПА**

А. В. Сацюк

ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ ИНСТИТУТ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА»,
г. Донецк, ДНР

Аннотация. Разработана система автономного удержания объектов для БПЛА, использующая мультисенсорную фузию и оптимизированную нейросеть. Результаты летных испытаний показывают высокую точность (mAP 93.5%), скорость (26 FPS) и робастность в сложных условиях, решая задачи надежного сопровождения целей.

Annotation. An autonomous object tracking system for UAVs, utilizing multisensor fusion and an optimized neural network, has been developed. Flight test results demonstrate high accuracy (mAP 93.5%), speed (26 FPS), and robustness in complex conditions, addressing reliable target tracking challenges.

Ключевые слова: беспилотные летательные аппараты, автономное сопровождение объектов, мультисенсорная фузия, компьютерное зрение, оптимизированные нейронные сети, робастность.

Keywords: Unmanned Aerial Vehicles, Autonomous Object Tracking, Multisensor Fusion, Computer Vision, Optimized Neural Networks, Robustness

Введение. Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) самолетного типа представляют собой значимый инструмент в решении современных технологических и прикладных задач [1]. Эти аппараты нашли широкое применение в критически важных областях, таких как мониторинг протяженных линейных инфраструктурных объектов, инспекция промышленных комплексов, проведение работ в сельском хозяйстве, а также в поисково-спасательных операциях [2]. Интеграция систем машинного зрения с бортовыми системами управления позволяет БПЛА автономно собирать, обрабатывать и анализировать визуальную информацию, существенно повышая оперативность, точность и безопасность выполнения поставленных задач.

Тем не менее, эффективное функционирование автономных

систем БПЛА в условиях реальной эксплуатации сталкивается с комплексом серьезных технических вызовов. Особую актуальность приобретают проблемы, связанные с обеспечением надежного обнаружения и стабильного удержания целевых объектов. Среди ключевых вызовов выделяются следующие [3]:

1. Неблагоприятные метеоусловия (туман, дым, ночь) и недостаточная освещенность снижают эффективность оптических систем. Оклюзии, вызванные посторонними объектами и рельефом, ограничивают надежное обнаружение.

2. ГНСС-системы (GPS/ГЛОНАСС) уязвимы к помехам и глушению. ИНС накапливают ошибки, приводя к погрешностям в определении координат при автономном использовании.

3. Ошибки управления (резкие маневры, колебания) приводят к срыву миссии, потере цели и угрожают безопасности аппарата.

4. Высокопроизводительные алгоритмы ИИ требуют значительных мощностей. Ограниченная аппаратная база БПЛА затрудняет обработку данных и расчеты в реальном масштабе времени.

Основная часть. Для преодоления указанных ограничений и повышения стабильности процессов детекции и удержания объектов в системе применяется мультисенсорная фузия (рис.1).

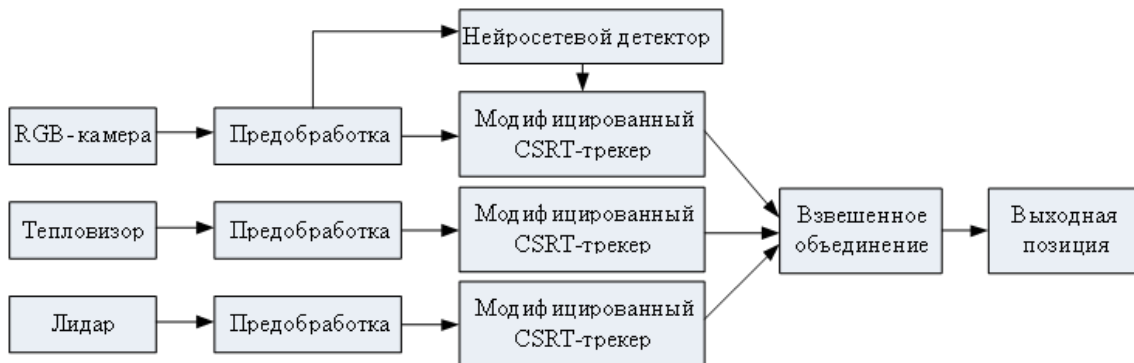


Рисунок 1– Структура мультисенсорной системы

Этот подход заключается в объединении и комплексной обработке информации, поступающей от нескольких разнородных типов сенсоров: лидара, оптической камеры и тепловизора. Каждый тип датчика обладает своими уникальными преимуществами: лидар обеспечивает высокую точность построения трехмерной карты окружения и определения дистанции до объектов; оптическая камера предоставляет детализированные текстурные и цветовые характеристики сцены; тепловизор эффективно обнаруживает цели по их тепловому излучению, что особенно ценно в условиях плохой видимости (туман, дым, ночь) и для идентификации объектов по тепловой сигнатуре. Интеграция данных от этих источников позволяет создать более полное, достоверное и робастное представление об окружающей среде, компенсировать

присущие отдельным сенсорам недостатки и обеспечить высокую точность обнаружения и надежное сопровождение объектов даже в самых сложных и динамически меняющихся условиях.

В основу системы распознавания и отслеживания объектов положена оптимизированная нейронная сеть. Ее архитектура разработана с учетом строгих требований к работе на аппаратных платформах с ограниченными вычислительными ресурсами [4, 5]. Сеть построена по принципу одноканального детектора, что обеспечивает высокую скорость обработки видеопотока, приближенную к реальному масштабу времени, при минимизации потерь в точности детектирования. Особое внимание уделено эффективности извлечения признаков на разных уровнях абстракции и агрегации многомасштабной информации, что позволяет достичь высокой производительности при ограниченных аппаратных возможностях.

Для комплексной верификации работоспособности предложенной системы и подтверждения достигнутых характеристик проведены летные испытания. В качестве экспериментальной платформы использовался беспилотный летательный аппарат самолетного типа, разработанный в лаборатории. Данный аппарат оснащен интегрированным бортовым вычислителем, мультимодальной сенсорной системой (RGB-камера, лидар, тепловизор), а также обладает необходимыми летными характеристиками, включая максимальную дальность полета до 300 км, продолжительность полета свыше 5 часов и максимальную скорость до 220 км/ч, что делает его подходящей платформой для проведения испытаний в реальных условиях эксплуатации.

Результаты проведенных летных испытаний, представленные в материалах доклада, свидетельствуют о высокой эффективности разработанной системы. Были достигнуты следующие ключевые показатели:

- точность трекинга (IoU): достигнута на уровне более 92%, что демонстрирует значительное улучшение (на 44%) по сравнению с предыдущими версиями системы.
- скорость обработки: система обеспечивает 26 кадров в секунду, что соответствует реальному масштабу времени и является ускорением в 4 раза.
- устойчивость к окклюзиям: зафиксирована способность к надежному сопровождению объекта при потере до 60% его видимой площади, что указывает на высокую робастность системы.
- рабочая дистанция: эффективное обнаружение и сопровождение объектов осуществляется в широком диапазоне дистанций от 5 до 360 метров.
- точность детекции ($mAP@0.5$): достигнут высокий показатель

в 93.5%, при полном отсутствии регистрируемых ложных срабатываний, что является критически важным критерием надежности.

- задержка управления: составила менее 28 мс, обеспечивая оперативность реакции системы.

- энергопотребление: снижено до 2.0 Вт, что соответствует снижению на 20% и способствует увеличению продолжительности полета.

- размер модели детектора: уменьшен до 1.56 МБ, что является существенным достижением для оптимизации бортовых ресурсов (уменьшение в 3.8 раза).

- корреляция траекторий: показатель >0.98 подтверждает высокую степень согласованности сопровождаемой траектории с целевой.

Заключение. Таким образом, разработанная система автономного удержания объектов, базирующаяся на принципах мультисенсорной фузии и оптимизированной нейронной сети, демонстрирует высокую эффективность, надежность и готовность к решению задач автоматического сопровождения целей в сложных условиях эксплуатации беспилотных летательных аппаратов. Перспективы дальнейшего развития включают расширение функционала для сопровождения множественных объектов, повышение адаптивности к динамически меняющимся сценариям и интеграцию с системами предиктивного анализа и принятия решений.

Перечень ссылок

1. Сацюк, А. В. Технологические и организационные вызовы развития БПЛА в России / А. В. Сацюк // Сборник научных трудов Донецкого института железнодорожного транспорта. – 2025. – № 2(77). – С. 14-23. – EDN HFKIXN.

2. Сацюк, А. В. Гибридные алгоритмы компьютерного зрения для прецизионного автономного управления БПЛА / А. В. Сацюк, Н. В. Володарец. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью «Научно-издательский центр ИНФРА-М», 2026. – 178 с. – ISBN 978-5-16-021492-4. – DOI 10.12737/2227081. – EDN UTBINO.

3. Володарец, Н. В. Устойчивый трекинг и коррекция траектории беспилотных летательных аппаратов в условиях ограниченной видимости с использованием мультисенсорных данных / Н. В. Володарец, А. В. Сацюк // Устойчивое развитие горных территорий. – 2025. – Т. 17, № 3(65). – С. 1320-1330. – DOI 10.21177/1998-4502-2025-17-3-1320-1330. – EDN IXWHZS.

4. Сацюк, А. В. Модификация модели YOLO для гибридной системы детекции и трекинга в БПЛА с автоматическим наведением / А. В. Сацюк, Н. В. Володарец // Информационно-управляющие системы. – 2025. – № 4(137). – С. 36-44. – DOI 10.31799/1684-8853-2025-4-36-44. – EDN YKQVJU.

5. Сацюк, А. В. Оптимизация архитектуры YOLOv8 для задач захвата объекта БПЛА: анализ компромисса между точностью, скоростью и вычислительными ресурсами / А. В. Сацюк // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2025. – № 2(98). – С. 35-42. – DOI 10.46973/0201-727X_2025_2_35. – EDN LCAOOM.

УДК 004.8

ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА БАЗЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

А. А. Старцев, А. А. Мухин

АСТРАХАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ,
г. Астрахань, Россия

Аннотация: В статье рассматриваются актуальные проблемы современной теплоэнергетики. Показано, что искусственный интеллект становится ключевым инструментом для оптимизации процессов генерации, распределения и потребления тепловой энергии. Приведены примеры внедрения ИИ на ТЭЦ и котельных, включая проекты Google DeepMind, цифровые двойники Siemens и опыт России. Сделан вывод о повышении КПД на 10–20% без капитальной реконструкции.

Annotation: The article deals with current problems of modern thermal power engineering. It is shown that artificial intelligence is becoming a key tool for optimizing the processes of generation, distribution and consumption of thermal energy. Examples of AI implementation at CHP plants and boiler houses are given, including Google DeepMind projects, Siemens digital twins and Russian experience. The conclusion is made about increasing efficiency by 10–20% without capital reconstruction.

Ключевые слова: искусственный интеллект; теплоэнергетика; энергоэффективность; цифровые двойники; предиктивная аналитика; котельные; машинное обучение

Keywords: artificial intelligence; thermal power engineering; energy efficiency; digital twins; predictive analytics; boiler houses; machine learning

Введение

Современная теплоэнергетика сталкивается с тремя взаимосвязанными проблемами: во-первых, постоянно растущие требования к энергоэффективности; во-вторых, ужесточение экологических норм; в-третьих, необходимость снижения эксплуатационных затрат при сохранении высокого уровня надежности теплоснабжения. Дополнительным вызовом является физический износ основных фондов: на многих российских ТЭЦ и котельных оборудование эксплуатируется 30–40 лет и более.

В этих условиях искусственный интеллект (ИИ) становится не просто технологическим трендом, а ключевым инструментом для оптимизации процессов генерации, распределения и потребления тепловой энергии. В отличие от традиционных систем автоматизации, ИИ-системы способны обучаться на исторических данных, адаптироваться к изменяющимся условиям и принимать решения в реальном времени. Как отмечается в зарубежных и отечественных исследованиях, применение методов машинного обучения позволяет выявлять скрытые закономерности, недоступные для классических алгоритмов управления [1, 5].

Целью данной работы является систематический анализ реальных примеров внедрения ИИ в теплоэнергетику, оценка достигнутых показателей, а также выявление перспектив масштабирования таких решений в России.

Данные и методы анализа

Материалом для исследования послужили опубликованные данные о пилотных проектах внедрения систем ИИ на объектах теплоэнергетики за период 2016–2025 гг. Основными источниками выступили отчеты Google DeepMind [1], Siemens [2], General Electric [3], а также российские отраслевые данные [4, 5].

В работе использованы следующие кейсы: проект Google DeepMind по оптимизации британских ТЭЦ [1]; внедрение цифровых двойников Siemens на промышленных котельных [2]; система предиктивной аналитики GE Predix [3]; опыт автоматизированных гибридных энергокомплексов (АГЭК) в Якутии [4].

Методы исследования включают: анализ и обобщение эмпирических данных из открытых источников; сравнительный анализ показателей традиционного управления и управления с применением ИИ (по таким критериям, как КПД, частота аварий, расход топлива, объём вредных выбросов); систематизацию технологических подходов (машинное обучение, нейронные сети, цифровые двойники); оценку экономической эффективности внедрённых решений (срок окупаемости, снижение эксплуатационных затрат).

Количественная обработка данных проводилась с использованием методов дескриптивной статистики. Для каждого из рассмотренных кейсов были выделены ключевые параметры работы оборудования до и после внедрения ИИ-решений. Все результаты приведены в виде средних значений по проектам, поскольку исходные данные в открытых источниках представлены в агрегированном виде. Дополнительно проведён сопоставительный анализ эффективности

различных архитектур ИИ: глубоких нейронных сетей (DeepMind), регрессионных моделей (цифровые двойники Siemens) и систем обнаружения аномалий (GE Predix). Это позволило выявить, что наиболее значимый эффект достигается при комбинировании нескольких методов в рамках единой платформы.

Также в работе использован метод тематического кейс-анализа, который даёт возможность детально рассмотреть каждый пример внедрения в его реальном контексте — с учётом типа оборудования, климатических условий, режимов нагрузки и существующей инфраструктуры. Такой подход особенно важен для российских условий, где прямое копирование западных решений часто невозможно без адаптации.

Практические примеры внедрения

Оптимизация работы котельных и ТЭЦ с применением ИИ. Одним из наиболее известных проектов стала работа Google DeepMind, выполненная в 2016 году совместно с британской энергокомпанией National Grid [1]. Алгоритм глубокого обучения анализировал данные более чем с 10000 датчиков, отслеживающих температуру пара и воды в котлах, давление в турбинах, эффективность систем охлаждения, выбросы CO₂ и NO_x. Система выявляла неочевидные корреляции между параметрами и предлагала оптимальные настройки. Результаты внедрения показали снижение энергопотребления на 15%, уменьшение вредных выбросов на 10% без замены оборудования. Важно отметить, что система обучалась непрерывно: каждые 5 минут нейросеть пересчитывала оптимальный режим с учетом текущих погодных условий и прогноза нагрузки.

Компания Siemens внедрила систему цифровых двойников (Digital Twins) на нескольких промышленных котельных в Европе и Азии [2]. Принцип работы заключается в создании виртуальной копии физического объекта, которая обновляется в реальном времени на основе данных с датчиков. ИИ-модель прогнозирует износ теплообменников, образование накипи в трубах, оптимальные температурные графики для разных нагрузок. Это позволило повысить КПД на 10–20% за счет устранения «недогруза» и перегрузов оборудования, а также снизить частоту аварий на 25% благодаря предиктивной диагностике. Дополнительные возможности включают интеграцию с системами IoT («умные» клапаны и насосы) и автоматическое формирование отчетов по энергоэффективности для регуляторов.

Прогнозирование и предотвращение аварий. Компания General Electric использует платформу Predix для мониторинга

теплообменного оборудования [3]. Анализ вибраций и температурных режимов помогает выявлять износ или засорение труб. Прогнозные модели на основе ИИ снижают риск внезапных аварий на 20–30%. Такой подход позволяет оптимизировать обслуживание: ремонты проводятся только когда это действительно необходимо (переход от планово-предупредительного к обслуживанию по фактическому состоянию). Технологии, применяемые в предиктивной аналитике, включают машинное обучение (обнаружение аномалий, кластеризация состояний), нейронные сети и цифровые двойники.

Интеграция возобновляемых источников энергии. В Якутии запущены автоматизированные гибридные энергокомплексы (АГЭК) на сочетании солнечной и дизельной генерации с ИИ-платформой [4]. Станция в селе Табалах экономит до 50% топлива летом и около 35% в год. Результаты по региону: снижение расхода дизтоплива на 37% в среднем по всем АГЭК, увеличение КПД гибридной системы на 28% по сравнению с чисто дизельной генерацией, окупаемость инвестиций за 5 лет (с учетом снижения затрат на завоз топлива). Якутия, обладающая высокой солнечной активностью (до 300 солнечных дней в году), демонстрирует успешный пример внедрения ВИЭ в арктических условиях.

Как показывают данные таблицы 1, применение ИИ обеспечивает значительный рост эффективности и надежности работы котельных. Особенно важно отметить, что эти результаты достигаются без капитальной реконструкции существующих объектов, что делает внедрение ИИ экономически оправданным даже для устаревших энергетических мощностей [5].

Таблица 1 – Сравнение традиционного и ИИ-управления котельными

Параметр	Традиционное управление	Управление с ИИ
Энергоэффективность	70–80%	85–95%
Частота аварий	3–5%	1–2%
Точность прогнозирования	Низкая	Высокая
Гибкость настроек	Ручная корректировка	Автоматическая оптимизация
Затраты на техобслуживание	Базовый уровень	Снижение на 20–30%
Срок службы оборудования	Номинальный	Увеличение на 15–25%

Заключение. Искусственный интеллект уже сегодня трансформирует теплотехнологии, делая их более эффективными, надежными и экологичными. От оптимизации режимов горения на котельных до интеграции солнечной энергии в арктических поселках – ИИ открывает новые возможности для энергосбережения и устойчивого развития. Приведенные примеры [1–4] показывают, что внедрение ИИ позволяет повысить КПД на 10–20%, снизить аварийность на 25–30%, а расход топлива – до 37% без капитальной реконструкции.

Внедрение ИИ переходит от экспериментальных проектов к промышленному масштабированию. Перспективы дальнейших исследований включают: развитие автономных систем управления тепловыми процессами на основе глубокого обучения с подкреплением, углубленную интеграцию ИИ с IoT и Big Data, создание «умных» энергосистем с минимальным участием человека, разработку отечественных ИИ-платформ для теплоэнергетики с учетом требований импортозамещения [5]. Эти преобразования открывают путь к созданию полностью автономных, экологичных и экономически эффективных решений, которые радикально изменят подходы к генерации, распределению и потреблению тепловой энергии в ближайшем десятилетии

Перечень ссылок

1. Ричард Эванс, Джим Гао, Искусственный интеллект DeepMind [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://deepmind.google/discover/blog/deepmind-ai-reduces-google-data-centre-cooling-bill-by-40/>
2. UnitMC: официальный сайт. Цифровые двойники в промышленной автоматизации. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://unitmc.ru/news/cifrovye-dvoyniki-v-promyshlennoy-avt/>
3. TAdviser: официальный сайт. GE Predix [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.tadviser.ru/index.php/Продукт:GE_Predix
4. Восточный центр государственного планирования: официальный сайт. Солнечные перспективы [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://vostokgosplan.ru/solnechnye-perspektivy-v-jakutii-delajut-stavku-na-vozobnovljaemye-istochniki-jenergii/>
5. Н. В. Горовой, К. А. Шумилов. Журнал ВАК. «Отечественные требования к разработке информационных моделей» [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://agacy.pf/journal/wp-content/uploads/2024/06/isvp_2_48_2024_99-109.pdf

УДК 004.415.630.2:628.163

**РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ ИНФОРМАЦИОННОЙ
СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ЗАЯВОК ПО ДОСТАВКЕ ПИТЬЕВОЙ
ВОДЫ ДЛЯ МАЛОМОБИЛЬНЫХ ГРАЖДАН В УСЛОВИЯХ
ОГРАНИЧЕННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ**

В.А. Стёпин, Т.В. Завадская
ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»,
г. Донецк, ДНР

Аннотация. В работе рассматривается концепция информационной системы для автоматизированной обработки заявок по доставке питьевой воды маломобильным гражданам в условиях ограниченного централизованного водоснабжения. Описаны основные функциональные требования к системе, структура взаимодействия между пользователями и волонтерскими организациями, а также принципы организации очередности и маршрутизации доставок, что позволит снизить временные затраты на координацию гуманитарной помощи и повысить её охват.

Abstract. The paper examines the concept of an information system for automated processing of drinking water delivery requests for low-mobility citizens under conditions of limited centralised water supply. The main functional requirements for the system, the structure of interaction between users and volunteer organisations, and the principles of delivery scheduling and routing are described. The proposed approach reduces the time costs of coordinating humanitarian assistance and increases its coverage.

Ключевые слова: информационная система, доставка воды, маломобильные граждане, веб-приложение, волонтерство, автоматизация заявок, ограниченное водоснабжение.

Keywords: information system, water delivery, low-mobility citizens, web application, volunteering, request automation, limited water supply.

Проблема обеспечения населения питьевой водой в условиях разрушенной или частично функционирующей коммунальной инфраструктуры относится к числу актуальных задач в регионах с нестабильной обстановкой. Прекращение работы централизованного водопровода вынуждает жителей самостоятельно искать источники воды, что создаёт особые трудности для лиц с ограниченными физическими возможностями: пожилых граждан, детей, людей с

хроническими заболеваниями, а также лиц, получивших травмы и не способных самостоятельно передвигаться на значительные расстояния [1]. В таких условиях волонтерские организации принимают на себя роль ключевого посредника между нуждающимися гражданами и источниками гуманитарной помощи, однако эффективность их работы существенно снижается из-за отсутствия удобных инструментов для сбора и обработки заявок.

Сбор заявок на доставку воды, осуществляемый в ручном режиме посредством телефонных звонков, мессенджеров или личных обращений и сопряжён с рядом системных недостатков. К ним относятся: возможность дублирования заявок, потери данных при переключении между исполнителями, отсутствие единого реестра получателей помощи, невозможность отслеживания статуса выполнения заявки, а также неоптимальное распределение маршрутов доставки [2]. Перечисленные проблемы поддаются решению средствами современных информационных технологий, в частности, через разработку специализированного веб-приложения.

Информационная система обработки заявок на доставку питьевой воды представляет собой веб-приложение, доступное с устройств различных типов (персональных компьютеров, планшетов и смартфонов). Система ориентирована на три категории пользователей: граждан, нуждающихся в доставке воды; волонтеров или водителей, осуществляющих доставку; а также администраторов волонтерских организаций, управляющих процессом в целом. Каждая категория пользователей обладает собственным интерфейсом и набором прав доступа, что обеспечивает разграничение функциональных ролей в системе [3].

Граждане, нуждающиеся в получении воды, оставляют заявку через форму на сайте, указывая адрес доставки, желаемый объём воды и, при необходимости, предпочтительный временной диапазон. Для лиц, испытывающих затруднения при работе с компьютером, предусматривается упрощённый интерфейс с минимальным количеством полей. Все поданные заявки автоматически регистрируются в общей базе данных и становятся видны администраторам организации. При поступлении новой заявки формируется соответствующее уведомление, что позволяет исключить задержки в реагировании.

Администратор системы получает возможность просматривать актуальный список заявок, отфильтрованных по статусу, адресу или дате подачи, назначать конкретного волонтера для выполнения доставки, а также контролировать ход исполнения. Статус каждой

заявки последовательно изменяется: от «новая» через «принята в работу» до «выполнена». Такая структура позволяет в любой момент оценить загруженность исполнителей и не допустить ситуации, при которой часть заявок остаётся без внимания. Схема работы данных процессов представлена на рисунке 1.

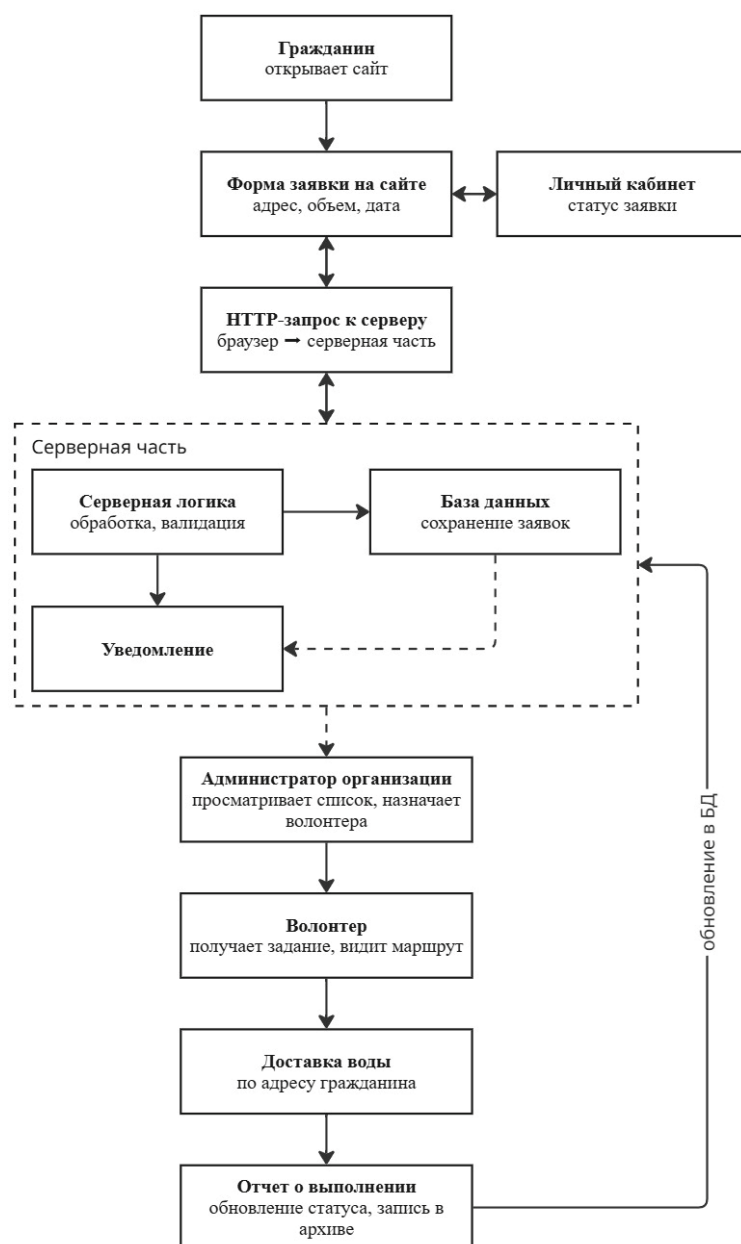


Рисунок 1 – Схема функционирования информационной системы обработки заявок на доставку питьевой воды

Волонтёр, получив назначение, видит в своём личном разделе адреса и объёмы доставки. Оптимальный маршрут объезда формируется на основе географических данных об адресах получателей, что позволяет сократить время в пути и рационально

использовать транспортный ресурс [4]. После завершения доставки волонтер отмечает соответствующую заявку как выполненную, и статус автоматически обновляется в системе. Это обеспечивает прозрачность процесса как для администратора, так и для самого получателя.

С технической точки зрения, система строится по клиент-серверной архитектуре. Серверная часть отвечает за хранение данных, обработку бизнес-логики и взаимодействие с базой данных, а клиентская часть обеспечивает формирование пользовательского интерфейса и передачу данных на сервер. В качестве базы данных целесообразно использовать реляционную СУБД, обеспечивающую надёжное хранение структурированных данных и поддержку сложных запросов для формирования отчётности [5]. Взаимодействие между клиентом и сервером осуществляется по протоколу HTTP, а данные передаются в формате JSON, что упрощает интеграцию с дополнительными сервисами в случае необходимости.

Особое внимание при проектировании системы уделяется вопросу доступности. Поскольку часть потенциальных пользователей – пожилые люди с ограниченным опытом работы с цифровыми сервисами, интерфейс должен соответствовать принципам универсального дизайна: крупный шрифт, минимальное количество шагов при оформлении заявки, понятные подписи к элементам управления. Кроме того, в условиях нестабильного интернет-соединения важно обеспечить корректную работу системы при слабом сигнале, что достигается за счёт оптимизации объёма передаваемых данных и поддержки повторной отправки запросов при обрыве связи.

Система предусматривает ведение архива выполненных заявок, что позволяет анализировать динамику потребности в воде по районам, выявлять категории граждан, наиболее часто обращающихся за помощью, и на основе этих данных планировать объёмы доставки на ближайший период. Аналитические сведения доступны администратору в форме сводных отчётов, формируемых системой автоматически. Это существенно упрощает взаимодействие волонтерских организаций с органами местного самоуправления и гуманитарными фондами.

Таким образом, разработка информационной системы для обработки заявок для доставки питьевой воды маломобильным гражданам является обоснованным и практически значимым направлением в области информатизации социальной сферы. Предложенная концепция охватывает все ключевые этапы процесса – от подачи заявки гражданином до подтверждения её выполнения

волонтёром и предусматривает инструменты для управления, контроля и анализа. Реализация подобной системы способна существенно повысить оперативность оказания гуманитарной помощи и снизить нагрузку на координаторов волонтёрской деятельности.

Перечень источников

1. Бабков В. В., Рудь В. Д. Основы социальной информатики. - М.: Горячая линия - Телеком, 2018. – 256 с.
2. Вендров А. М. Проектирование программного обеспечения экономических информационных систем. - М.: Финансы и статистика, 2006. – 544 с.
3. Волк В. К. Базы данных. Проектирование, программирование, управление. - СПб.: БХВ-Петербург, 2020. – 448 с.
4. Кормен Т., Лейзерсон Ч., Ривест Р., Штайн К. Алгоритмы: построение и анализ. - 3-е изд. - М.: Вильямс, 2016. – 1328 с.
5. Улман Дж., Уидом Дж. Введение в системы баз данных. - М.: Лори, 2006. – 374 с.

АНАЛИЗ НЕЙРОСЕТЕВЫХ АРХИТЕКТУР ДЛЯ ВСТРАИВАЕМЫХ СИСТЕМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО МОНИТОРИНГА

С.С. Стещенко

ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ ИНСТИТУТ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА»,
г. Донецк, ДНР

Аннотация. В работе выполнен сравнительный анализ современных нейросетевых архитектур для задач детекции объектов в системах железнодорожного мониторинга. Рассмотрены модели YOLOv8n, Faster R-CNN, RetinaNet и SSD по показателям точности, производительности и задержки обработки. Установлено, что YOLOv8n обеспечивает оптимальный баланс между скоростью и качеством детекции во встраиваемых системах.

Annotation. The paper presents a comparative analysis of modern neural network architectures for object detection in railway monitoring systems. YOLOv8n, Faster R-CNN, RetinaNet and SSD models are evaluated in terms of accuracy, performance and inference latency. The results show that YOLOv8n provides the best balance between detection quality and processing speed for embedded systems.

Ключевые слова: машинное зрение, нейронные сети, YOLOv8n, железнодорожный мониторинг, детекция объектов.

Keywords: computer vision, neural networks, YOLOv8n, railway monitoring, object detection.

Введение. Повышение безопасности движения поездов является одной из ключевых задач развития железнодорожного транспорта [1]. В условиях роста скоростей движения и увеличения протяженности железнодорожной инфраструктуры возрастает необходимость внедрения интеллектуальных систем мониторинга, обеспечивающих своевременное обнаружение потенциально опасных объектов [2].

Современные методы машинного зрения и технологии глубокого обучения позволяют повысить уровень автоматизации систем контроля инфраструктуры. Наиболее эффективными средствами решения задач распознавания объектов являются искусственные нейронные сети, способные извлекать сложные признаки из изображений и видеопотоков [3].

Однако повышение требований к точности мониторинга приводит к усложнению архитектур нейронных сетей и увеличению вычислительной нагрузки. Данная проблема особенно актуальна для встраиваемых систем железнодорожного транспорта, где вычислительные ресурсы и энергопотребление ограничены.

В связи с этим возникает задача выбора архитектуры нейронной сети, обеспечивающей оптимальный баланс между точностью детекции и производительностью.

Постановка задачи. Для исследования рассматривались современные архитектуры детекции объектов: YOLOv8n, Faster R-CNN, RetinaNet и SSD.

В качестве аппаратной платформы предполагается использование вычислительной системы NVIDIA Jetson Orin NX, ориентированной на выполнение задач искусственного интеллекта при ограниченном энергопотреблении [4].

К исследуемым моделям предъявлялись следующие требования: производительность не ниже 20 кадров в секунду, точность детекции mAP@0.5 не ниже 0,7, полнота обнаружения не ниже 0,85, минимальная задержка обработки видеопотока.

Для проведения анализа использовались видеоданные тестового видеопотока и датасет COCO. Оценка эффективности моделей выполнялась по следующим метрикам: точность детекции - mAP@0.5, полнота обнаружения - Recall, производительность - FPS, задержка обработки видеопотока.

Основная часть. Архитектура YOLOv8n относится к одноэтапным детекторам объектов и ориентирована на работу в режиме реального времени. Модель объединяет процессы локализации и классификации объектов в одном проходе нейронной сети, что обеспечивает высокую скорость обработки.

В ходе тестирования YOLOv8n были получены следующие результаты: FPS - 19.44, задержка обработки - 46.61 мс, mAP@0.5 - 0.742, Recall - 0.861.

Для Faster R-CNN получены следующие показатели: FPS - 9.46, задержка обработки - 105.74 мс, mAP@0.5 - 0.768, Recall - 0.873.

RetinaNet показала следующие результаты: FPS - 15.85, задержка обработки - 63.15 мс, mAP@0.5 - 0.721, Recall - 0.834.

Для SSD были получены следующие значения: FPS - 24.14, задержка обработки - 41.42 мс, mAP@0.5 - 0.689, Recall - 0.781.

Результаты исследования показали, что двухэтапные архитектуры обеспечивают высокий уровень точности детекции, однако требуют значительно больших вычислительных ресурсов и

характеризуются меньшей скоростью обработки. Одноэтапные модели отличаются более высокой производительностью, но в ряде случаев уступают по качеству обнаружения объектов.

На рисунке 1 представлена зависимость точности детекции от производительности рассматриваемых архитектур. Наиболее эффективные результаты продемонстрировала архитектура YOLOv8n, обеспечивающая оптимальное соотношение между точностью детекции и скоростью обработки видеопотока.

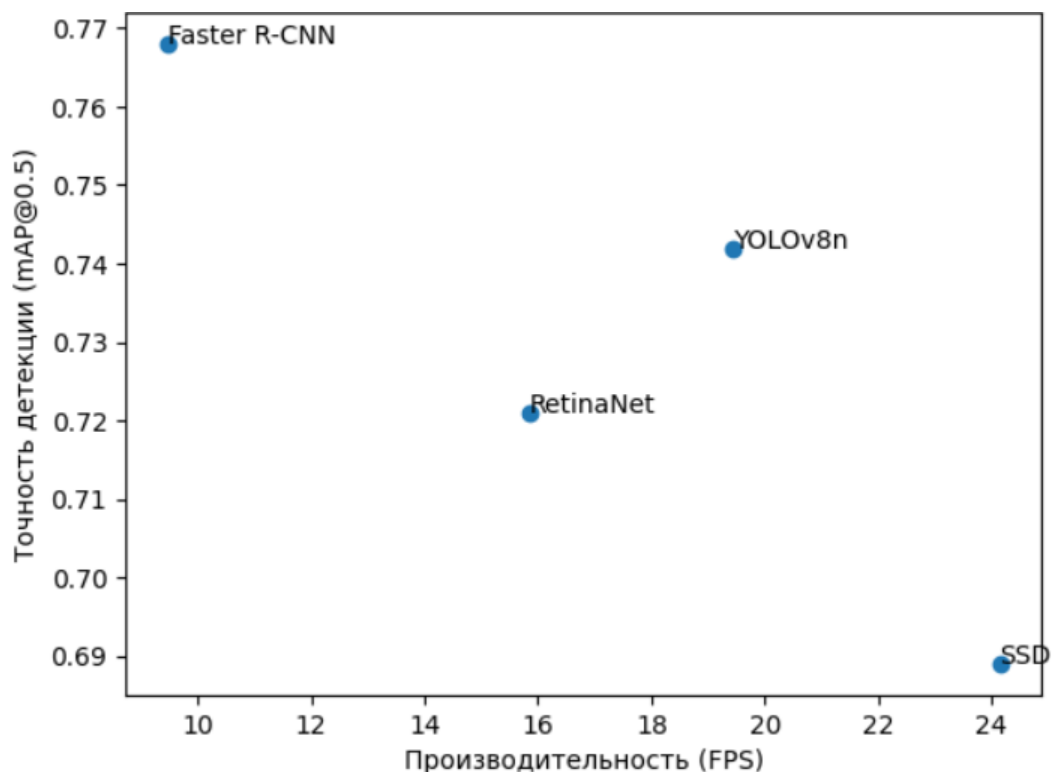


Рисунок 1 – Зависимость точности детекции от производительности рассматриваемых архитектур

Закключение. В результате проведенного исследования выполнен сравнительный анализ современных архитектур нейронных сетей для задач железнодорожного мониторинга во встраиваемых системах.

Установлено, что архитектура YOLOv8n обеспечивает оптимальное соотношение между точностью детекции, полнотой обнаружения и скоростью обработки видеопотока. Модель удовлетворяет требованиям по производительности и может использоваться в качестве базовой архитектуры для построения интеллектуальных систем мониторинга железнодорожной инфраструктуры.

Полученные результаты подтверждают перспективность применения одноэтапных архитектур нейронных сетей во встраиваемых системах машинного зрения железнодорожного транспорта и согласуются с ранее выполненными исследованиями в области интеллектуального мониторинга инфраструктуры [5].

Перечень ссылок

1. Шматченко В. В., Иванов В. Г., Навойцев В. В. Проблемы безопасности высокоскоростных железнодорожных пассажирских транспортных систем // Транспорт Российской Федерации. - 2019. - № 5(84). - С. 30–37.
2. НИИАС. Бортовая система технического зрения БСТЗ: техническое описание [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://niias.ru/products-and-services/products/bortovye-kompleksy/bortovaya-sistema-tekhnicheskogo-zreniya-bstz/>
3. Сацюк А. В. Мониторинг инфраструктуры на основе искусственного интеллекта / А. В. Сацюк // Автоматика, связь, информатика. - 2025. - № 9. - С. 32-34. - DOI 10.62994/AT.2025.9.9.005. - EDN OXBPFP.
4. Сацюк А. В. Разработка алгоритма поиска заданного объекта в видеопотоке реального времени на основе метода корреляционного поиска / А. В. Сацюк, Е. Г. Воевода, Р. Я. Каминский // Сборник научных трудов Донецкого института железнодорожного транспорта. - 2025. - № 1(76). - С. 15-23. - EDN VKNJZZ.
5. Сацюк А. В. Проблемы дальнего обнаружения препятствий в современных системах безопасности движения поездов / А. В. Сацюк, С. С. Стещенко // Сборник научных трудов Донецкого института железнодорожного транспорта. - 2025. - № 4(79). - С. 55-64. - EDN RMFGOO.

УДК 004.9

МЕТОДИКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ОЦЕНКИ ИНФОРМАТИВНОСТИ И РАНЖИРОВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ФОТОЛОВУШЕК ДЛЯ ЗАДАЧ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Л.Я. Сыгинь, И.Я. Сыгинь, Е.О. Савкова
ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»,
г. Донецк, Россия

Аннотация. Предложен авторский подход к автоматизированному отбору кадров с фотоловушек на основе непрерывного показателя информативности. Метод базируется на объектно-ориентированной оценке шести критериев качества и учитывает контекст аналитической задачи. Разработана архитектура локального конвейера предварительной обработки.

Annotation. An author's approach to automated camera-trap frame selection based on a continuous informativeness score is proposed. The method relies on object-oriented assessment of six quality criteria and considers the analytical task context. A local pre-processing pipeline architecture with explainable results and a human-in-the-loop adaptation mechanism is developed.

Ключевые слова: фотоловушки, экологический мониторинг, компьютерное зрение, информативность кадра, ранжирование изображений, объяснимый ИИ, дообучение моделей

Keywords: camera traps, ecological monitoring, computer vision, image informativeness, image ranking, explainable AI, model fine-tuning.

Введение

Фотоловушки обеспечивают долгосрочное неинвазивное наблюдение за фауной, но порождают избыточные массивы изображений, значительная часть которых непригодна для анализа из-за пустых срабатываний, смаза, перекрытий или плохой экспозиции [1, 3]. Существующие решения (MegaDetector, Wildlife Insights, DeerFaune) эффективно решают задачи фильтрации пустых кадров и видовой идентификации, но не формализуют оценку аналитической ценности изображения для конкретных исследовательских сценариев [2, 4].

Цель работы – разработка методики автоматизированной оценки информативности и ранжирования кадров, обеспечивающей

объяснимость результатов и поддержку экспертной коррекции для дообучения моделей.

Критерии пригодности и показатель информативности

Пригодность кадра определяется шестью объектно-ориентированными критериями: наличие животного, резкость, полнота визуализации, степень перекрытия, масштаб объекта и экспозиция. Для их интеграции вводится непрерывный показатель информативности $I \in [0; 1]$, где значения, близкие к 0, соответствуют нерелевантным кадрам, а к 1 – максимально ценным для анализа.

Интерпретация I контекстно зависима: один кадр может быть достаточен для фиксации присутствия вида, но непригоден для поведенческого анализа. Поэтому система формирует не только балл, но и объяснение причин снижения оценки. Логика взаимодействия пользователей с системой отражена на рис. 1, а последовательность локальной обработки – на рис. 2.

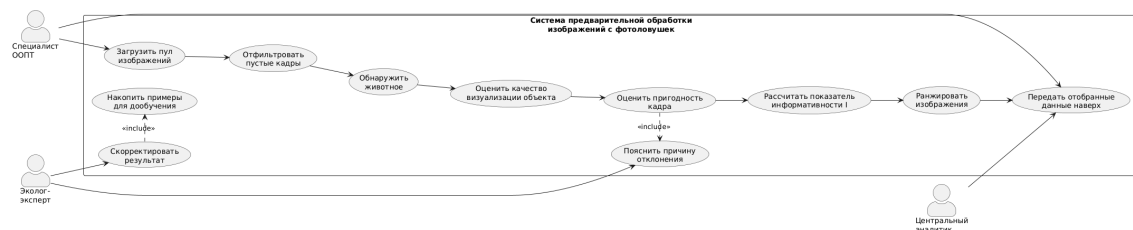


Рисунок 1 – Диаграмма вариантов использования системы предварительной обработки изображений с фотоловушек

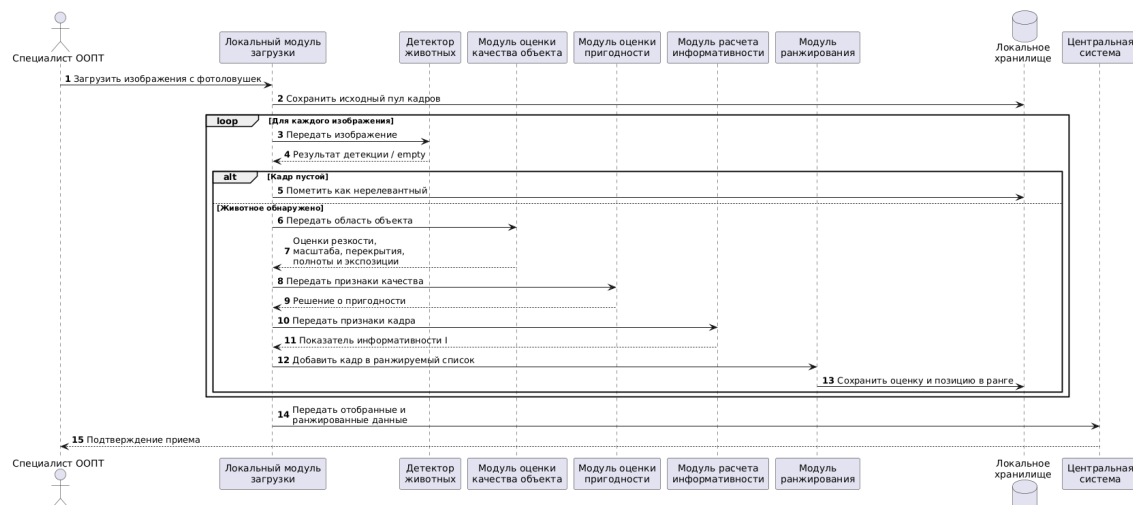


Рисунок 2 – Диаграмма последовательности предварительной обработки изображений

Архитектура конвейера и механизм адаптации

Локальный конвейер предварительной обработки включает четыре этапа:

- 1) детекция объектов и фильтрация пустых кадров с помощью предобученных моделей;
- 2) объектно-ориентированная оценка качества по шести критериям с применением метрик резкости, перекрытия и экспозиции;
- 3) расчёт показателя I , автоматическая отбраковка по порогу T и ранжирование оставшихся кадров;
- 4) генерация объяснимого отчёта с рекомендациями по применимости.

Устойчивость системы обеспечивается контуром человеко-машинного взаимодействия: эксперт корректирует оценки, исправленные данные накапливаются локально, после чего периодически выполняется дообучение весовых коэффициентов и модулей оценки. Такой цикл гарантирует адаптацию к локальным условиям съёмки и видовому составу. Логика корректировки и дообучения представлена на рис. 3.

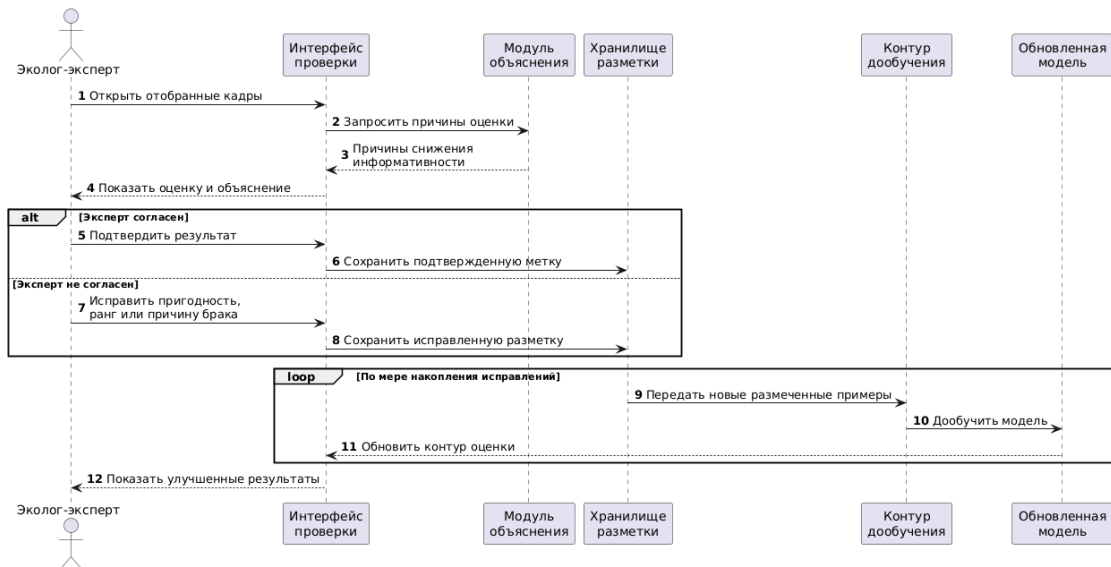


Рисунок 3 – Диаграмма последовательности корректировки результатов и дообучения моделей

В большинстве решений кадр либо проходит фильтрацию как непустой, либо получает метку класса, либо сопровождается вероятностной оценкой присутствия объекта. Однако такие показатели не эквивалентны оценке аналитической ценности изображения для прикладного экологического анализа [1, 3]. Предложенный подход заполняет выявленный пробел: введение непрерывного показателя I переводит задачу отбора из бинарной плоскости в дифференцированную, соответствующую реальным потребностям экологов. Контекстная зависимость информативности позволяет гибко настраивать порог T под конкретный

исследовательский сценарий: для фиксации присутствия вида допустимы более низкие значения I , тогда как для поведенческого анализа требуются кадры с $I \rightarrow 1$. Ограничениями текущего этапа являются необходимость формирования начального размеченного датасета для обучения модулей объектно-ориентированной оценки качества, а также вычислительные затраты при локальной обработке больших объёмов данных. В перспективе планируется валидация методики на реальных наборах данных ООПТ, алгоритмическая оптимизация расчёта частных метрик и разработка пользовательского интерфейса с поддержкой массовой верификации.

Выводы

В работе представлена методика автоматизированной оценки информативности и ранжирования изображений с фотоловушек, ориентированная на прикладные задачи экологического мониторинга. Ключевыми элементами авторского подхода являются: ввод непрерывного показателя информативности $I \in [0;1]$, объектно-ориентированная оценка шести критериев качества, контекстная интерпретация ценности кадра, обязательная объяснимость результатов и встроенный контур человеко-машинного взаимодействия с последующим дообучением моделей. Предложенная архитектура не заменяет существующие детекторы и классификаторы, а дополняет их логикой предварительной аналитической фильтрации, обеспечивая переход от схемы «обнаружил/не обнаружил» к дифференцированному ранжированию кадров по степени их пригодности для научных задач. Реализация данного подхода позволит повысить эффективность обработки данных экологического мониторинга, снизить нагрузку на экспертов и создать основу для устойчивого, адаптивного и прозрачного применения методов искусственного интеллекта в исследованиях природных экосистем.

Перечень ссылок

1. Ahumada J. A., Hurtado J., Lizcano D. Wildlife Insights: A Platform to Maximize the Potential of Camera Trap and Other Passive Sensor Wildlife Data for the Planet // Environmental Conservation. 2020. Vol. 47, no. 1. P. 1–6.
2. Beery S., Morris D., Yang S. Efficient Pipeline for Camera Trap Image Review // arXiv preprint arXiv:1907.06772. 2019.
3. Vélez J., McShea W., Shamon H., et al. An evaluation of platforms for processing camera-trap data using artificial intelligence // Methods in Ecology and Evolution. 2023. Vol. 14, no. 2. P. 459–477.
4. Shin J., Kim Y., Park J. Blind Image Quality Assessment Based on Geometric Order Learning // Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 2024. P. 12345–12354.
5. Rigoudy N., Dussert G., Benyoub A., et al. The DeepFaune initiative: a collaborative effort towards the automatic identification of European fauna in camera trap images // European Journal of Wildlife Research. 2023. Vol. 69, no. 6. Art. 113.

УДК 621.865

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО МОБИЛЬНОГО РОБОТА ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ СКЛАДСКОЙ ЛОГИСТИКИ

В. М. Толкачев, А. Г. Исаев
ФГБОУ ВО «ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»,
г. Ростов-на-Дону, Россия

Аннотация. В статье обоснован выбор среды моделирования мобильного складского робота, который должен двигаться среди препятствий и выполнять простые логистические операции. Рассмотрены требования к виртуальной модели, кинематическая схема платформы и логика вычислительного эксперимента.

Annotation. The paper justifies the choice of a simulation environment for a mobile warehouse robot moving among obstacles and performing simple logistics operations. Requirements for the virtual model, the platform kinematics and the logic of numerical experiments are considered.

Ключевые слова: мобильный робот; CoppeliaSim; моделирование; склад; мехатроника; управление.

Keywords: mobile robot; CoppeliaSim; simulation; warehouse; mechatronics; control.

Мобильные складские роботы постепенно становятся обычной частью логистики, хотя в учебных и небольших производственных проектах их разработка все еще часто начинается с простых моделей. Такой робот должен перемещаться между стеллажами, обходить препятствия, останавливаться в заданных точках и не мешать людям или другим механизмам. По сути, он является мехатронной системой, где механическая часть, датчики, приводы и программа управления работают как единое устройство. В литературе по мобильной робототехнике подчеркивается, что надежность такой системы во многом зависит от согласования конструкции и алгоритмов управления [1].

Сразу собирать физический прототип для такой задачи не всегда разумно. На раннем этапе обычно неизвестно, какая компоновка окажется удобнее, как поведет себя платформа при повороте в узком проходе и насколько сложной будет настройка движения. Ошибка в выборе схемы приводит к переделке рамы, привода или расположения датчиков. Поэтому сначала целесообразно построить виртуальную модель, а уже после этого переходить к изготовлению опытного

образца.

Моделирование позволяет проверить не только движение по прямой, но и более близкие к практике ситуации: объезд неподвижного препятствия, остановку перед человеком, движение по маршруту с несколькими контрольными точками, разворот на ограниченной площади. При этом важно, чтобы виртуальная среда не была слишком условной. Если модель полностью игнорирует массу платформы, инерцию, сцепление колес и задержку управления, то результаты будут красивыми, но слабо пригодными для реального робота. В этом смысле моделирование должно быть не демонстрацией, а частью инженерной проверки.

При выборе программной среды можно рассматривать несколько вариантов. Microsoft Robotics Developer Studio удобна для знакомства с сервисным подходом и визуальным программированием. В ней есть средства построения сцены, эмулятор и механизмы обмена данными между компонентами. Для учебных задач это полезно, потому что студент быстрее видит связь между блоками управления и поведением робота. Но у этой среды есть ограничение: она морально устарела, а перенос результатов на современное оборудование требует дополнительной работы.

Другой вариант связан с проектами Player, Stage и Gazebo. Player можно понимать как сервер, который предоставляет клиентской программе доступ к датчикам и исполнительным устройствам. Stage удобен там, где нужно быстро смоделировать большое количество роботов на двумерной карте. Gazebo дает трехмерную сцену и более реалистичную физику, поэтому лучше подходит для проверки взаимодействия с объектами. Такая связка полезна в исследованиях, но для начинающего разработчика она может оказаться сложной из-за настройки компонентов и необходимости заранее понимать архитектуру обмена данными.

MATLAB и Simulink тоже подходят для ряда задач мобильной робототехники.

При проверке модели складского робота нельзя ограничиваться только фактом прибытия платформы в конечную точку. В такой задаче важнее понять, насколько движение получается надежным и повторяемым. Поэтому в эксперименте стоит фиксировать не только успешность завершения маршрута, но и время прохождения участка, количество вынужденных остановок, величину отклонения от заданной траектории, запас расстояния до препятствий и реакцию робота при небольшом изменении начального положения. Это делает оценку более практической, потому что робот рассматривается не

просто как тележка с приводами, а как часть робототехнической системы, где вместе работают техническая конструкция, алгоритм управления и человек, задающий условия применения [2, 3].

План моделирования лучше выстраивать поэтапно, чтобы не смешивать сразу несколько причин возможных ошибок. На первом этапе достаточно проверить движение по прямому и по простому маршруту без препятствий. Это позволяет увидеть, правильно ли заданы размеры платформы, направление вращения колес и логика перехода между контрольными точками. Далее в сцену можно добавить одно препятствие, расположенное на траектории движения. После этого проверка усложняется за счет нескольких объектов, узких проходов и ситуаций, когда робот должен выбрать безопасное направление обхода. На завершающем этапе имеет смысл сравнить несколько базовых вариантов управления: движение по контрольным точкам, остановку перед препятствием и обход с последующим возвращением на маршрут. Такая последовательность не требует сложной математической модели, но уже показывает, где алгоритм ведет себя устойчиво, а где начинает давать сбои.

Для разработки мобильного складского робота на начальном этапе оправдано использовать виртуальную модель. Она дает возможность заранее проверить компоновку платформы, поведение колесной базы и общий принцип движения без изготовления физического образца. Среди рассмотренных программных средств наиболее подходящей для этой задачи является CoppeliaSim. В ней можно собрать складскую сцену, задать препятствия, настроить простые датчики и постепенно усложнять алгоритм управления. Для учебно-исследовательской работы это удобно, так как один и тот же стенд можно использовать сначала для проверки кинематики, а затем для анализа более сложных сценариев движения.

В качестве базовой конструкции можно принять трехколесную платформу с двумя ведущими колесами и одним свободно поворачивающимся колесом сзади. Такая схема достаточно проста для моделирования и при этом подходит для движения в ограниченном пространстве склада. Два ведущих колеса позволяют менять направление за счет разности скоростей, а заднее колесо не требует отдельного привода и не перегружает конструкцию. Дальнейшая работа должна быть связана с настройкой этой модели в CoppeliaSim, проверкой движения рядом с препятствиями и сравнением простых способов обхода, которые можно будет использовать как основу для более сложного алгоритма.

Для рассматриваемой задачи наиболее подходящей является

трехколесная схема с двумя ведущими колесами и одним свободным колесом сзади. Такое решение достаточно простое, не требует лишних приводов и хорошо подходит для движения в стесненном пространстве. Робот может поворачиваться вокруг близкой к центру точки, а значит ему легче выполнять разворот между стеллажами. При этом конструкция остается устойчивой, если правильно выбрать расстояние между ведущими колесами и положение центра масс.

В виртуальной модели нужно задать корпус платформы, колеса, приводы, датчики расстояния и простую складскую среду. На первом этапе достаточно представить препятствия в виде прямоугольных объектов, имитирующих стеллажи, коробки или временно оставленный груз. Далее можно настроить движение к целевой точке

по заданному маршруту. Если датчик фиксирует препятствие, робот должен остановиться или выполнить обход, а после освобождения пути вернуться к выполнению задания.

Отдельное внимание стоит уделить тому, как оценивать результаты моделирования. MATLAB и Simulink удобны в тех случаях, когда основное внимание уделяется расчетам, регуляторам и обработке сигналов. В этих средах хорошо строятся математические модели, матрицы, графики, блочные схемы и отдельные контуры управления. Например, с их помощью можно исследовать работу регулятора скорости, реакцию системы на изменение входного сигнала или динамику отдельного исполнительного звена. Однако при разработке складского робота требуется не только расчет, но и наглядная трехмерная сцена с проходами, стеллажами и препятствиями. Для такой задачи MATLAB и Simulink часто приходится дополнять отдельными инструментами визуализации. В итоге модель остается полезной для расчетной части, но не всегда удобна как быстрый виртуальный стенд для проверки движения платформы в складской среде.

Webots также можно рассматривать как специализированную среду для моделирования роботов. В ней задаются размеры объектов, масса, параметры трения, датчики и контроллеры, причем управление может быть написано на разных языках программирования. Для проекта мобильного складского робота это является преимуществом, так как среда позволяет перейти от простой модели к более реалистичной сцене. При этом при выборе программы важно учитывать не только набор функций, но и то, насколько быстро можно собрать рабочую модель, найти примеры для колесных платформ и изменить параметры сцены без полной переработки проекта.

По совокупности требований для дальнейшей работы более удобным вариантом является CoppeliaSim. Эта среда позволяет в одной модели объединить трехмерную складскую сцену, мобильную платформу, препятствия, контрольные точки и простые датчики

расстояния. За счет этого можно проверять не только сам факт движения, но и поведение робота в ситуациях, близких к реальным условиям склада. Для магистерской работы такой подход выглядит достаточно практичным, потому что модель можно усложнять постепенно. Сначала проверяется движение по заданным точкам, затем добавляются препятствия, после этого вводится реакция на занятый проход и корректировка маршрута.

Выбор CoppeliaSim также связан с тем, что складской робот в такой среде можно рассматривать не отдельно, а как элемент интеллектуальной логистической системы. В начальном варианте платформа просто перемещается между заранее заданными координатами. Затем к ней добавляются датчики расстояния, ограничение скорости при сближении с препятствием и простое правило выбора обходного направления. На следующем этапе модель может получать условное задание от системы управления складом и передавать информацию о своем текущем положении. Такая логика ближе к реальной эксплуатации, где робот выполняет не абстрактное движение, а конкретную транспортную операцию внутри общего процесса.

После выбора программной среды необходимо определить кинематическую схему платформы. В робототехнике применяются разные варианты колесных баз, среди которых часто рассматривают дифференциальные, синхронные, четырехколесные и трехколесные схемы. Дифференциальная платформа с двумя ведущими колесами проста по конструкции и может разворачиваться почти на месте, но для устойчивого движения ей нужна согласованная работа приводов. Синхронная схема обеспечивает более предсказуемое перемещение, однако конструктивно она сложнее. Четырехколесная база воспринимается как более надежная, но при малом радиусе поворота могут возникать трудности с согласованием колес и точным прохождением траектории. Поэтому для начального варианта складского робота разумно выбрать трехколесную схему, где два колеса являются ведущими, а третье используется как опорное. Такой вариант проще реализовать в модели и достаточно удобен для проверки движения в узких проходах.

Перечень ссылок

1. Бройнль Т. Встраиваемые робототехнические системы. Проектирование и применение мобильных роботов со встроенными системами управления. М.-Ижевск: Ижевский институт компьютерных исследований, 2012. 520 с.
2. Юревич Е.И. Основы робототехники: учебное пособие для студентов технических вузов, разработчиков роботов и их пользователей. 4-е изд., перераб. и доп. СПб.: БХВ-Петербург, 2021. VII, 293 с.
3. Ющенко А.С. К теории деятельности эргатических мехатронных систем // Мехатроника. 2000. № 3. С. 2-11.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ ТЕХНОСФЕРЫ КАК ОСНОВА УСТОЙЧИВОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДОНБАССА

И. И. Тринос, Е. И. Шарибченко
ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»,
г. Донецк, ДНР

Аннотация. В статье рассмотрена роль интеллектуализации техносферы в устойчивом восстановлении промышленного и инфраструктурного потенциала Донбасса. Показаны направления применения цифрового мониторинга, предиктивной диагностики, цифровых двойников и экологического контроля. Обоснована необходимость подготовки инженерных кадров нового поколения.

Annotation. The article considers the role of technosphere intellectualization in the sustainable recovery of the industrial and infrastructure potential of Donbass. The areas of application of digital monitoring, predictive diagnostics, digital twins and environmental control are shown. The need to train a new generation of engineering personnel is substantiated.

Ключевые слова: техносфера, интеллектуализация, Донбасс, цифровизация, промышленность, мониторинг, инженерные кадры.

Keywords: technosphere, intellectualization, Donbass, digitalization, industry, monitoring, engineering personnel.

Современное развитие промышленности и инфраструктуры всё чаще связано с применением цифровых и интеллектуальных решений в технических системах. Под этим можно понимать внедрение средств автоматизированного контроля, искусственного интеллекта, систем сбора данных и программных комплексов, которые помогают отслеживать состояние промышленных, энергетических, транспортных и городских объектов. Такой подход позволяет не только повышать производительность, но и заранее выявлять признаки возможных неисправностей, снижать техногенные риски и влияние человеческого фактора, более рационально использовать ресурсы и обеспечивать устойчивое развитие территорий.

Для Донбасса, исторически являющегося крупным промышленным регионом, восстановление техносферы не должно ограничиваться только ремонтом повреждённых объектов или возвращением к прежним производственным моделям. Современные

условия требуют качественного обновления промышленной и инфраструктурной базы за счёт внедрения интеллектуальных систем управления, цифрового контроля, диагностики оборудования и энергосберегающих технологий. Такой подход соответствует общемировым тенденциям промышленного развития, где цифровизация, декарбонизация и создание новых рабочих мест рассматриваются как важные направления устойчивой индустриальной политики [1].

Интеллектуальное развитие техносферы тесно связано с концепцией устойчивого развития территорий. Международный стандарт ISO 37101 рассматривает устойчивое развитие сообществ как системный процесс, требующий комплексного управления экономическими, социальными, экологическими и инфраструктурными аспектами развития [2]. Следовательно, для Донбасса внедрение таких решений может стать не только техническим инструментом, но и способом повышения качества управления региональным развитием. Оно позволяет объединить задачи модернизации промышленности, повышения безопасности, цифровой трансформации, ресурсосбережения и подготовки инженерных кадров нового поколения.

Одним из наиболее значимых направлений является диагностика состояния оборудования на основе анализа данных. В отличие от традиционного подхода, при котором ремонт часто проводится после поломки или по заранее установленному графику, цифровые системы позволяют оценивать техническое состояние оборудования по таким параметрам, как температура, вибрация, нагрузка, энергопотребление и другие показатели. Это даёт возможность заранее планировать обслуживание, снижать вероятность аварийных остановок и продлевать срок службы оборудования. Для промышленного региона это особенно актуально, поскольку стабильная работа предприятий напрямую связана с экономическим восстановлением и занятостью населения.

Системы датчиков и автоматизированного сбора информации могут применяться для контроля состояния дорог, мостов, инженерных сетей, объектов теплоснабжения, водоснабжения и электроснабжения. На основе полученных данных органы управления и технические службы могут быстрее определять проблемные участки, планировать ремонтные работы и рационально распределять ресурсы. В этом случае цифровые технологии становятся не просто вспомогательным средством, а основой более точного и обоснованного управления развитием территории.

Для промышленно ориентированного региона вопросы энергоэффективности и надёжности энергоснабжения имеют стратегическое значение. Использование автоматизированного учёта, анализа потребления и регулирования нагрузки позволяет снижать потери энергии, выявлять слабые участки сети и повышать устойчивость энергетической инфраструктуры. Это соответствует современным направлениям промышленной политики, где цифровизация и ресурсосбережение рассматриваются как важные условия устойчивого развития [1].

Одним из инструментов обновления техносферы могут стать цифровые двойники промышленных и инфраструктурных объектов. Такой подход предполагает создание виртуальной модели реального объекта или процесса, которая обновляется за счёт данных, поступающих от датчиков и информационных систем. С её помощью можно моделировать различные сценарии работы оборудования, оценивать последствия изменений, прогнозировать износ и выбирать наиболее рациональные управленческие решения. Для предприятий это создаёт возможность не только контролировать текущее состояние производственных процессов, но и заранее учитывать риски при модернизации или реконструкции.

Интеллектуальные технологии могут использоваться и в сфере экологического мониторинга. Для промышленного региона экологическая безопасность является одной из ключевых задач, поскольку состояние воздуха, воды и почвы напрямую влияет на качество жизни населения. Системы автоматического контроля выбросов, анализа загрязнения и наблюдения за состоянием окружающей среды позволяют своевременно выявлять превышение допустимых показателей и принимать меры для снижения негативного воздействия производства. Такой подход соответствует системному пониманию устойчивого развития, при котором экономические задачи должны рассматриваться вместе с социальными и экологическими факторами [2].

Внедрение подобных решений невозможно без подготовки инженерных кадров нового типа. Современный специалист должен обладать не только знаниями в области классической инженерии, но и навыками работы с цифровыми системами, промышленными датчиками, базами данных, автоматизированным управлением и методами анализа информации. Поэтому развитие промышленной и городской среды должно сопровождаться обновлением образовательных программ, расширением междисциплинарной подготовки и усилением практической направленности инженерного

образования.

Практическое применение интеллектуальных решений можно рассмотреть на примерах уже реализуемых проектов. В России ОАО «РЖД» использует предиктивную аналитику для диагностики вагонов и объектов железнодорожной инфраструктуры. В отчёте компании за 2024 год указывается, что за год с применением этой технологии было просканировано 36,3 млн вагонов, а примерно каждый тысячный вагон подлежал отцепке по результатам диагностики. Такой пример показывает, что анализ больших массивов данных позволяет заранее выявлять технические отклонения и снижать риск эксплуатации неисправного оборудования [3].

Компания «Газпром нефть» создала цифровой двойник месторождения имени Александра Жагина. Виртуальная модель объединяет данные о работе объектов инфраструктуры и позволяет в цифровой среде оценивать состояние месторождения, анализировать производственные процессы и принимать управленческие решения на основе актуальной информации. Для промышленного региона подобный опыт показывает, что цифровые модели могут применяться не только на отдельных предприятиях, но и для комплексного управления сложными производственными объектами [4].

В Пекине после введения новых стандартов качества воздуха была развёрнута система наблюдения и анализа загрязнения, включая исследования источников мелкодисперсных частиц PM_{2.5}. Полученные данные позволили определить вклад транспорта, угольного отопления, промышленности и пыли в загрязнение воздуха, что стало основой для дальнейших мер по улучшению экологической ситуации. Этот пример показывает, что системы мониторинга могут использоваться как инструмент экологической безопасности в промышленно развитых регионах [5].

Приведённые примеры подтверждают, что интеллектуальные технологии уже применяются в промышленности, энергетике, транспорте и экологическом контроле. Для Донбасса подобные решения могут быть использованы как ориентир при восстановлении предприятий, инженерных сетей, транспортной инфраструктуры и систем экологического наблюдения. Такой подход позволяет рассматривать восстановление региона не как простое возвращение к прежнему состоянию, а как возможность формирования более современной, безопасной и устойчивой техносферы.

Выводы

Интеллектуализация техносферы может рассматриваться как одно из ключевых направлений устойчивого восстановления Донбасса. Её значение заключается в том, что она соединяет задачи промышленной модернизации,

повышения безопасности, ресурсосбережения, экологического контроля и развития инженерного образования.

Наибольший практический эффект могут дать системы диагностики оборудования, цифровой мониторинг инфраструктуры, цифровые двойники производственных объектов и автоматизированные средства экологического наблюдения. Их внедрение позволит перейти к более обоснованному управлению техническими системами и снизить вероятность аварийных ситуаций.

Реализация данных направлений требует не только технологического обновления, но и подготовки специалистов, способных работать с цифровыми платформами, промышленными датчиками, базами данных и интеллектуальными системами управления. Поэтому восстановление региона должно сопровождаться развитием инженерных компетенций, соответствующих задачам современной промышленности.

Перечень ссылок

1. Industrial Development Report 2024. Turning Challenges into Sustainable Solutions: The New Era of Industrial Policy [Электронный ресурс]. UNIDO, 2024. URL: <https://www.unido.org/sites/default/files/unido-publications/2024-06/Industrial%20Development%20Report%202024.pdf>
2. ISO 37101:2016. Sustainable development in communities — Management system for sustainable development [Электронный ресурс]. ISO, 2016. URL: <https://www.iso.org/standard/61885.html>
3. Инновационное развитие и цифровая трансформация [Электронный ресурс]. ОАО «РЖД», 2024. URL: <https://sr2024.rzd.ru/ru/managerial-aspect/efficiency-improvement>
4. «Газпром нефть» создала цифровой двойник месторождения имени Александра Жагрина [Электронный ресурс]. Газпром нефть, 2021. URL: https://www.gazprom-neft.ru/press-center/news/gazprom_neft_sozdala_tsifrovoy_dvoynik_mestorozhdeniya_imeni_aleksandra_zhagrina/
5. A Review of 20 Years' Air Pollution Control in Beijing [Электронный ресурс]. Beijing Municipal Ecology and Environment Bureau, 2019. URL: <https://sthjj.beijing.gov.cn/bjhrb/resource/cms/2019/04/2019041916301550241.pdf>

УДК 519.8: 621.391

ПОДХОДЫ К ПОСТРОЕНИЮ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ПОВЫШЕНИЯ QOS В СЕТЯХ СОТОВОЙ СВЯЗИ

М. И. Трушкин

ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

г. Донецк, ДНР

Аннотация. В статье рассматриваются проблемы обеспечения качества обслуживания в современных сетях подвижной радиосвязи. Проведен системный анализ факторов, влияющих на качество работы передающих станций. Предложены подходы построения автоматизированной системы управления, основанной на замкнутом контуре регулирования характеристик передатчика.

Annotation. The article discusses the problems of quality of service assurance in modern mobile radio communication networks. A systematic analysis of factors affecting the quality of operation of transmitting stations is carried out. Approaches to building an automated control system based on a closed loop of transmitter characteristic regulation are proposed.

Ключевые слова: системный анализ, подвижная радиосвязь, передающие станции, обработка информации, автоматизация.

Keywords: system analysis, mobile radio communication, transmitting stations, information processing, automation.

Введение

Современные телекоммуникационные сети подвижной связи функционируют в условиях постоянно растущей нагрузки и ужесточающихся требований к качеству обслуживания (QoS). Новые технологии призваны улучшить QoS и повысить доходы оператора, однако эти преимущества могут оказаться утраченными без оптимизации сетей с использованием специальных программных средств [1].

Одним из ключевых элементов физической инфраструктуры, определяющим качество радиопокрытия, является базовая станция. В процессе эксплуатации базовые станции подвергаются воздействию некоторых дестабилизирующих факторов: температурные дрейфы, старение компонентов, электромагнитных помех и неравномерности нагрузки. Существующие системы управления преимущественно реализуют принцип реактивного обслуживания, фиксируя отказы постфактум или работая по жестким регламентам. Такой подход не

позволяет превентивно адаптировать характеристики передатчика к изменяющимся условиям среды, что приводит к снижению качества связи и росту эксплуатационных затрат.

Актуальность разработки обусловлена необходимостью перехода от пассивного мониторинга к адаптивному регулированию.

В статье предлагаются подход к созданию автоматизированной системы управления QoS базовых станций. Основное внимание уделено системному анализу факторов влияния, архитектуре программного комплекса. Представленный подход предполагает создание замкнутого контура регулирования, где решения принимаются на основе статистической оценки текущего технического состояния оборудования.

Целью работы является обоснование структуры, позволяющей автоматически адаптировать характеристики передающей станции для поддержания оптимального качества сигнала.

Архитектура построения автоматизированной системы управления

Управление качеством работы комплекса передающих станций, объединенных в единую сеть, требует иного подхода по сравнению с одиночным объектом. Ключевой особенностью является наличие взаимного влияния станций друг на друга (интерференция, хэндоверы). Хэндовер — процедура передачи обслуживания от одной станции к другой, позволяющая абонентам быть действительно мобильными [2]. Поскольку сотовые сети характеризуются сложной структурой, то для управления ими необходимо применять аналитические методы системного анализа [3-5].

Основные принципы разработки сетевой АСУ:

- координация взаимосвязанных объектов: управляющие воздействия на одну станцию должны рассчитываться с учетом их влияния на соседние;
- агрегирование информации: все данные объединяются для формирования целостной картины состояния сети (выявления глобальных трендов и «узких мест»);
- масштабируемость: добавление новых станций без существенной перестройки системы.

Центральный сервер осуществляет координацию работы комплекса станций. Его функции включают:

- сбор метрик со всех станций;
- анализ карты покрытия сети;
- выработка управляющих воздействий;
- долгосрочное прогнозирование QoS сети.

Важным аспектом предлагаемой системы является ее реализация исключительно на программном уровне без необходимости модификации аппаратной части базовых станций. Разрабатываемое специальное программное обеспечение функционирует как надстройка над существующей инфраструктурой оператора связи, используя штатные интерфейсы.

Такой подход обеспечивает следующие преимущества:

- отсутствие затрат на модернизацию «железа»: внедрение системы на уже эксплуатируемом оборудовании различных производителей;
- быстрое развертывание: нужно только установить программу на сервер оператора;
- гибкость обновления: алгоритмы и математические модели могут быть обновлены без физического доступа к станциям;
- совместимость: поддерживаются гетерогенные сети, состоящие из станций разных вендоров.

Программа состоит из алгоритма и базы знаний, которая хранит:

- топологию сети.
- исторические данные о QoS.

Объект управления и логика функционирования системы

Эффективность работы автоматизированной системы управления сетью передающих станций определяется логикой принятия решений. В настоящем разделе рассматривается объект управления и последовательность обработки информации.

Объектом управления выступает передающая станция её соседи, местность, абоненты и климат. В качестве возмущений системы выступают: интерференция, затухания сигнала окружение и абоненты. Управляющим воздействием может быть изменение угла наклона и изменения мощности базовой станции. Общая схема показана на рис. 1.



Рисунок 1 — Схема системы управления

Процесс управления сетью базовых станций реализуется в виде цикла, представленного на рис. 2, состоящего из следующих этапов:

- сбор данных: получение характеристик всех станций через штатные интерфейсы (период опроса зависит от критичности характеристик);
- нормализация и агрегация: данные фильтруются от выбросов и объединяются в целостную модель состояния сети;
- анализ состояния: сравнение текущих и эталонных значений;
- выработка решения: при выявлении отклонений активируются соответствующие сценарии регулирования;
- исполнение и верификация: исполнение управляющего воздействия и его откат в случае ухудшения QoS.

Благодаря чему можно избежать ситуации, когда улучшение на одной станции достигается за счёт ухудшения работы соседних.

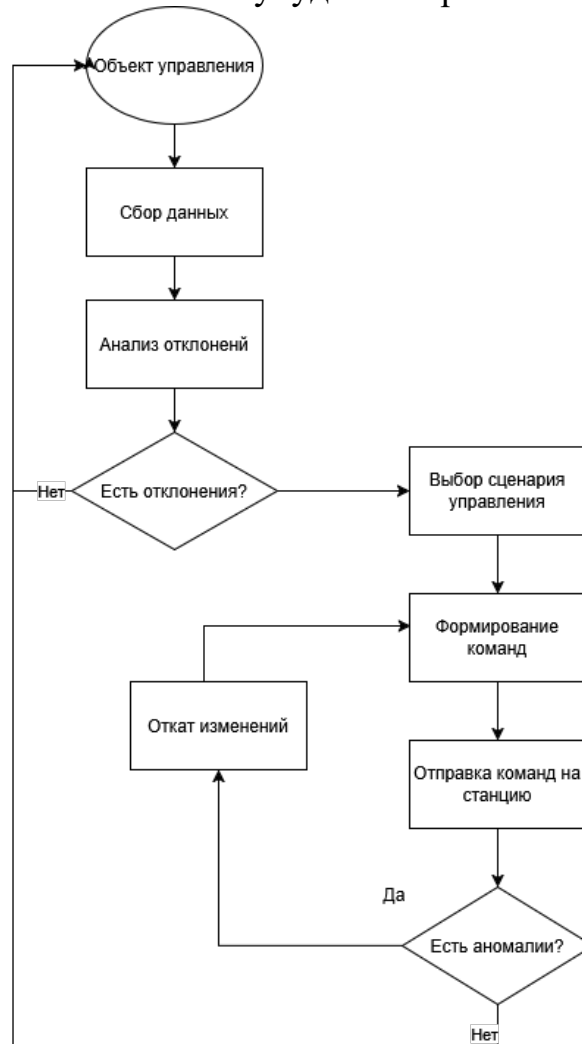


Рисунок 2 — Алгоритм принятия решений управляющего устройства

В реальных условиях эксплуатации могут быть случаи, когда данные от части станций недоступны (потеря связи, отказ датчиков). Для надежной работы предусмотрены следующие механизмы:

- при потере сигнала от отдельной станции используются исторические данные и показания соседних станций для оценки её состояния.
- при потере связи с центром станции переходят в автономный режим.

Выводы

В статье представлены подходы к построению автоматизированной системы управления качеством работы передающих станций в сетях подвижной радиосвязи.

Предложенная архитектура АСУ предусматривает разделение на: сбор, обработку информации и выработки управляющих воздействий. Практическая реализация описываемых принципов позволит повысить надёжность сети, снизить количество аварийных отказов и оптимизировать энергопотребление за счёт превентивной адаптации характеристик.

Дальнейшие исследования будут направлены на детальную разработку алгоритмов управления, программную реализацию данной архитектуры и проведение экспериментов для оценки эффективности системы в реальных условиях эксплуатации.

Перечень ссылок

1. Сопубеков, Н. А. Планирование и оптимизация сетей сотовой связи на основе геоинформационных технологий / Н. А. Сопубеков // Известия Ошского технологического университета. – 2024. – № 1. – С. 24-30. – EDN HRAFOM.
2. Дроздова, В. Г. Анализ и оптимизация ключевых показателей эффективности хэндоверов в мобильных сетях LTE / В. Г. Дроздова, Д. В. Завьялова // Вестник кибернетики. – 2017. – № 4(28). – С. 146-153. – EDN YOONUJ.
3. Дзюба, А. В. Оптимизация расположения базовых станций в гетерогенных сетях сотовой связи LTE / А. В. Дзюба // Вестник Донецкого национального университета. Серия Г: Технические науки. – 2020. – № 2. – С. 55-59. – EDN TUUUXM.
4. Скрынников В. Г. Радиоподсистемы UMTS/LTE. Теория и практика [Текст] / В. Г. Скрынников — Москва: Издательство “Спорт и культура — 2000”, 2012. — 864 с.
5. Жуков А. О. Системный анализ. Часть 1. Философско-методологические аспекты: Учебное пособие / МЧС России. М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2022. 168 с.

УДК 004.65:004.738.5

**ОРГАНИЗАЦИЯ ХРАНЕНИЯ И ПОИСКА
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СУБД В РАМКАХ ОСВОЕНИЯ ВЕБ-
ТЕХНОЛОГИЙ**

М. В. Федоров, Т. В. Завадская
ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ», г. Донецк

***Аннотация.** В работе рассматриваются архитектурные и логические аспекты организации хранения специализированной учебной литературы с использованием реляционных систем управления базами данных при изучении веб-технологий. Анализируются нормализация схемы данных, типы связей между сущностями, особенности индексирования для полнотекстового поиска, а также ограничения, связанные с поддержкой метаданных и версионностью изданий.*

***Annotation.** The paper examines architectural and logical aspects of organizing specialized educational literature storage using relational database management systems in the study of web technologies. It analyzes schema normalization, relationship types between entities, indexing features for full-text search, as well as constraints related to metadata maintenance and edition versioning.*

***Ключевые слова:** базы данных, реляционная модель, нормализация, индексирование, полнотекстовый поиск, метаданные, веб-технологии, электронный каталог, целостность данных.*

***Keywords:** databases, relational model, normalization, indexing, full-text search, metadata, web technologies, electronic catalog, data integrity.*

В процессе освоения дисциплин, связанных с веб-технологиями, формируется потребность в систематизированном доступе к специализированной литературе. Учебные материалы охватывают широкий спектр тем: язык разметки HTML, каскадные таблицы стилей, клиентские сценарии на языке JavaScript, серверные платформы, системы управления базами данных, а также вопросы безопасности веб-приложений. Объем источников, включая учебные пособия, справочные издания, нормативную документацию и научные статьи, может достигать нескольких сотен наименований. Традиционные способы хранения в виде статичных файловых каталогов или табличных списков не обеспечивают достаточной

гибкости поиска, не поддерживают сложные запросы по множеству критериев и не гарантируют актуальности данных при обновлении литературного фонда [1].

Использование систем управления базами данных (СУБД) позволяет преодолеть указанные ограничения. В рамках реляционной модели хранение информации об источниках организуется в виде набора нормализованных таблиц. Выделяются следующие основные сущности: «Издания» (уникальный идентификатор, название, год публикации, тип издания), «Авторы» (идентификатор, фамилия, инициалы), «Тематические разделы курса» (идентификатор, название раздела, порядковый номер), «Ключевые слова» (идентификатор, термин), «Типы материалов» (учебник, справочник, статья, методические указания). Связи между сущностями реализуются через внешние ключи. Отношение «многие ко многим» между изданиями и авторами, а также между изданиями и тематическими разделами разрешается введением промежуточных таблиц.

Процесс проектирования такой схемы требует выполнения нормализации. В первой нормальной форме устраняются повторяющиеся группы – например, список авторов выносится в отдельную таблицу. Во второй нормальной форме исключаются частичные зависимости неключевых атрибутов от составного первичного ключа. Третья нормальная форма устраняет транзитивные зависимости, когда неключевой атрибут зависит от другого неключевого атрибута. Практика показывает, что для учебного каталога литературы достаточна третья нормальная форма, так как дальнейшая нормализация (нормальная форма Бойса – Кодда) избыточно усложняет схему без значимого выигрыша в производительности запросов.

Важным нюансом является поддержка версионности изданий. Одна и та же книга может выходить в нескольких редакциях, различающихся годом публикации, объёмом и структурой глав. При этом библиографическое описание этих редакций частично совпадает (название, основной состав авторов). В схеме данных это реализуется выделением сущности «Произведение» (абстрактный литературный объект) и сущности «Издание» (конкретная реализация с годом, ISBN, количеством страниц). Такое разделение позволяет группировать связанные издания и при поиске показывать пользователю наиболее свежую версию.

Поиск информации в спроектированной базе данных осуществляется с помощью языка структурированных запросов SQL. Типовые запросы включают выборку всех изданий по определённому

тематическому разделу, поиск источников заданного типа (например, только учебные пособия) за последние пять лет, отбор изданий конкретного автора с сортировкой по году публикации. Однако функциональности простых условий WHERE недостаточно для полноценной работы с литературой. Необходим полнотекстовый поиск по названиям, аннотациям и ключевым словам. В большинстве реляционных СУБД (PostgreSQL, MySQL) для этого реализованы механизмы полнотекстового индексирования с морфологической поддержкой русского языка. Индексы типа GIN (Generalized Inverted Index) позволяют выполнять поиск по словам и фразам с учётом словоформ без значительной потери производительности при увеличении объёма данных [2].

Другим техническим нюансом является выбор подходящего типа данных для хранения объёмных полей – аннотаций или фрагментов текста. Использование типа TEXT (в PostgreSQL) или LONGTEXT (в MySQL) предпочтительнее, чем VARCHAR с фиксированной длиной, так как литературные источники имеют вариативный объём описания. При этом поля TEXT не должны индексироваться полностью; полнотекстовый индекс строится отдельно.

Целостность данных обеспечивается на нескольких уровнях. Декларативная целостность реализуется через первичные ключи (уникальность каждой записи), внешние ключи (ссылочная целостность – невозможность добавить издание с несуществующим идентификатором автора), а также ограничения CHECK (например, год издания не может быть больше текущего года плюс один). Транзакционная целостность гарантирует, что операции добавления или обновления данных выполняются атомарно: при сбое между добавлением автора и привязкой его к изданию не возникает частично сохранённых данных.

В контексте освоения веб-технологий база данных литературного каталога выполняет не только утилитарную функцию хранения и поиска, но и дидактическую. Студенты на практических примерах изучают проектирование реляционных схем, составление SQL-запросов различной сложности (включая соединения таблиц, группировки и подзапросы), а также реализацию поисковых функций в веб-приложении. Например, задача реализации динамической фильтрации источников по уровню сложности с одновременным отбором по году публикации требует понимания логических операторов и построения параметризованных запросов, что непосредственно относится к профессиональным компетенциям веб-

разработчика [3].

Ограничения предложенного подхода связаны с необходимостью регулярного администрирования базы данных. Добавление новых литературных источников требует ввода данных в несколько связанных таблиц, что повышает порог входа для сотрудников, отвечающих за наполнение каталога. Для снижения трудоёмкости разрабатываются веб-интерфейсы с формами, автоматически проверяющими существование автора или тематического раздела перед добавлением. Другим ограничением является производительность полнотекстового поиска при объёме записей более ста тысяч, однако в рамках учебного заведения количество литературных источников редко превышает десять тысяч, что не создаёт критических нагрузок на оборудование [4].

Альтернативой реляционным СУБД рассматриваются документоориентированные базы данных (MongoDB, CouchDB), которые позволяют хранить метаданные об источниках в формате JSON без жёсткой схемы. Такой подход упрощает добавление новых полей (например, ссылки на электронный ресурс или рейтинг полезности), но затрудняет выполнение сложных запросов с соединениями и проверку ссылочной целостности. Кроме того, документные базы данных реже используются в учебных программах по веб-технологиям, в то время как реляционные СУБД входят в обязательную часть курса.

Поддержка актуальности данных реализуется через механизмы триггеров и хранимых процедур. Триггер на обновление может автоматически проставлять текущую дату модификации записи. Хранимая процедура может проверять, не появилось ли новое издание у уже существующего автора, и при необходимости объединять дублирующиеся записи об авторе. Такие элементы относятся к продвинутому тематическому курсу баз данных и могут быть предложены магистрантам в качестве дополнительных исследовательских заданий.

Применительно к техническому университету специализированная литература может включать не только общие веб-технологические издания, но и материалы по промышленной информатике, автоматизации производства и геоинформационным системам. В таком случае в схеме базы данных появляются дополнительные классификаторы: отраслевая принадлежность, уровень безопасности, совместимость с промышленными протоколами обмена данными. Расширение схемы должно выполняться без разрушения существующих связей, что достигается использованием техники расширения (добавление новых таблиц и

внешних ключей вместо изменения существующих).

Таким образом, организация хранения и поиска специализированной литературы с использованием реляционных СУБД является структурированным и масштабируемым решением. Проектирование нормализованной схемы, применение полнотекстового индексирования, обеспечение целостности данных на уровне СУБД и интеграция с веб-интерфейсом создают предпосылки для эффективного доступа к учебным материалам при изучении веб-технологий. Выявленные нюансы – поддержка версионности, выбор между реляционной и документной моделями, администрирование ввода данных – требуют учёта на этапе проектирования и определяют долгосрочную устойчивость системы.

Перечень ссылок

1. Петров, В. Н. Веб-разработка: основы и современные технологии / В. Н. Петров // СПб.: БХВ-Петербург – 2019 – 760 с.
2. Бердиева, О. Основы информатики и информационных технологий / О Бердиева, Д. Байджанова, А. Бабаева // Символ науки – 2023 – № 12 (2) – С. 36-38.
3. Булахов, Н. Р. Основы реляционных баз данных/ Н.Р. Булахов // Вестник науки и образования – 2019 – №. 22-2 (76) – С. 13-16.
4. Колисниченко, Д. В. PHP и MySQL. Разработка Web-приложений / Д. В. Колисниченко// СПб: ХВ-Петербург – 2015 – 593 с.

ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК УЧЕБНОГО ОБОРУДОВАНИЯ КАК СТРУКТУРНЫЙ ЭЛЕМЕНТ ВИРТУАЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРИИ

Б. А. Филь

ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»,
г. Донецк, ДНР

Аннотация. Рассматривается цифровой двойник учебного оборудования как элемент виртуальной лаборатории в инженерном образовании. Показана его роль в моделировании технических процессов и практико-ориентированном обучении. Описаны функции цифрового двойника, связанные с визуализацией и тестированием инженерных решений. Обоснована значимость интеграции виртуальных моделей в техническое образование.

Annotation. The article examines the digital twin of educational equipment as an element of a virtual laboratory in engineering education. Its role in modeling technical processes and supporting practice-oriented learning is shown. The functions of the digital twin related to visualization and testing of engineering solutions are described. The importance of integrating virtual models into the educational infrastructure of technical training areas is substantiated.

Ключевые слова: цифровой двойник, виртуальная лаборатория, инженерное образование, учебное оборудование.

Keywords: digital twin, virtual laboratory, engineering education, educational equipment.

Введение

Цифровой двойник как концепция стремительно выходит за рамки промышленности и становится значимым инструментом в образовании. Под цифровым двойником понимают виртуальную модель реального объекта, отражающую его структуру, поведение и динамику работы. В образовательной среде такая модель позволяет воспроизводить функциональные характеристики оборудования, обеспечивая безопасное и доступное пространство для экспериментов. Актуальность темы обусловлена ростом интереса к виртуальным лабораториям, которые становятся частью современной цифровой инфраструктуры учебных заведений и позволяют расширять возможности инженерной подготовки.

В условиях перехода к гибридным форматам обучения и

необходимости формирования практических навыков у учащихся возникает задача создания таких цифровых инструментов, которые не только имитируют работу оборудования, но и органично встраиваются в учебный процесс. Цель статьи – рассмотреть цифровой двойник учебного оборудования как структурный элемент виртуальной лаборатории, определить его педагогическую ценность и показать, как он может быть использован для повышения эффективности инженерного образования.

Цифровой двойник как структурный элемент виртуальной лаборатории

Цифровой двойник в образовательной среде представляет собой не просто виртуальную копию оборудования, а функциональную модель, способную воспроизводить ключевые характеристики реального устройства. В виртуальной лаборатории он становится самостоятельным элементом архитектуры, обеспечивая взаимодействие обучающегося с цифровой средой так же осмысленно, как и при работе с физическим оборудованием. Такая модель позволяет изучать принципы работы сложных технических систем, не ограничиваясь доступностью материальной базы или рисками, связанными с эксплуатацией реальных устройств.

Роль цифрового двойника в виртуальной лаборатории проявляется в нескольких аспектах. Он формирует основу для моделирования инженерных процессов, обеспечивает возможность многократного повторения экспериментов и позволяет варьировать условия выполнения задания. Благодаря этому учащийся получает доступ к расширенному спектру практических ситуаций, которые трудно или невозможно воспроизвести в реальной лаборатории. Цифровой двойник становится связующим звеном между теоретическими знаниями и практическими навыками, создавая пространство для безопасного исследования, проб и ошибок.

Педагогическая ценность цифрового двойника заключается в том, что он поддерживает активные формы обучения. Виртуальная лаборатория с цифровыми моделями оборудования способствует развитию инженерного мышления, формированию навыков анализа, проектирования и принятия решений. Обучающийся может наблюдать последствия своих действий, корректировать параметры, сравнивать результаты и постепенно выстраивать собственную траекторию освоения материала. Такой подход усиливает мотивацию и делает процесс обучения более гибким.

Для систематизации ключевых преимуществ цифрового двойника в виртуальной лаборатории можно выделить несколько значимых функций:

- **моделирование процессов** – воспроизведение поведения оборудования в различных условиях, включая нештатные ситуации;
- **безопасная среда** – исключение рисков, связанных с ошибками при работе с реальными устройствами;
- **доступность экспериментов** – возможность проводить занятия независимо от наличия физического оборудования;
- **вариативность сценариев** – настройка параметров, режимов работы и условий выполнения задания;
- **поддержка самостоятельного обучения** – предоставление инструментов для индивидуальной практики и анализа результатов.

Сценарии использования цифрового двойника в виртуальной лаборатории охватывают широкий спектр учебных задач. Он может применяться для демонстрации принципов работы оборудования, выполнения лабораторных работ, проектирования и тестирования инженерных решений. Важным направлением становится подготовка к работе с реальными устройствами: освоив цифровую модель, обучающийся легче переходит к физическому оборудованию, поскольку уже понимает логику его функционирования. Таким образом, цифровой двойник становится не только инструментом визуализации, но и полноценным элементом образовательной инфраструктуры, поддерживающим развитие практических компетенций. [1]

Пример. Цифровой двойник учебного конструктора «СТЕМ Мастерская»

«СТЕМ Мастерская. Экспертный набор» (производитель – ООО «Прикладная робототехника») представляет собой инженерный конструктор, ориентированный на изучение робототехнических систем, промышленных манипуляторов и мобильных платформ. Его структура включает сервомодули с встроенным управлением, элементы для сборки механических узлов, датчики, контроллеры и компоненты для прототипирования. Такой набор позволяет моделировать реальные производственные процессы и знакомит обучающихся с принципами современной автоматизации. Благодаря этому он становится удобной основой для создания цифрового двойника, который может быть интегрирован в виртуальную лабораторию.

Цифровой двойник данного конструктора представляет собой виртуальную модель, отражающую кинематическую структуру

манипуляторов, параметры сервоприводов, динамику движения и логику взаимодействия элементов. В цифровой среде обучающийся получает возможность собирать виртуальные конструкции, изменять конфигурации, тестировать алгоритмы управления и наблюдать поведение системы в реальном времени. Такой подход позволяет изучать сложные инженерные зависимости, не ограничиваясь физическими ресурсами и временем работы оборудования.

Важным элементом цифрового двойника является система визуализации, которая демонстрирует движение звеньев манипулятора, работу приводов и реакцию системы на управляющие воздействия. Виртуальная модель может включать отображение траекторий, анализ нагрузки, контроль точности позиционирования. Это делает цифровой двойник не только средством имитации, но и инструментом анализа, позволяющим глубже понять принципы функционирования робототехнических систем. [2]

Ниже приведена блок-схема, отражающая взаимодействие реального оборудования и его цифрового двойника. Она демонстрирует двусторонний обмен данными, включающий передачу управляющих сигналов, получение телеметрии и синхронизацию состояния. Такая схема помогает представить цифровой двойник как часть единой образовательной инфраструктуры, в которой виртуальная и физическая среда дополняют друг друга.

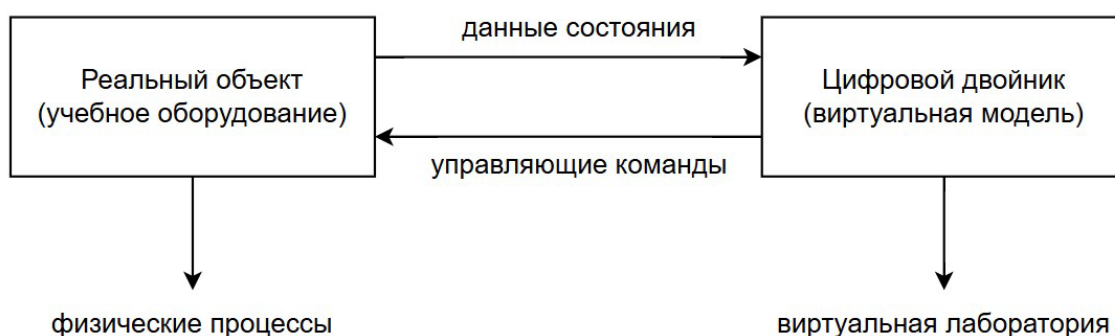


Рисунок 1 - Схема «Реальный объект — Цифровой двойник»

Заключение

Цифровой двойник учебного оборудования становится значимым элементом современной образовательной среды, позволяя объединить теоретическую подготовку и практическое освоение инженерных навыков. Его использование в составе виртуальной лаборатории расширяет возможности обучения, делая его более гибким, доступным и безопасным. Виртуальная модель оборудования обеспечивает глубокое понимание принципов работы технических систем, поддерживает развитие аналитического мышления и способствует формированию компетенций, востребованных в инженерных и технологических областях.

Пример цифрового двойника конструктора «СТЕМ Мастерская» показывает, что виртуализация сложных робототехнических систем позволяет обучающимся работать с многофункциональными моделями, исследовать различные конфигурации и тестировать алгоритмы управления. Такой подход усиливает образовательный эффект и делает процесс освоения инженерных дисциплин более наглядным и результативным.

Перспективы развития цифровых двойников в образовании связаны с интеграцией технологий дополненной и виртуальной реальности, расширением возможностей удалённых лабораторий и созданием адаптивных тренажёров. В дальнейшем цифровые двойники могут стать основой для персонализированных образовательных траекторий, где виртуальная среда будет подстраиваться под уровень подготовки обучающегося и его индивидуальные цели. Таким образом, цифровой двойник выступает не только технологическим инструментом, но и важным компонентом будущей образовательной экосистемы.

Перечень ссылок

1. Разработка цифрового двойника учебного лабораторного комплекса / М. Г. Баширов, М. Ф. Шван, Э. И. Ахметшина, А. Ф. Хакимов // *Components of Scientific and Technological Progress*. – 2023. – № 6(84). – С. 138-141.
2. Перухин, М. Ю. Цифровой двойник лаборатории систем управления химико-технологическими процессами / М. Ю. Перухин, М. Ю. Васильева, Г. К. Кадырова // *Современные наукоемкие технологии*. – 2021. – № 6-1. – С. 84-90.

УДК 004.738.5:338.46:332.1

МЕХАНИЗМ ДОВЕРИТЕЛЬНОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ СДЕЛОК НА ЛОКАЛЬНОЙ ЦИФРОВОЙ ПЛАТФОРМЕ БЕЗДЕНЕЖНОГО ОБМЕНА

З. И. Шайдуллина

Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А. Н. Туполева–КАИ,
г. Казань, Республика Татарстан

***Аннотация.** В статье рассматривается проблема доверия на локальных цифровых платформах безденежного обмена вещами, навыками и услугами. Предложен механизм доверительного сопровождения сделки: уточнение условий обмена до контакта пользователей, ситуационная репутация, подтверждение выполнения договорённостей и мягкое разрешение конфликтов. Научная новизна состоит в переходе от статической оценки пользователя к сопровождению конкретной обменной ситуации.*

***Annotation.** The article examines the problem of trust on local digital platforms for non-monetary exchange of goods, skills and services. A mechanism of trust-based transaction support is proposed: clarification of exchange conditions before contact, situational reputation, confirmation of fulfilled agreements and soft conflict resolution. The scientific novelty lies in the transition from static user assessment to support of a specific exchange situation.*

***Ключевые слова:** цифровая платформа, безденежный обмен, доверие, экономика участия, локальное сообщество, репутация, устойчивое развитие.*

***Keywords:** digital platform, non-monetary exchange, trust, participation economy, local community, reputation, sustainable development.*

Цифровые платформы всё чаще становятся не только местом продажи товаров и услуг, но и средой для обмена ресурсами, навыками и опытом. Особенно заметно это в локальных сообществах, где у людей есть потребность не просто покупать новое, а разумно использовать уже имеющиеся вещи: инструменты, книги, бытовую технику, учебные материалы, свободное время. Такой подход близок к экономике совместного потребления, где ценность создаётся не через владение ресурсом, а через доступ к нему и участие других людей [1].

На первый взгляд платформа безденежного обмена кажется простой: каталог объявлений, сообщения, кнопка отклика. Но главная

проблема появляется не в интерфейсе, а в доверии. Пользователь должен понимать, что вещь находится в заявленном состоянии, встреча состоится, услуга будет оказана, а другая сторона не исчезнет после договорённости. Если этого доверия нет, сервис быстро превращается в обычную доску объявлений, где люди смотрят предложения, сомневаются и редко возвращаются.

В коммерческих сервисах неопределённость частично снимается ценой, оплатой, договором, гарантией или возвратом средств. В безденежном обмене эти опоры слабее. Здесь нет денежного эквивалента, который помогает оценить справедливость сделки. Один участник может считать равноценным обмен детской коляски на помощь с ремонтом компьютера, другой — нет. Для одних важнее состояние вещи, для других — расстояние до места встречи, скорость ответа или манера общения. Поэтому доверие нельзя свести к обычному рейтингу пользователя.

Большинство цифровых сервисов используют простую репутационную модель: после сделки участник получает отзыв, оценку или количество звёзд. Такой подход понятен, но для локального обмена он слишком грубый. Высокий рейтинг не показывает, насколько точно человек описывает состояние вещей. Хорошие отзывы за передачу книг не говорят о том, что ему можно доверить сложную услугу. Да и общий балл редко объясняет, что именно было положительным: пунктуальность, качество помощи, честность описания или просто быстрый ответ в чате.

Отсюда возникает задача разработки более гибкого механизма доверия. Он должен учитывать не пользователя «вообще», а конкретную обменную ситуацию. Это особенно важно для региональных цифровых платформ, где безденежный обмен может поддерживать локальную взаимопомощь и рациональное использование ресурсов. Исследования цифровых платформ долевой экономики показывают, что такие сервисы отличаются от обычных рынков и требуют особых способов регулирования взаимодействий [2].

Целью статьи является разработка механизма доверительного сопровождения сделок на локальной цифровой платформе безденежного обмена.

Научная новизна исследования заключается в том, что доверие предлагается рассматривать не как постоянную характеристику пользователя, выраженную в общем рейтинге, а как управляемое состояние конкретной сделки. Платформа в этом случае не просто хранит отзывы, а помогает заранее уточнить условия обмена,

зафиксировать важные договорённости, учесть прежний опыт участника и снизить риск конфликта. Репутация становится не итоговой отметкой, а частью процесса взаимодействия.

Основой предлагаемого механизма является карточка обмена. Она должна содержать не только описание вещи или услуги, но и условия, которые чаще всего вызывают недопонимание. Для вещи это степень износа, дефекты, комплектность, возможность проверки, место передачи. Для услуги — ожидаемый результат, объём работы, сроки, формат общения и ограничения.

При этом карточка не должна быть длинной анкетой. Это скорее отпугнёт пользователя. Лучше использовать короткие подсказки, зависящие от категории обмена. Если человек отдаёт бытовую технику, система предлагает уточнить работоспособность и комплектность. Если пользователь предлагает помощь с настройкой программы, платформа просит описать проблему простыми словами и указать, нужна ли личная встреча. Описание становится точнее, а почвы для конфликта меньше.

Второй элемент механизма — ситуационная репутация. Она не смешивает все действия пользователя в одну оценку. Участник может быть надёжен при передаче вещей, но не иметь опыта оказания услуг. Поэтому в профиле полезно показывать не только общий рейтинг, но и контекст: завершённые обмены по категориям, подтверждённые встречи, аккуратность описаний, частоту отмен, наличие решённых споров. Такой подход делает репутацию более честной и понятной.

Важно, чтобы платформа не превращалась в систему тотального контроля. Для локального сообщества нужна спокойная атмосфера, а не подозрительность. Поэтому даже язык интерфейса имеет значение. Вместо жёстких меток вроде «ненадёжный пользователь» лучше использовать нейтральные формулировки: «мало подтверждённых обменов», «были отмены встреч», «описания требуют уточнения». Это не клеймит человека и оставляет ему возможность восстановить репутацию.

Третий элемент — подтверждение завершения обмена. Обычная оценка часто бывает эмоциональной. Один пользователь недоволен старой вещью, хотя её состояние было указано. Другой снижает балл из-за неудобного времени встречи, хотя договорённость выполнена. Поэтому обратная связь должна быть не только оценочной, но и фактической. Платформа может предложить участникам подтвердить, состоялась ли передача, совпало ли описание с реальным состоянием, были ли выполнены условия и потребовалась ли помощь модератора.

Четвёртый элемент — мягкое разрешение конфликтов. В

безденежном обмене спор часто возникает не из-за обмана, а из-за разных ожиданий. Один пользователь думал, что консультация займёт десять минут, другой рассчитывал на полноценную помощь. Один считал вещь «в нормальном состоянии», другой ожидал почти новую. Если платформа реагирует только блокировками, она теряет участников и не решает проблему. Более разумный путь — вернуть стороны к карточке обмена, отметить расхождения и предложить способ завершить ситуацию без взаимных обвинений.

В спорных случаях может подключаться локальный модератор или представитель сообщества. Это особенно полезно там, где обмен происходит внутри района, учебного заведения, предприятия или профессиональной группы. Такой модератор лучше понимает контекст, чем анонимная служба поддержки крупного сервиса. Его задача — не наказать, а помочь восстановить нормальное взаимодействие, если это ещё возможно.

Практическая ценность механизма состоит в том, что он повышает устойчивость платформы. Пользователи чаще возвращаются туда, где меньше неопределённости и неприятных сюрпризов. Для безденежного обмена это особенно важно: развитие сервиса зависит не столько от рекламы, сколько от плотности локального сообщества. Чем больше удачных обменов происходит внутри группы, тем выше вероятность, что люди будут приглашать знакомых и снова пользоваться платформой.

Предложенный подход может применяться при разработке сервисов для обмена вещами, навыками и услугами между жителями города или региона. При передаче инструмента платформа может уточнять состояние, правила использования и условия возврата. При обмене услугой — формат, ожидаемый результат и ограничения. В обоих случаях доверие формируется не после конфликта, а до него.

Теоретической основой механизма выступают исследования экономики совместного потребления, цифрового доверия и цифровой репутации. В научной литературе доверие рассматривается как одно из ключевых условий развития совместного потребления [3]. Правовые исследования цифровой репутации показывают, что сведения о поведении участника в цифровой среде влияют на его дальнейшие возможности вступать во взаимодействие [4]. Поэтому платформа не должна превращать единичную ошибку в постоянный ярлык.

Доверие в локальном безденежном обмене нельзя полностью автоматизировать, потому что оно связано с живыми договорённостями. Но его можно поддержать цифровыми средствами:

подсказками, прозрачной историей взаимодействий, бережной модерацией и фиксацией условий. В этом и состоит отличие предлагаемого механизма от обычного рейтинга: он не только показывает прошлое поведение, но и помогает участникам договориться лучше в конкретной ситуации.

При внедрении механизма важно учитывать риски. Сбор сведений о поведении пользователей может восприниматься как лишнее наблюдение. Поэтому платформа должна запрашивать только ту информацию, которая нужна для безопасности обмена. Пользователю важно понимать, зачем требуется каждое уточнение. Также должна сохраняться возможность исправить репутацию: одна отменённая встреча не должна навсегда снижать доверие к человеку.

Выводы

В статье рассмотрена проблема доверия на локальных цифровых платформах безденежного обмена. Показано, что традиционная модель рейтингов не полностью отражает специфику обмена вещами, навыками и услугами, поскольку не учитывает контекст конкретной договорённости.

Предложен механизм доверительного сопровождения сделки, включающий уточнение условий обмена, ситуационную репутацию, фактическое подтверждение договорённостей и мягкое разрешение конфликтов. Научная новизна заключается в переходе от оценки пользователя как постоянного объекта к сопровождению конкретной ситуации обмена.

Практическое применение подхода может повысить устойчивость локальных цифровых платформ, снизить барьеры участия для новых пользователей и создать более безопасную среду для развития экономики участия.

Перечень ссылок

1. Османова З.О. Экономика совместного потребления: особенности, структура и тенденции развития // Научный вестник: финансы, банки, инвестиции. 2020. № 3 (52). С. 176–184.
2. Попов Е.В., Веретенникова А.Ю. Типология цифровых платформ долевой экономики // Terra Economicus. 2022. Т. 20. № 4. С. 45–58.
3. Горошкина Е.И. Вопросы доверия в экономике совместного потребления // Экономика и бизнес: теория и практика. 2024. № 5-1(111). С. 111–114.
4. Аюшеева И.З., Сойфер Т.В. К вопросу о правовой сущности цифровой репутации в сфере sharing economy // Вестник Университета имени О.Е. Кутафина (МГЮА). 2021. № 11 (87). С. 115–125.

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ СХЕМА ОБЪЕДИНЕНИЯ
ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ ОДИНАКОВЫХ СОСТОЯНИЙ
СИСТЕМЫ БЕЗ ПОТЕРИ УПРАВЛЯЮЩЕЙ ИНФОРМАЦИИ**

Е. И. Шарибченко

ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»,
г. Донецк, ДНР

Аннотация. Рассматривается проблема избыточности хранимых данных в системах управления, возникающая при регистрации длительных периодов неизменности вектора состояния. Предлагается математическая схема сжатия, основанная на выделении максимальных интервалов, на протяжении которых все компоненты вектора состояния остаются неизменными. Обсуждаются условия применимости схемы и даются оценки эффективности сжатия.

Abstract. The problem of stored data redundancy in control systems that occurs when long periods of invariance of the state vector are recorded is considered. A mathematical compression scheme based on extracting maximal intervals during which all components of the state vector remain unchanged is proposed. The applicability conditions of the scheme are discussed and estimates of the compression efficiency are given.

Ключевые слова: хранение данных, системы управления, избыточность, интервальное представление, сжатие информации, временные ряды, векторы состояния.

Keywords: data storage, control systems, redundancy, interval representation, data compression, time series, state vectors.

Введение

В современных системах управления и обработки информации задача долговременного хранения данных о состоянии управляемого объекта и формируемых управляющих воздействиях приобретает особую значимость. Это обусловлено как потребностями последующего анализа динамики системы и диагностики отклонений, так и требованиями нормативных документов к архивации параметров технологических процессов [1]. Особенно остро эта проблема стоит для встраиваемых систем управления с ограниченными ресурсами памяти, а также для систем сбора телеметрии, функционирующих в течение длительных периодов автономной работы.

Постановка проблемы

Типичная последовательность регистрируемых данных представляет собой временной ряд, элементы которого включают вектор состояния системы (значения контролируемых параметров) и соответствующие моменты времени фиксации. Эмпирический анализ функционирования систем автоматического регулирования, промышленных контроллеров и бортовых вычислителей показывает, что значительная доля последовательных отсчётов может иметь идентичные значения [2]. Данное явление характерно для установившихся режимов работы, пауз между циклами управления, а также для систем, работающих по принципу «запретных зон» (гистерезиса), где изменение управляющего сигнала происходит только при выходе регулируемой величины за заданные пределы.

Прямое хранение каждого отсчёта в хронологическом порядке приводит к формированию избыточных записей, не несущих новой информации о поведении системы. Это создаёт следующие проблемы: нерациональное расходование ограниченного ресурса памяти; увеличение времени доступа к данным при последующем анализе; снижение максимально возможной длительности сохраняемой истории функционирования. Таким образом, возникает научно-практическая задача разработки математической схемы, позволяющей выявлять последовательности одинаковых состояний и представлять их в компактной форме с сохранением всей управляющей информации, включая временные характеристики изменений.

Материалы и методы

В формальной постановке рассматривается дискретная динамическая система, функционирование которой описывается последовательностью упорядоченных по времени пар, где каждая пара связывает момент времени с вектором состояния. Компоненты вектора состояния включают как измеряемые переменные объекта (координаты, скорости, температуры, давления, токи и напряжения), так и формируемые управляющие сигналы. Такой выбор обеспечивает возможность последующего анализа как динамики объекта, так и логики работы регулятора.

Определяется отношение эквивалентности между двумя отсчётами как совпадение всех компонент соответствующих векторов состояния. Для некоторой непрерывной группы индексов условие равенства всех последовательных векторов состояния задаёт максимальный интервал неизменности. Границами такого интервала служат первый и последний индексы группы, причём непосредственно перед началом интервала (если он не является самым

первым) и сразу после его окончания (если он не является последним) состояние обязательно отличается.

Каждому такому максимальному интервалу ставится в соответствие тройка параметров: момент начала интервала, момент окончания интервала и значение состояния на всём протяжении интервала. Преобразование, переводящее исходную последовательность во множество указанных троек, называется схемой объединения [3]. Обратное преобразование восстанавливает все отсчёты на интервале с фиксацией моментов времени, определяемых исходной дискретизацией.

Результаты

Ключевым свойством предложенного преобразования является его обратимость в смысле сохранения управляющей информации. Под управляющей информацией понимается совокупность всех событий изменения любой компоненты вектора состояния вместе с точными моментами времени, когда эти изменения происходят. Поскольку границы интервалов в точности соответствуют моментам изменений (внутри интервала ни одна компонента состояния не меняется), полное множество моментов переключений сохраняется. Периоды между переключениями, в течение которых система находится в неизменном состоянии, записываются однократно, что и обеспечивает снижение избыточности. Никакая информация о последовательности или временных характеристиках изменений не утрачивается.

Важным аспектом является обработка ситуации, когда на некотором интервале фиксируется только один отсчёт. В этом случае тройка параметров описывает состояние нулевой длительности или мгновенное изменение. Такое представление избыточности не снижает, но и не вносит искажений. В системах с высокой частотой изменений относительно частоты дискретизации доля таких одиночных интервалов может быть существенной, и общий выигрыш от сжатия определяется соотношением числа длительных интервалов неизменности к числу коротких интервалов.

Для количественной оценки эффективности используется коэффициент сжатия, определяемый как отношение числа исходных отсчётов к числу полученных интервалов. Поскольку интервалов всегда не больше, чем отсчётов, коэффициент сжатия всегда не меньше единицы. Наибольшее возможное значение достигается в случае, когда вся последовательность состоит из одного неизменного состояния, и тогда коэффициент сжатия равен числу исходных отсчётов [4]. На практике коэффициент сжатия определяется характером управляемого процесса. Для систем с длительными

установившимися режимами выигрыш может составлять от десяти до ста и более раз. Для систем с хаотической или высокочастотной динамикой сжатия практически не происходит.

Предлагаемая схема естественным образом поддерживает работу с неравномерной дискретизацией. В отличие от методов, требующих постоянного шага квантования по времени, здесь моменты времени могут быть произвольными и определяться алгоритмом опроса датчиков или событийной моделью сбора данных. При восстановлении последовательности может быть выбран любой шаг дискретизации, не превышающий длительности интервала неизменности, что даёт дополнительную гибкость при решении задач последующего анализа, например, при синхронизации разнородных потоков данных или при построении графических представлений.

Обсуждение

Дополнительным достоинством схемы является её устойчивость к шумам и погрешностям измерений при введении понятия практического равенства состояний. В реальных цифровых системах значения переменных хранятся с конечной разрядностью, поэтому для целочисленных и логических переменных сравнение является точным. Для непрерывных величин, преобразованных в цифровую форму, целесообразно задать допустимый порог отличия, в пределах которого состояния считаются практически одинаковыми. Выбор такого порога должен основываться на требуемой точности восстановления и допустимой погрешности при последующем вычислении производных или интегральных характеристик.

Ограничением схемы является её низкая эффективность для систем, в которых состояние изменяется на каждом шаге дискретизации. В этом случае каждый отсчёт становится отдельным интервалом единичной длительности, и коэффициент сжатия равен единице. При переменном шаге дискретизации может потребоваться хранение двух моментов времени (начала и конца) для каждого интервала, что даёт незначительное увеличение объёма данных по сравнению с хранением только одного момента времени на отсчёт в исходной последовательности. Однако на практике режимы с частыми изменениями обычно чередуются с режимами стабилизации, и интегральный выигрыш оказывается положительным для широкого класса прикладных задач.

Области применения предложенной схемы включают системы промышленной автоматизации, где технологические процессы характеризуются длительными периодами поддержания заданных параметров; системы сбора телеметрии с малой частотой изменений

при высокой частоте опроса; бортовые регистраторы летательных аппаратов и наземных транспортных средств; а также хранилища данных SCADA-систем, в которых архивация больших объемов избыточной информации является критической проблемой.

Перспективными направлениями дальнейших исследований являются адаптивное определение порога практического равенства на основе статистических характеристик сигнала, комбинирование интервального представления с методами сжатия без потерь для медленно меняющихся величин, а также распространение схемы на частичную неизменность, когда одни компоненты вектора состояния могут изменяться независимо от других. Последнее позволяет строить иерархические интервальные представления с большей степенью сжатия.

Заключение

Предлагаемая математическая схема объединения последовательных одинаковых состояний предоставляет теоретически обоснованный и вычислительно эффективный способ снижения избыточности хранимых данных в системах управления. Преобразование является обратимым, сохраняет всю управляющую информацию, включая моменты переключений, и может быть реализовано с минимальными затратами вычислительных ресурсов, что делает его пригодным для использования во встроенных системах реального времени с ограниченной памятью.

Перечень ссылок

1. Дронов, А. Н. Алгоритмы сжатия данных в информационно-измерительных системах/ А.Н. Дронов, А.В. Левенец // Вестник Тихоокеанского государственного университета – 2022 – № 2 (65) – С. 15-22.
2. Быстров, С. В. Экспоненциальная устойчивость непрерывных динамических систем / С.В. Быстров, В.В. Григорьев, Е.Ю. Рабыш, Н.А. Черевко// Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики – 2011 – № 3 (73) –С. 44-47.
3. Михайлова, Е.В. Современные методы математического моделирования/ Е.В. Михайлова// Парадигма –2025 – № 6-1 – С. 98-102.
4. Иванова, Е.В. Обзор современных систем обработки временных рядов/ Е.В. Иванова, М.Л. Цымплер // Вестник ЮУрГУ. Серия: Вычислительная математика и информатика – 2020 – Т. 9 – № 4. – С. 79-97 – DOI: 10.14529/cmse200406.

УДК 65.011.56

**ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СЕТИ ТОРГОВЫХ
ПРЕДПРИЯТИЙ В ВИДЕ ПРОСТРАНСТВА МАТРИЦ ДЛЯ
ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ
РЕСУРСАМИ**

И. С. Шиленко, А. И. Секирин

ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»,
г. Донецк, ДНР

***Аннотация.** На основании анализа существующих систем управления логистических сетей и описывающих математических моделей предлагается разработка модели на основе матричных вычислений для оптимизации управления ресурсами логистической сети в условиях торговых предприятий.*

***Annotation.** Based on the analysis of existing logistics network management systems and descriptive mathematical models, the development of a model based on matrix calculations for optimizing the management of logistics network resources in retail environments is proposed.*

***Ключевые слова.** Логистическая сеть, матрица, поставщик, цепочка поставок.*

***Key words.** Logistics network, matrix, supplier, supply chain.*

Современные логистические сети торговых предприятий представляют собой сложные динамические системы, включающие взаимосвязанные материальные, транспортные, информационные, финансовые и человеческие ресурсы. Эффективность их функционирования определяется качеством управления ресурсами, скоростью обработки информации и способностью адаптироваться к изменениям внешней среды [1].

Анализ существующих систем управления показал, что наиболее распространёнными решениями являются ERP-, WMS-, TMS- и SCM-системы, обеспечивающие автоматизацию отдельных логистических процессов. Несмотря на высокую степень автоматизации, подобные решения характеризуются рядом ограничений: высокой стоимостью внедрения, сложностью интеграции и недостаточной гибкостью при работе в условиях изменяющегося спроса.

В то же время для описания и анализа логистических процессов

применяются различные математические модели: модели управления запасами, транспортные, сетевые, оптимизационные, вероятностные и имитационные модели [2]. Их использование позволяет решать задачи распределения ресурсов, маршрутизации перевозок, прогнозирования спроса и оценки эффективности логистических процессов. Однако большинство существующих моделей обладают ограниченной адаптивностью, высокой вычислительной сложностью, значительной зависимостью от качества исходных данных и не описывают всю систему целиком [3].

Представление логистической сети в виде набора матриц позволяет привести её параметры к числовым значениям и нормализовать их для дальнейшей цифровой обработки. Преимущество такого подхода заключается в его гибкости и возможностью подбора коэффициентов для достижения оптимальности, критерии которой можно регулировать в зависимости от обстоятельств. Общий вид матрицы логистической сети выглядит так:

$$L = \begin{pmatrix} l_0^1 & l_1^1 & l_2^1 & \dots & l_n^1 \\ l_0^2 & l_1^2 & l_2^2 & \dots & l_n^2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ l_0^k & l_1^k & l_2^k & \dots & l_n^k \end{pmatrix}$$

Где:

l_m^k – поставщик порядка n по товару k ;

l_0^k – нулевой поставщик по товару k .

Нулевой поставщик является точкой входа в систему и обозначает самого первого поставщика в цепи поставок, рассматриваемым в текущей сети. Это может быть завод-изготовитель, импортер или n -ный поставщик в существующей сети. Главным отличием его от других поставщиков ($n \in [1, n - 1]$) является отсутствие возможной связи с поставщиком до него. В реальных условиях это означает невозможность прямого заключения договора у поставщика на предыдущем шаге в полной схеме логистической сети. Это может быть связано с геополитической обстановкой, отсутствием соглашения в условиях и т.д., а также в случае, если нулевой поставщик является производителем данного вида товара.

Зачастую различные товары проходят различное количество шагов от выбранной начальной до конечной точки (место сбыта). Соответственно, длина их цепи может различаться. К примеру, в данной сети товар №1 проходит 5 шагов до конечной точки, а товар №2 – 3

шага:

$$L = \begin{pmatrix} l_0^1 & l_1^1 & l_2^1 & l_3^1 & l_4^1 \\ l_0^2 & l_1^2 & l_2^2 & & \end{pmatrix}$$

Условием существования матрицы является одинаковое количество строк и одинаковое количество столбцов. Поэтому, для приведения их к одному значению предлагается заполнять пустые ячейки определённым флагом (например, 0, -1 или буквенным знаком), который не учитывается в операциях, слева от первой записи в строке:

$$L = \begin{pmatrix} l_0^1 & l_1^1 & l_2^1 & l_3^1 & l_4^1 \\ \emptyset & \emptyset & l_0^2 & l_1^2 & l_2^2 \end{pmatrix}$$

В таком случае происходит выравнивание матрицы по крайнему правому столбцу (конечным точкам системы), что важно для его извлечения.

Такая операция решает ещё одну проблему. Зачастую информация о предыдущих поставщиках может отсутствовать, но она обязательно должна быть известна о конечном поставщике. Обработка параметров в данной модели осуществляется справа налево, от конечной точки до нулевого поставщика. Крайний правый столбец является наиболее информативно важным для обработки, т.к. в нём гарантированно содержатся конечные параметры системы.

Поставщик – единица логистической сети в данной модели и обладает определёнными параметрами. В зависимости от выбранной системы его параметры могут принимать разные значения. Общий вид поставщика с параметрами:

$$l_i \in L, \quad l_i = (t_i, c_i, v_i, r_i)$$

Где:

t_i – время от заказа от предыдущего поставщика до готовности к передачи следующему;

c_i – объём поставки;

v_i – стоимость единицы товара;

r_i – надёжность (отказоустойчивость) поставщика.

При необходимости, список параметров можно увеличивать или уменьшать, концентрируясь на наиболее важных параметрах для условий поставленной задачи.

Каждый введённый параметр формирует свою числовую матрицу. Таким образом, система с четырьмя параметрами состоит из четырёх субматриц L по каждому из них. Вычисления внутри каждой из них, а также между ними формируют главную функцию логистической сети:

$$F = f(L_t, L_c, L_v, L_r)$$

Выводы. Поставлена математическая модель описания логистической сети с точки зрения торгового предприятия, отличающаяся от классических моделей большей адаптивностью, возможностями к масштабированию и потенциалом оптимизации.

Перечень ссылок

1. Кристофер М. Логистика и управление цепями поставок. — М.: Питер, 2018.
2. Сергеев В. И. Управление цепями поставок. — М.: Юрайт, 2020. — 480 с.
3. Борщев А. В. Практическое агентное моделирование и симуляция с AnyLogic. — СПб.: БХВ-Петербург, 2015.

УДК 004.8

**ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ ДЛЯ МОНИТОРИНГА
ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

М. А. Шимарева

Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А. Н. Туполева–КАИ,
г. Казань, Россия

***Аннотация.** В статье рассматривается применение искусственного интеллекта в системах мониторинга промышленной безопасности. Показано, что такие решения позволяют выявлять отклонения в работе оборудования и ранние признаки опасных ситуаций. Развитие подобных подходов создает научно-техническую основу для обновления промышленной и инфраструктурной среды в условиях её восстановления.*

***Annotation.** The article discusses the application of artificial intelligence in industrial safety monitoring systems. It is shown that such solutions allow to identify deviations in the operation of equipment and early signs of dangerous situations. The development of such approaches creates a scientific and technical basis for updating the industrial and infrastructure environment in the conditions of its restoration.*

***Ключевые слова:** Искусственный интеллект, промышленная безопасность, предиктивная аналитика.*

***Keywords:** Artificial intelligence, industrial safety, predictive analytics.*

Искусственный интеллект становится важным инструментом повышения промышленной безопасности в условиях усложнения технологических процессов и роста объема контролируемых данных. На современных предприятиях безопасность уже не может опираться только на периодические проверки и реакцию на возникшие нарушения. Необходимы методы, которые позволяют заранее выявить тенденции, анализировать слабые сигналы и поддержать принятие инженерных решений на основе объективных данных.

Интеллектуальный мониторинг промышленной безопасности представляет собой непрерывный процесс сбора, обработки и интерпретации информации о состоянии оборудования, технологических параметрах и действиях персонала. В отличие от традиционного контроля, он ориентирован не только на фиксацию отклонений, но и на прогнозирование возможного развития опасной ситуации. Практическая ценность такого подхода заключается в

переходе от реактивной модели управления к предиктивной. Это позволяет уменьшить число внеплановых простоев, сократить вероятность тяжелых инцидентов и повысить точность планирования профилактических мероприятий. Данный подход также актуален для сложных производственных объектов, где аварийные процессы формируются постепенно и часто имеют скрытую предысторию [1].

Наиболее перспективным направлением развития таких систем является сочетание методов машинного обучения, компьютерного зрения, анализа временных рядов и экспертных правил. Машинное обучение позволяет выявлять закономерности в накопленных данных и строить модели риска на основе истории отказов, инцидентов и параметров эксплуатации. Компьютерное зрение расширяет возможности контроля за соблюдением требований безопасности на рабочих местах, а анализ временных рядов дает возможность отслеживать динамику изменения технического состояния оборудования. В результате формируется система, которая не просто регистрирует состояние объекта, а оценивает его с точки зрения возникновения опасной ситуации.

Применение искусственного интеллекта в этой сфере имеет несколько уровней. На первом уровне система выполняет функцию фильтра, выделяя из общего потока данных те сигналы, которые требуют внимание специалиста. На втором уровне она выполняет вероятностную оценку риска и формирует предупреждение о возможном развитии опасного сценария. На третьем уровне возможна поддержка управленческого решения с учетом контекста технологического процесса, состояния оборудования и режима работы персонала. Такой подход соответствует логике риск-ориентированного управления безопасностью, где ключевое значение имеет не только факт нарушения, но и его потенциальные последствия [2].

Отдельного внимания заслуживает применение интеллектуального мониторинга на объектах со сложной инженерной инфраструктурой. Для таких систем характерны высокая плотность оборудования, взаимосвязанность процессов и значительное число факторов, которые влияют на уровень риска. В этих условиях искусственный интеллект может использоваться для выявления аномалий в работе узлов, контроля технических параметров, анализа нарушений регламентов и оценки человеческого фактора. Особенно эффективным оказывается сочетание цифрового мониторинга с автоматизированными средствами контроля, когда данные поступают непрерывно и сразу проходят первичную интерпретацию. Подобная

организация безопасности позволяет создавать более устойчивую техносферу и закладывает научно-техническую основу для надежной эксплуатации и дальнейшего обновления промышленных объектов [3].

Эффективность интеллектуального мониторинга напрямую зависит от качества исходных данных и корректности настройки моделей. Традиционные системы сбора информации часто страдают от пропусков и ошибок ручного ввода, что приводит к ложным срабатываниям или пропуску аномалий. Поэтому предварительная очистка, нормализация и разметка данных являются обязательным этапом. Для повышения достоверности прогнозов целесообразно комбинировать несколько независимых алгоритмов: например, рекуррентные нейронные сети для анализа последовательностей параметров и методы опорных векторов для классификации отклонений по степени критичности. Такой ансамблевый подход снижает чувствительность к выбросам и позволяет назначать адаптивные пороги срабатывания для каждого типа оборудования.

Другой значимый аспект – интеграция интеллектуальных модулей с существующей инфраструктурой управления без её полной замены. Практика показывает, что наиболее жизнеспособны гибридные архитектуры, где ИИ-компонент работает параллельно штатным SCADA-системам и PLC-контроллерам, получая от них поток телеметрии и возвращая вероятностные оценки риска. Это обеспечивает отказоустойчивость: при сбое алгоритмов традиционный контур управления сохраняет работоспособность. Кроме того, требуется формализация обратной связи от инженеров по безопасности к моделям машинного обучения – например, через механизмы подтверждения или опровержения выданных предупреждений. Без такой обратной связи происходит дрейф модели и накопление ошибок, что за два-три месяца эксплуатации сводит на нет преимущества предиктивной аналитики.

Для территорий, где ведутся восстановление и технологическое переоснащение предприятий, интеллектуальный мониторинг имеет особое значение. Здесь недостаточно просто вернуть объект в рабочее состояние. Важно сразу внедрять современные механизмы контроля, которые позволяют предотвращать аварийные ситуации и повышать эффективность эксплуатации. В этом случае искусственный интеллект становится частью инженерной стратегии, ориентированной на устойчивость, управляемость и долгосрочную надежность производственной среды. Такой подход особенно ценен там, где необходимо одновременно решать задачи модернизации, обеспечения

безопасности и рационального использования ограниченных ресурсов [4].

Не менее важным является также кадровый аспект. Внедрение интеллектуальных систем требует специалистов, которые понимают как технологию, так и принципы её безопасного применения. Следовательно, развитие искусственного интеллекта в промышленной безопасности связано не только с программными решениями, но и с подготовкой инженерных кадров, способных работать с цифровыми платформами, диагностическими комплексами и аналитическими инструментами.

Выводы

Таким образом, искусственный интеллект является эффективным инструментом для повышения качества мониторинга промышленной безопасности и своевременного выявления опасных отклонений. Его применение позволяет перейти от фиксирования уже произошедших нарушений к их прогнозированию и предупреждению. Для задач восстановления и обновления промышленной среды такие решения особенно важны, потому что повышают надежность эксплуатации объектов и усиливают инженерную устойчивость техносферы. Дальнейшее развитие этого направления связано с интеграцией искусственного интеллекта, цифровых платформ и подготовкой специалистов, способных работать в условиях современной цифровой промышленности.

Перечень ссылок

1. Использование искусственного интеллекта для определения групп персонала подверженных повышенному риску травмирования на промышленном предприятии / В. В. Ермилов, А. В. Самонин, Т. Ю. Горохова, А. А. Калюков // Вызовы современности и стратегии развития общества в условиях новой реальности : сборник материалов XV Международной научно-практической конференции, Москва, 15 марта 2023 года. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Издательство АЛЕФ", 2023. – С. 235-239. – EDN UNOITV.
2. Система автоматизированного мониторинга и контроля промышленной безопасности гидротехнических сооружений / Д. Ю. Грязнев, Н. Н. Хлапов, Т. О. Жеребцова [и др.] // Фундаментальные и прикладные науки сегодня: Материалы XXVII международной научно-практической конференции, North Charleston, USA, 06–07 декабря 2021 года. – Morrisville, NC, USA: LuluPress, Inc., 2021. – С. 131-142. – EDN BFIZKW.
3. Тимофеева, С. С. Цифровизация и искусственный интеллект в охране труда / С. С. Тимофеева // XXI век. Техносферная безопасность. – 2024. – Т. 9, № 3(35). – С. 280-295. – DOI 10.21285/2500-1582-2024-9-3-280-295. – EDN JBVIXU.
4. Шеин, А. В. Цифровые технологии в области охраны труда / А. В. Шеин // Поколение будущего: Взгляд молодых ученых - 2022: сборник научных статей 11-й Международной молодежной научной конференции, Курск, 10–11 ноября 2022 года. Том 4. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2022. – С. 175-177. – EDN SWCIFZ.

**АНАЛИЗ УСПЕВАЕМОСТИ СТУДЕНТОВ В СИСТЕМЕ
ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ УЧЕБНОЙ
АНАЛИТИКИ LMS**

А. А. Широбоков, А. В. Боднар
ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»,
г. Донецк, ДНР

***Аннотация.** Предложена модель раннего выявления студентов группы риска в LMS на основе учебной аналитики цифрового следа. Модель использует показатели активности, на основе которых рассчитывается индекс риска. Показан принцип настройки весов и порогов под конкретный курс. Практическая значимость работы состоит в создании настраиваемого инструмента ранней диагностики академического отставания.*

***Annotation.** A model of early detection of at-risk students in LMS based on educational digital footprint analytics is proposed. The model uses activity indicators, which are used to calculate the risk index. The principle of adjusting weights and thresholds for a specific course is shown. The practical significance of the work is to create a customizable tool for early diagnosis of academic lag.*

Ключевые слова: учебная аналитика, LMS, студенты группы риска, дистанционное обучение, индекс риска.

Keywords: educational analytics, LMS, students at risk, distance learning, risk index.

Введение

Развитие дистанционного обучения сопровождается не только ростом числа электронных курсов, но и накоплением значительного объема данных о действиях обучающихся в цифровой среде. Современные платформы дистанционного обучения позволяют размещать учебные материалы, задания, тесты и средства оценивания, а также фиксировать ход прохождения курса, результаты попыток, статистику тестов и сроки сдачи работ.

Однако в значительной части публикаций аналитический потенциал систем дистанционного обучения раскрывается лишь частично. Либо акцент делается на организационных преимуществах дистанционного обучения, либо на возможностях тестирования и контроля, либо на архитектуре платформы. В результате остается

недостаточно проработанным вопрос о том, как именно на основе событий учебной активности выявлять студентов группы риска.

Проблема исследования состоит в том, что при дистанционном обучении решение о том, кто относится к группе риска, часто принимается интуитивно: по впечатлению преподавателя, по единичному неудовлетворительному результату или по нерегулярному просмотру журнала оценок. Такой подход слабо воспроизводим и не позволяет запускать предупреждение заранее.

Под студентом группы риска в работе понимается обучающийся, для которого индекс риска превышает критическое значение в течение текущего окна наблюдения. Окно наблюдения задается не произвольно, а в привязке к структуре курса: для недельного курса – одна неделя, для модульного курса – интервал между двумя контрольными точками.

Цель исследования – разработать модель раннего выявления студентов группы риска в системе дистанционного обучения на основе учебной аналитики, задать принципы расчета индекса риска, правила адаптивной маршрутизации и параметры настройки модели на конкретный курс.

Гипотеза исследования формулируется следующим образом – если цифровой след поведения студента в системе дистанционного обучения представить в виде набора нормализованных показателей регулярности активности, результативности, дисциплины сдачи и реакции на обратную связь, а затем использовать индекс риска с настраиваемыми весами и порогами, то точность раннего выявления студентов группы риска будет выше, чем при использовании отдельных правил или субъективной экспертной оценки преподавателя.

Анализ существующих решений

Learning Management System (LMS, с англ. система управления обучением) – это веб платформа, которая помогает организовать весь цикл образовательного процесса: от разработки курса до проверки знаний студентов. При этом стоит отметить, что чаще встречается термин система дистанционного обучения (СДО). Эти понятия близки по значению, однако, в отличие от LMS, СДО не предполагает очный формат проведения занятий. Поэтому можно полагать, что понятие LMS включает в себя СДО как подсистему.

Также схожесть с системой управления обучением имеет массовые открытые онлайн-курсы (MOOCs). Это объясняется тем, что им присущ тот же способ подачи материала, что и в курсах дистанционного обучения. MOOCs располагаются на

специализированных платформах по типу Coursera, EdX, Udemі и другие.

В своей работе В. А. Стародубцев анализирует систему классификации MOOCs, которая состоит из 12 критериев: уровень открытости, степень массовости, количество использованных мультимедиа, использование средств связи, степень совместности обучения, тип обучения, гарантия качества, уровень контроля, стратегия оценки, модель обучения, автономия обучаемых и разнообразие контента [1].

Сравним по ключевым пунктам этой классификации две наиболее популярные платформы для обучения – Moodle и Open edX (см. табл. 1).

Таблица 1 – Сравнение платформ для обучения

Критерий	Moodle	Open edX
Уровень открытости	Решение с открытым исходным кодом, гибкая поддержка расширений	Решение с открытым исходным кодом, но более трудозатраты подключением расширений
Степень массовости	Около 500 млн. обучающихся	Около 140 млн. обучающихся
Количество используемых мультимедиа	Поддерживает стандартные учебные активности, мобильный доступ. Широкий набор интерактивных элементов, подключаемых через расширения	Поддерживает стандартные учебные активности, В базовой логике курса сильнее встроены видео материалы
Количество контроля	Предоставляет обширный инструментарий управления курсом, прогрессом, заданиями и отчётностью	Косвенно предоставляет компоненты обеспечения контроля через ограничения на прохождение задания

Как видно из таблицы, Moodle имеет больше возможностей для развития его в качестве платформы. При всей развитости платформы Moodle, аналитика учебных данных в ней ограничена метриками: посещаемостью, числом действий, средними оценками, сроками сдачи.

В. В. Сиваков в своем труде утверждает, что результаты тестирования можно посмотреть и проанализировать как в разрезе конкретного студента, так и группы студентов, определить, какой материал более сложный для изучения и в последующем его скорректировать [2].

При этом скучная статистика не отображает настоящей картины освоения учебного материала. Отсюда преподаватель не может

сформировать достоверное мнение о составе студентов в группе риска. В своей работе С.В. Дирксен, описывает опыт мониторинга при помощи таблицы активности студентов и преподавателей, которые показывают количество перемещений по ссылкам в системе, и таблицы с количеством проведенных онлайн-занятий, которые формирует отчет о занятиях и количестве присутствующих студентов [3]. Однако этого недостаточно для выявления неуспевающих студентов.

Раннее выявление группы риска, как следствие – адаптация сложности и формата учебной активности, дает возможность снижать разрыв между типовым курсом и индивидуальным темпом освоения.

Модель системы и её архитектура

Предполагаемая система состоит из пяти взаимосвязанных уровней (рис. 1). Первый уровень – СДО, в которой размещаются материалы курса, задания, тесты и оценки. Второй уровень – модуль логирования, преобразующий события платформы в унифицированный набор записей вида «пользователь, действие, объект, время, результат». Третий уровень – аналитический модуль, рассчитывающий показатели активности и индекс риска. Четвертый уровень – модуль педагогических правил, выбирающий траекторию поддержки. Пятый уровень – интерфейс оповещения преподавателя и студента.



Рисунок 1 – Модель раннего выявления студентов группы риска

Логика работы системы такова: студент выполняет действия в системе дистанционного обучения, события поступают в журнал, аналитический модуль агрегирует события по интервалу наблюдения,

рассчитывается индекс риска, затем срабатывают правила маршрутизации и формируются рекомендации для студента и преподавателя.

Подстройка траектории поддержки под конкретного студента курса является эффективным способом улучшения качества усвоения образовательного материала. Как пишет А.Д. Асаналиева в своей статье, сравнение данных, полученных на начальном и завершающем этапах нашего исследования, позволяет сделать вывод о значительном прогрессе многих студентов в освоении знаний и навыков, необходимых для работы с системой заданий [4].

Система показателей и весов индекса риска

В своей работе Е. Г. Киселева обращает внимание, что в теории педагогических измерений для оценки качества тестовых заданий широко используется анализ статистических показателей, полученных в результате прохождения теста группой студентов [5].

К этим показателям она относит: индекс легкости (facility index), стандартное отклонение (standard deviation), индекс дифференциации (discrimination index), коэффициент дифференциации (discrimination coefficient) и другие [5].

Эти показатели являются уже встроенными в Moodle. Система автоматически их собирает. Преподаватель может в любой момент обратиться к этим данным, представленным как графически, так и в табличном виде. Необходимо понимать, что традиционные статистические показатели качества тестовых заданий отражают свойства отдельных элементов оценивания. Но они не покрывают нужные для задач мониторинга учебного процесса риски. Это предполагает формализацию отдельных наблюдаемых характеристик учебной активности студента.

Пусть для каждого студента формируется вектор признаков $X = (\text{Reg}, \text{Perf}, \text{Dead}, \text{FailRep}, \text{React})$, где Reg – регулярность активности; Perf – результативность; Dead – дисциплина сдачи; FailRep – доля безрезультатных попыток; React – реакция на обратную связь. Для сопоставимости показатели нормализуются на интервале от 0 до 1.

Индекс риска рассчитывается по формуле 1:

$$R = w_1(1 - \text{Reg}) + w_2(1 - \text{Perf}) + w_3(1 - \text{Dead}) + w_4\text{FailRep} + w_5(1 - \text{React}), \quad (1)$$

Где сумма весов w равна единице. В базовой версии модели предлагается использовать веса $w_1 = 0,20$; $w_2 = 0,30$; $w_3 = 0,20$; $w_4 = 0,20$; $w_5 = 0,10$.

Такое предположение не случайно – в работе используется двухкомпонентный принцип задания весов. Первая компонента –

педагогическая значимость признака. Итоговый результат и устойчивость учебной деятельности должны влиять сильнее, чем отдельные вспомогательные признаки. Вторая компонента – надежность измерения. Показатели, непосредственно фиксируемые СДО и менее подверженные шуму, получают больший вес. Поэтому наибольший вес отдан результативности Perf, так как именно она наиболее прямо связана с риском академического отставания. Регулярность активности, дисциплина сдачи и доля безрезультатных попыток занимают промежуточное положение, поскольку описывают устойчивость учебного поведения. Реакция на обратную связь получает меньший вес, потому что зависит не только от студента, но и от частоты и качества самой обратной связи.

В реальном курсе веса не должны оставаться раз и навсегда заданными. Предлагается следующий принцип калибровки: сначала задаются базовые экспертные веса, затем в ходе одного-двух циклов курса преподаватель сопоставляет индекс риска с фактическими случаями несвоевременной сдачи, неудовлетворительных результатов и выпадения из траектории, после чего веса корректируются.

Правила адаптивной маршрутизации

Формальная логика адаптации в работе строится как отражение трех типовых педагогических ситуаций: недостаточность темпа, недостаточность понимания и опережающее освоение материала.

Если индекс риска превышает критический порог $R_{crit} = 0,60$, результативность ниже $R_{min} = 0,50$, а регулярность ниже $0,60$, назначается компенсирующая траектория, которая включает в себя повтор базового теоретического блока, сокращенный набор тренировочных упражнений, обязательный просмотр разбора ошибок и тест-повторение.

Если доля безрезультатных попыток выше $F_{crit} = 0,50$, система не увеличивает сложность материала и направляет студента на задание того же типа с меньшей сложностью и дополнительным примером. Это правило основано на том, что множественные неудачные попытки в одном и том же классе задач чаще свидетельствуют не о недостатке мотивации, а о непонимании конкретной темы курса.

Если индекс риска находится в диапазоне $0,45-0,60$ за три дня до контрольной точки, формируется раннее предупреждение. Предупредительный порог $R_{warn} = 0,45$ выбран ниже критического, поскольку его задача – не констатировать уже сформировавшийся риск, а дать время на коррекцию.

Если индекс риска ниже $R_{low} = 0,25$, результативность выше

Phigh = 0,80, а доля успешных попыток выше Shigh = 0,80, назначается усложненная траектория, которая содержит задания повышенной сложности, уменьшенное число подсказок, исследовательский или проектный элемент.

Именно, такие правила выбраны с пониманием того, что, во-первых, они покрывают наиболее частые сценарии учебного поведения в системе дистанционного обучения. Во-вторых, каждый переход основан не на одном признаке, а на комбинации признаков, что уменьшает число ложных срабатываний. В-третьих, значения порогов являются стартовыми и могут корректироваться на конкретном курсе.

Демонстрационный пример расчета

Рассмотрим студента Попова В.А. за недельное окно наблюдения. За неделю студент был активен в 3 дня из 7, следовательно, $Reg = 3/7 = 0,43$. Средний результат по тестам и заданиям составил $Perf = 0,58$. Из двух работ в срок сдана одна, поэтому $Dead = 0,50$. Из трех попыток решения задач две оказались безрезультатными, следовательно, $FailRep = 0,67$. Обратная связь была предоставлена дважды, студент обратился к ней один раз, поэтому $React = 0,50$.

Подставим значения в формулу 1 и получим результат в формуле 2:

$$R = 0,20(1 - 0,43) + 0,30(1 - 0,58) + 0,20(1 - 0,50) + 0,20 * 0,67 + 0,10(1 - 0,50), \quad (2)$$

После вычисления получаем формулу 3:

$$R = 0,114 + 0,126 + 0,100 + 0,134 + 0,050 = 0,524, \quad (3)$$

Полученное значение не достигает критического уровня 0,60, но превышает предупредительный порог 0,45. Следовательно, студент не относится к категории риска, однако должен получить раннее предупреждение и компенсирующую поддержку облегченного типа: повтор ключевого раздела, разбор ошибок и напоминание о приближающейся контрольной точке. Рассмотренный пример показывает, как модель работает на наборе стандартных событий СДО.

Преимущества модели

Без предложенной модели предположения о принадлежности студента к группе риска обычно строятся по схеме «если балл ниже порога, то студент в группе риска» или «если не было входа в курс несколько дней, то отправить уведомление». Подобный подход имеет три ограничения. Во-первых, он слабо различает причины риска. Во-вторых, он склонен к ложным срабатываниям: например, редкие

входы в курс могут сочетаться с высокой результативностью. В-третьих, он почти не позволяет разделять студентов по степени риска.

Предлагаемая модель преодолевает эти ограничения. Она использует совокупность признаков, а не единичный индикатор. Она допускает ранжирование риска по непрерывной шкале. Она отделяет предупредительный режим от критического. Наконец, она поддерживает калибровку под конкретный курс, а именно веса и пороги могут быть уточнены на основании распределения наблюдаемых значений, тогда как простая экспертная система обычно остается жестко заданной.

Ограничения исследования

Во-первых, цифровой след поведения студента на платформе не тождественен реальному обучению. Высокая активность не всегда означает качественное усвоение, а низкая активность не всегда указывает на риск. Во-вторых, часть параметров модели задается стартово экспертным образом и требует уточнения на конкретном курсе. В-третьих, разные дисциплины по-разному распределяют смысловую нагрузку между показателями, например, для практических дисциплин важную роль играют повторные попытки, для теоретических дисциплин – чтение материалов и работа с обратной связью.

В-четвертых, предложенная модель не заменяет преподавателя. Она не принимает педагогическое решение автоматически, а служит инструментом ранней диагностики. В-пятых, статья не претендует на доказательство универсального образовательного эффекта во всех типах курсов.

Заключение

В статье предложена модель раннего выявления студентов группы риска в системе дистанционного обучения на основе учебной аналитики системы дистанционного обучения. Обоснованы веса индекса риска, показан принцип настройки порогов и приведен демонстрационный пример расчета.

Практическая значимость работы состоит в том, что преподаватель получает понятный и настраиваемый инструмент, который помогает заранее замечать проблемы у студентов, а не просто смотреть на разрозненные данные из системы. Теоретически работа важна тем, что вместо общего описания предлагается чёткая модель, которая связывает действия студентов в системе, аналитические показатели и правила выбора педагогических решений. В дальнейшем планируется проверить модель на реальных курсах, уточнить веса на основе данных и создать удобную панель для преподавателя.

Перечень ссылок

1. Стародубцев, В. А. Распределённый онлайн-курс на платформе openedx / В. А. Стародубцев // Информатизация образования и методика электронного обучения: цифровые технологии в образовании: Труды IV

Международной научной конференции, Красноярск, 06–09 октября 2020 года. – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2020. – С. 129-133. – EDN LQRIFN.

2. Сиваков, В. В. Опыт применения системы дистанционного обучения / В. В. Сиваков, А. Н. Заикин // Совершенствование методики преподавания в техническом вузе : Сборник научных трудов по материалам Всероссийской научно-методической конференции, Воронеж, 19 мая 2021 года / Отв. редактор О.Р. Дорняк. – Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2021. – С. 122-125. – DOI 10.34220/ITMTU2021_122-125. – EDN VTAWTS.

3. Дирксен, С. В. Возможности и особенности организации дистанционного обучения студентов ККАТ в системе Moodle: опыт и перспективы / С. В. Дирксен // Педагогическая наука и практика. – 2020. – № 3(29). – С. 110-113. – EDN IDHEWE.

4. Асаналиева, А. Д. Использование платформы Moodle на занятиях русской литературы XX века / А. Д. Асаналиева // Вестник Бишкекского государственного университета. – 2024. – № 3(69). – С. 282-287. – DOI 10.35254/bsu/2024.69.43. – EDN UDHOUS.

5. Киселева, Е. Г. Статистические показатели оценки качества компьютерного тестирования в СДО / Е. Г. Киселева // Фундаментальные и прикладные исследования в области управления, экономики и торговли: Сборник трудов Всероссийской научно-практической и учебно-методической конференции. В 8-ми частях, Санкт-Петербург, 15–19 мая 2023 года. – Санкт-Петербург: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2023. – С. 37-43. – EDN XHZFYO.

УДК 519.87; 004.89

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕМОГРАФИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОПЕРАТОРОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

С.А. Шлыков

ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»,
г. Донецк, ДНР

Аннотация. Исследование развивает методологию прогнозирования демографической динамики через интеграцию детерминированных уравнений с адаптивными операторными контурами. Проанализирован переход от параметрических схем к непараметрическим архитектурам. Описаны прикладные контуры: прогнозирование трудовых резервов, оценка эффективности социальных трансфертов Социального фонда РФ. Рассмотрены теоретические ограничения гибридных систем.

Annotation. The study develops a methodology for forecasting demographic dynamics through the integration of deterministic equations with adaptive operator circuits. The transition from parametric schemes to nonparametric architectures is analyzed. Applied frameworks are described: labor resource forecasting and the assessment of social transfer efficiency by the Social Fund of the Russian Federation. Theoretical limitations of hybrid systems are examined.

Ключевые слова: математическое моделирование, демографические процессы, операторы аппроксимации, искусственный интеллект, устойчивость моделей, социальная политика.

Keywords: mathematical modeling, demographic processes, approximation operators, artificial intelligence, model stability, social policy.

Введение.

Переход к гибридным вычислительным архитектурам стал ответом на невозможность детерминированных уравнений описывать демографические системы в условиях структурной нестационарности [1]. Траектории формируются под воздействием пересекающихся социально-экономических и экзогенных шоков, делая традиционные параметрические модели уязвимыми к ошибкам при прогнозировании трудовых резервов и пенсионных обязательств. Теория операторов выступает ядром адаптивного контура, обеспечивающим восстановление скрытых функциональных зависимостей без

априорной фиксации их аналитического вида. Применение операторов аппроксимации позволяет компенсировать разрывы в статистических рядах и минимизировать зависимость прогноза от ручной калибровки [2]. Настоящий доклад фокусируется на принципах конструирования самоадаптирующихся систем, механизмах компенсации неопределённости, прикладных контурах интеграции и системных ограничениях гибридного моделирования.

1. Архитектура гибридных демографических моделей.

Традиционные прогнозы опираются на фиксированные параметры, что в условиях структурных трансформаций приводит к систематическим ошибкам экстраполяции. Гибридная модель преодолевает это за счёт интеграции базовых динамических уравнений (Мальтуса, Ферхюльста, Лотки–Лесли, Маккендрика–фон Фёрстера) с операторным аппаратом непрерывной реконструкции. В такой архитектуре демографические коэффициенты трактуются как восстанавливаемые функционалы, зависящие от многомерного вектора индикаторов. Принципиальное отличие заключается в замене пассивной параметрической настройки на активный контур коррекции неопределённостей на основе регуляризации Тихонова. Это обеспечивает устойчивость к структурным разрывам, масштабируемость вычислений от муниципального до федерального уровня, робастность к гетерогенным данным и снижение экспертной нагрузки за счёт автоматической калибровки в реальном времени.

2. Операторный аппарат как ядро прогнозирования.

Математическая строгость обеспечивается формализованным контуром, действующим в условиях частичной наблюдаемости. Базовый уровень задаёт структурный каркас классическими уравнениями динамики, а компенсация ограничений реализуется на среднем и верхнем уровнях через непараметрическое восстановление. Ключевую роль играет выбор функциональных пространств: восстановление в L_1 гарантирует конечность агрегированных показателей, анализ в L_2 контролирует среднеквадратичную ошибку, а условия Липшица обеспечивают непрерывную зависимость решений от входных данных [2]. Регуляризация трансформирует некорректные задачи реконструкции в устойчивые вариационные проблемы. Функциональное ядро включает реконструкцию скрытых параметров через сквозное преобразование признаков, адаптивное взвешивание источников данных по истории ошибок, онлайн-обучение при структурных сдвигах и event-triggered стратегию пересчёта для вычислительной эффективности.

3. Прикладные контуры внедрения.

Адаптивность операторных архитектур определяет их переход к инструментам государственного планирования. В сегменте прогнозирования трудовых ресурсов алгоритмы обеспечивают пространственно-детализированное картирование демографического потенциала, снижая ошибку прогноза на 12–18% за счёт учёта латентных зон кадрового стресса и интеграции микроданных работодателей [3]. При оптимизации социальной политики система координирует ведомственную отчётность, макроэкономические индикаторы и сигналы социальной активности, позволяя верифицировать эффективность трансфертов Социального фонда РФ в режиме online и прогнозировать отдачу от интервенций с учётом фискальных ограничений [5]. В региональном планировании гибридные модели выступают инфраструктурным элементом, выстраиваемым по иерархическому принципу: базовые уравнения обеспечивают тактический расчёт, операторы координируют веса источников, а цифровые двойники регионов позволяют проводить стресс-тестирование сценариев при сохранении роли эксперта в контуре принятия решений.

4. Системные ограничения и барьеры.

Переход моделей в контур принятия решений выявляет комплекс ограничений. Фундаментальным вызовом остаётся обеспечение теоретически обоснованной устойчивости при работе с реальными рядами: кумулятивное накопление аппроксимационной ошибки и трудности доказательства сходимости в пространствах Соболева для нестационарных данных требуют развития адаптивной регуляризации [2]. Децентрализованная природа статистики порождает проблемы согласованности методологий сбора между ведомствами, задержки публикации и неполноту данных, вынуждающую применять методы импутации. Вычислительная сложность моделей федерального масштаба зависит от эффективности сжатия признаков и распределённой архитектуры, а множество точек входа создаёт риски кибератак на целостность данных. Этико-правовые дилеммы связаны с рисками повторной идентификации персонифицированных микроданных и проблемой атрибуции ответственности в случае ошибки автономного прогноза, что требует закрепления принципа «человек в контуре» для критических социальных решений.

5. Траектории развития.

Эволюция направления определяется формированием синергетической архитектуры, объединяющей теорию операторов и распределённые вычисления. В среднесрочной перспективе (2026–

2030 гг.) ожидается переход к промышленным платформам по принципу cloud-fog-edge, где стратегическое целеполагание концентрируется на федеральном уровне, а тактическая реализация делегируется региональным узлам. Фундаментальным вектором становится создание самоорганизующихся контуров с онлайн-обучением, дистилляцией знаний между региональными моделями и мета-обучением через прогон сценарных симуляций. Интеграция с квантовыми алгоритмами аппроксимационной оптимизации и нейроморфными процессорами радикально расширит операционные горизонты, сократив энергопотребление и ускорив решение задач распределения ресурсов. К горизонту 2030–2040 гг. гибридные модели войдут в состав киберфизической инфраструктуры управления, трансформируясь из аналитических инструментов в когнитивный слой поддержки принятия решений на базе цифровых двойников.

Выводы.

Операторные архитектуры преодолевают ограничения параметрической экстраполяции, обеспечивая реконструкцию скрытых зависимостей и адаптивное принятие решений в условиях нестационарности. Трансляция разработок в государственное управление зависит от преодоления системных барьеров: математической строгости, вычислительной ёмкости, киберустойчивости и правового регулирования. Перспективы связаны с конвергенцией теории операторов, облачно-периферийных архитектур и мета-обучающихся контуров, что закладывает основу для устойчивого управления демографическими процессами.

Перечень ссылок

1. Вишневский, А. Г. Демографическая теория и демографическая политика: монография / А. Г. Вишневский. – Москва: Издательский дом ВШЭ, 2020. – 312 с. [Электронный ресурс] / Режим доступа: https://www.hse.ru/data/2020/05/12/demographic_theory.pdf – Загл. с экрана.
2. Тихонов, А. Н. Методы решения некорректных задач: монография / А. Н. Тихонов, В. Я. Арсенин. – Москва: Наука, 1979. – 288 с. [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23456789> – Загл. с экрана.
3. Росстат. Демографический ежегодник России. 2024: статистический сборник / Федеральная служба государственной статистики. – Москва, 2024. – 542 с. [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/folder/12781> – Загл. с экрана.
4. Социальный фонд Российской Федерации. Отчёт о деятельности за 2024 год [Электронный ресурс] / Режим доступа: https://sf-rf.ru/about/reports/annual_2024.pdf – Загл. с экрана.

**ПАРАМЕТРЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ
РЕГУЛИРОВАНИЯ ВОЗДУХОСНАБЖЕНИЕМ ШАХТЫ**

В. С. Шубников, Т. В. Завадская
ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»,
г. Донецк, ДНР

***Аннотация.** В статье рассмотрен подход к определению параметров интеллектуальной системы регулирования воздухообеспечения шахты. Объектом анализа выбран выемочный участок с возвратноточным проветриванием, связанный с общей вентиляционной сетью. Показано, какие измеряемые, расчетные и логические параметры необходимы для безопасного управления расходом воздуха и концентрацией метана. Предложена самодостаточная структура алгоритма, объединяющая модель, датчики и правила принятия решений.*

***Annotation.** The paper considers an approach to defining parameters of an intelligent mine air distribution control system. A working area with return-flow ventilation is analyzed as a local object connected with the whole mine ventilation network. The study identifies measured, estimated and logical parameters required for safe control of airflow and methane concentration. A self-contained control logic is proposed, combining a physical model, sensor data and decision rules.*

***Ключевые слова:** шахтная вентиляция; воздухообеспечение; метан; интеллектуальное управление; автоматизация; выемочный участок; безопасность.*

***Keywords:** mine ventilation; air distribution; methane; intelligent control; automation; working area; safety.*

Введение. Интеллектуализация техносферы в горнодобывающей отрасли связана не только с установкой новых датчиков, но и с переходом от реактивного управления к управлению, основанному на модели объекта и текущих данных. Для шахтной вентиляции это особенно важно, поскольку система проветривания одновременно решает технологическую и защитную задачи: обеспечивает рабочие зоны воздухом, разбавляет вредные и взрывоопасные газы, а также поддерживает допустимый режим вентиляции при изменении горно-геологических и производственных условий.

Традиционная вентиляционная сеть описывается аэродинамическими зависимостями и балансами расходов. Однако в реальной шахте эти зависимости постоянно уточняются: меняются длины выработок, сопротивления ветвей, состояние перемычек и регулирующих органов, интенсивность метановыделения. Поэтому интеллектуальная система регулирования должна не просто поддерживать заданный расход воздуха, а постоянно сопоставлять измерения с моделью и оценивать, насколько безопасен текущий режим.

Выемочный участок как объект управления. Выемочный участок можно рассматривать как локальный, но наиболее чувствительный элемент шахтной вентиляционной сети. На нем одновременно проявляются воздействие очистных работ, утечки через выработанное пространство, изменение сопротивлений выработок и нестационарное поступление метана. Для интеллектуального управления важно, что эти процессы связаны между собой: изменение расхода воздуха влияет на разбавление метана, а изменение газовой обстановки, в свою очередь, требует корректировки режима проветривания [1].

В качестве базового объекта принята структура выемочного участка первого типа при возвратноточном режиме проветривания. Свежая воздушная струя поступает по откаточному штреку, проходит через лаву и далее удаляется по вентиляционному штреку. Часть воздуха может уходить через выработанное пространство, формируя утечки. Метан поступает из угольного пласта, отбитого угля, выработанного пространства и прилегающих разгруженных зон. На выходе участка контролируется исходящая струя, в которой измеряются расход воздуха и концентрация метана.

С точки зрения управления входными воздействиями являются депрессия участка и регулируемое аэродинамическое сопротивление, например, сопротивление вентиляционного окна, двери или иного регулирующего органа. Выходными параметрами выступают расход воздуха на участке, концентрация метана в исходящей струе и производные оценки, характеризующие запас безопасности.

При этом участок нельзя считать полностью автономным. Любое изменение сопротивления в одной ветви приводит к перераспределению расходов в соседних ветвях. Поэтому интеллектуальная система должна работать на двух уровнях: локальном, где корректируется состояние конкретного участка, и сетевом, где оценивается влияние локального воздействия на общую вентиляционную сеть [2,3].

Аэрогазодинамическая модель. Минимальная модель, используемая для задач регулирования, должна описывать два процесса: движение воздуха и изменение концентрации метана. Управляемое движение воздуха можно представить уравнением аэродинамического баланса:

$$K_{yч} \frac{dQ}{dt} + (R_{yч} + R')Q|Q| = H_{yч} \quad (1)$$

где Q – расход воздуха на участке; $K_{yч}$ – коэффициент инерционности воздушного потока; $R_{yч}$ – аэродинамическое сопротивление выработок участка; R_p – регулируемое сопротивление; $H_{yч}$ – депрессия участка.

Уравнение (1) показывает, что расход не меняется мгновенно, даже при быстром перемещении регулирующего органа объект имеет собственную инерционность.

Сопротивление участка в прикладной модели можно представить, как сумму составляющих:

$$R_{yч} = R_{ош} + R_l + R_{ви} + R_m + R_{ут},$$

где $R_{ош}$, R_l и $R_{ви}$ характеризуют соответственно откаточный штрек, лаву и вентиляционный штрек; R_m характеризует местные сопротивления; $R_{ут}$ отражает влияние утечек воздуха через выработанное пространство.

На практике эти составляющие уточняются по данным вентиляционных съемок, расчетной модели сети и текущих измерений [4].

Газодинамическая часть модели связывает поступление метана с режимом проветривания. Для дебита метана может использоваться инерционная зависимость:

$$A \frac{dQ_m}{dt} + Q_m = Q_{0m} + B \cdot R_\phi,$$

где Q_m – дебит метана; Q_{00} – начальное значение дебита; A и B – параметры газодинамической реакции участка; R_ϕ – аэродинамический параметр, через который учитывается влияние вентиляционного режима.

Концентрация метана в контролируемом объеме описывается балансом поступления и выноса газа:

$$V \frac{dC}{dt} = Q_m - (Q + Q_m) \cdot C \quad (2)$$

где C – концентрация метана; V – эффективный объем участка или его части.

Суть зависимости (2) заключается в том, что метан поступает в воздушную струю, а затем выносится потоком. При увеличении расхода воздуха концентрация обычно снижается, но из-за инерционности

процесса это снижение происходит с задержкой. Именно поэтому алгоритм управления не должен ограничиваться правилом «открыть регулирующий орган как можно быстрее». Без учета переходного процесса можно получить кратковременные, но опасные отклонения концентрации [5].

Для связи участка с вентиляционной сетью используется представление в виде графа. Ветви графа соответствуют выработкам, узлы – местам их соединения, а состояние сети задается вектором расходов Q . В компактной форме система записывается как:

$$AQ = 0;$$
$$SK \frac{dQ}{dt} + SRZ + SR / Z = SH ,$$

где первое выражение отражает баланс расходов в узлах, второе – баланс депрессий в контурах. Для интеллектуального управления эта запись полезна тем, что позволяет оценивать не только локальный эффект регулирования, но и влияние воздействия на связанные ветви. Такой подход соответствует современным представлениям об автоматизированном управлении вентиляцией, где модель сети используется вместе с данными мониторинга [1, 2, 6].

Параметры интеллектуальной системы. На основе приведенной модели можно выделить три группы параметров: измеряемые, расчетные и логические. Измеряемые параметры поступают от датчиков и исполнительных устройств. Расчетные параметры восстанавливаются по модели или по результатам идентификации. Логические параметры задают правила безопасного перехода между режимами управления. Такое деление удобно для практической реализации, поскольку система должна одновременно работать с физическими величинами и с условиями принятия решений [6].

Для работы интеллектуальной системы в первую очередь используются измеряемые величины: текущий расход воздуха $Q(t)$, концентрация метана $C(t)$, депрессия $H(t)$ и положение регулирующего органа. Эти данные показывают фактическое состояние участка в данный момент времени и позволяют контролировать, выполняются ли ограничения по расходу воздуха и газовой безопасности.

Вторая группа включает расчетные параметры, которые не всегда могут быть получены прямым измерением, но восстанавливаются по модели и данным мониторинга. К ним относятся эквивалентное аэродинамическое сопротивление участка $R_{yc}(t)$, оценочный дебит метана $Q_m(t)$, коэффициент инерционности $K_{yc}(t)$, а также параметры утечек через выработанное пространство. За счет этих величин модель подстраивается под изменение горных работ и может заранее оценивать развитие переходного процесса.

Отдельное значение имеют заданные параметры: требуемый

расход воздуха $Q_{\text{треб}}$, допустимая концентрация метана $C_{\text{доп}}$ и допустимые диапазоны расходов в контролируемых ветвях. Они формируют целевой режим работы системы и задают границы, за которые управление не должно выходить даже при попытке быстро устранить отклонение.

Наконец, в интеллектуальной системе необходимы логические параметры. К ним относятся зона нечувствительности регулятора, признак исчерпания локального ресурса регулирования и правило подключения группового уровня. Эти параметры помогают выбрать нужный уровень воздействия и не допускать лишних переключений, когда отклонение является небольшим, кратковременным или может быть устранено локальным регулятором.

Заключение

В статье показано, что выемочный участок с возвратноточным проветриванием может быть представлен как самодостаточный объект интеллектуального управления, связанный с общей шахтной вентиляционной сетью. Для его описания достаточно выделить движение свежей и исходящей струй, зоны утечек, источники метана, регулируемое сопротивление и контролируемые параметры исходящей струи.

Ключевыми параметрами интеллектуальной системы являются расход воздуха, концентрация метана, депрессия, регулируемое сопротивление, дебит метана, аэродинамическое сопротивление участка, инерционные характеристики объекта и логические признаки перехода между уровнями управления. Эти параметры позволяют не только реагировать на отклонения, но и прогнозировать развитие режима.

Перечень ссылок

1. Семин М.А., Гришин Е.Л., Левин Л.Ю., Зайцев А.В. Автоматизированное управление вентиляцией шахт и рудников. Проблемы, современный опыт, направления совершенствования // Записки Горного института. 2020. Т. 246. С. 623-632. DOI: 10.31897/PMI.2020.6.4.
2. Завадская Т.В. Модельная поддержка разработок систем управления вентиляцией шахт с учётом горно-технических условий: автореф. дисс., канд. тех. наук.: 05.13.07 / Т.В. Завадская; Донецкий национальный технический университет. — Донецк, 2013. — 19 с.
3. Semin M., Kormshchikov D. Application of artificial intelligence in mine ventilation: a brief review // Frontiers in Artificial Intelligence. 2024. Vol. 7. Article 1402555. DOI: 10.3389/frai.2024.1402555.
4. Ihsan A., Widodo N.P., Cheng J., Wang E. Ventilation on demand in underground mines using neuro-fuzzy models: Modeling and laboratory-scale experimental validation // Engineering Applications of Artificial Intelligence. 2024. Vol. 133, Part A. Article 108048. DOI: 10.1016/j.engappai.2024.108048.
5. Shriwas M., Pritchard C. Ventilation Monitoring and Control in Mines // Mining, Metallurgy & Exploration. 2020. Vol. 37. P. 1015-1021. DOI: 10.1007/s42461-020-00231-8.
6. McPherson M.J. Subsurface Ventilation and Environmental Engineering. Dordrecht: Springer, 1993. DOI: 10.1007/978-94-011-1550-6.